



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN EN
GESTIÓN INDUSTRIAL**

TEMA:

**ESTUDIO Y DISEÑO DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO
TIPO AISLADO, PARA ALIMENTAR UN SISTEMA DE BOMBEO
DIRECTO EN LA HACIENDA LOS CEIBOS.**

AUTOR:

MARÍA BELÉN GAIBOR NÚÑEZ

DIRECTOR DE TESIS

ING. RAFAEL HIDALGO A.

GUAYAQUIL

AÑO 2014



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta TESIS DE GRADO,
me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual a la
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL”

María Belén Gaibor Núñez

0202114005



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por la Srta. **María Belén Gaibor Núñez** como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERO ELÉCTRICO-MECÁNICA.

Guayaquil, 15 de Mayo del 2014

DIRECTOR

Ing. Rafael Hidalgo A.

REVISADO POR

Ing. Jimmy Alvarado Bustamante, MEGET
Revisor Metodológico

Ing. Jorge Carrillo Burgos.

Revisor de Contenido

DEDICATORIA

El presente trabajo de finalización de mi carrera dedico de manera muy especial a mis Padres Rolando Gaibor y Gladys Núñez que han sido el pilar fundamental en mi vida, que sin la colaboración de ellos no estuviera logrando una de mis primeras metas, ya que con amor, comprensión y valores me han ayudado a formar como una buena persona, espero retribuirles con dedicación y afecto por lo que han sido conmigo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios por seguirme regalado un día más de vida, salud, sabiduría y una familia hermosa.

A mis padres que toda la vida les viviré muy agradecida ya que me han dado la mejor herencia “una Profesión”, una herramienta muy fundamental en la vida del ser humano ya que la educación es una de las llaves que abre la puerta del éxito.

A mi Hermana María José que me ha dado alientos para poder seguir con mis estudios y a creer que puedo llegar a ser una Profesional Exitosa.

Y a todas las personas que me estuvieron apoyándome desde el inicio hasta la presente fecha, para poder hacer este sueño realidad.

A todos mis Catedráticos de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil que han hecho posible que me forme como profesional y que siga creciendo cada día, gracias a sus sabios conocimientos y valores. En especial a los Sres. Ing. Manuel Romero, Ing. Armando Heras y mi Director de Tesis Ing. Rafael Hidalgo A. por prestarme su valioso tiempo.

RESUMEN

En el presente proyecto se realizó el estudio y diseño de un sistema solar fotovoltaico tipo aislado que va alimentar a un sistema de bombeo directo en la Hacienda Los Ceibos, ubicada en la Provincia de Los Ríos, en el sector la entrada de la Clementina, el área del terreno que va alimentar la bomba es de 35 hectáreas aproximadamente. En la hacienda actualmente tienen sembríos de arroz, la cual necesitan un tiempo de riego de 6 horas diarias en el día.

En la actualidad cuentan con una bomba que debe ser accionada por un motor de combustión, lo cual implica el uso de combustibles fósiles y así contribuyen a la contaminación del medio ambiente.

- En el capítulo 1 tenemos la información relacionada Generalidades, Introducción, Antecedentes, Justificación, Planteamiento de Problema, Hipótesis y Objetivos General y Específicos.
- En el capítulo 2 tenemos el Marco Teórico de:
Sistema Solar fotovoltaico y sus componentes y el Sistema de Bombeo.
- En el capítulo 3 se describe la metodología y la técnica de investigación utilizada en el proyecto.
- En el capítulo 4 se detalla el análisis situacional descriptivo de la Hacienda “Los Ceibos” describiendo su localización, su hidrología, precipitaciones presentadas y clima en el Cantón Babahoyo”.
- En el capítulo 5, se realizó el dimensionamiento del sistema de bombeo estacionario dando como resultado que la potencia que

requiere es de 7,5 Hp, con un generador fotovoltaico de 11.200 Wp. Además se debe utilizar un inversor con transformador de alta frecuencia monofásico. Y la descripción del mantenimiento preventivo y correctivo que se debe realizar en el Sistema Fotovoltaico

- En el capítulo 6 se detalló el impacto ambiental que genera la quema de combustibles para generación eléctrica y el que genera un sistema fotovoltaico y sus beneficios.

ABSTRACT

In this project the study and design of a type photovoltaic system isolated that will feed a system of direct pumping at Hacienda Los Ceibos, located in the province of Los Rios in the sector entry Clementina was performed, the land area that will power the pump is about 35 hectares. The estate currently has rice fields, which require a run time of 6 hours daily on the day.

Currently have a pump to be powered by a combustion engine, which involves the use of fossil fuels and thus contribute to environmental pollution.

- In Chapter 1 we related information Overview, Introduction, Background, Rationale, Approach Problem, Assumptions and General and Specific Objectives.

- In Chapter 2 we have the Theoretical Framework: Solar photovoltaic system and its components and Pumping System.

- In Chapter 3, the methodology and the research technique used in the project is described.

- In Chapter 4 the descriptive situational analysis of the Hacienda " Los Ceibos" detailed describing their location, hydrology, climate and rainfall are presented in the City Babahoyo".

- In Chapter 5, the sizing of steady pumping system with the result that the power required is 7.5 Hp, with 11,200 Wp PV array was performed. In addition to use an inverter with high frequency transformer single phase. And the description of the preventive and corrective maintenance to be performed in Photovoltaic System

- In Chapter 6, the environmental impact generated by fuel combustion for electricity generation and generating a photovoltaic system and its benefits detailed.

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN EXPRESA	I
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
RESUMEN	V
ABSTRACT	VII
ÍNDICE GENERAL	1
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	5
ÍNDICE DE TABLAS	6
CAPÍTULO 1	7
GENERALIDADES	7
1.1 Introducción	7
1.2 Antecedentes	8
1.3 Justificación	9
1.4 Planteamiento del problema	10
1.5 Hipótesis	11
1.6 Objetivos	11
1.6.1 Objetivo General:	11

1.6.2	Objetivos Específicos:	_____	11
CAPÍTULO 2		_____	12
MARCO TEÓRICO		_____	12
2.1	Energía Solar en el Ecuador	_____	12
2.2	Energía Solar	_____	14
2.2.1	Formas de captación de la energía solar	_____	16
2.2.2	Radiación Solar	_____	17
2.2.3	Tipos de radiación Solar	_____	17
2.2.4	Instrumentos de medición de energía solar	_____	19
2.3	Energía Solar Fotovoltaica	_____	20
2.4	Componentes principales para la generación de la Energía Solar fotovoltaica tipo Aislado	_____	23
2.5	Sistemas de Generación de energía solar fotovoltaica tipo aislada o autónoma	_____	34
2.6	Sistema de Bombeo de agua	_____	35
2.6.1	Bomba de agua	_____	35
2.6.2	Motor eléctrico	_____	38
2.6.3	Tuberías	_____	38
2.6.4	Accesorios	_____	38
CAPÍTULO 3		_____	39
METODOLOGÍA		_____	39
3.1	Método de investigación	_____	39

3.2 Técnicas de investigación	39
3.2.1 Técnicas bibliográficas	39
3.2.2 Técnica de observación de Campo	39
3.2.3 Técnica de observación estructurada	40
3.2.4 Técnica de la entrevista	40
CAPÍTULO 4	41
ANÁLISIS SITUACIONAL DESCRIPTIVO DE LA HACIENDA LOS CEIBOS	41
4.1 Generalidades de la Hacienda “Los Ceibos”	41
4.2 Análisis Preliminar	43
4.3 Análisis de Hidrología	44
4.4 Clima y temperatura	46
4.5 Precipitación	47
4.6 Implantación del Sistema de Bombeo y Fotovoltaico en el terreno	48
CAPÍTULO 5	49
DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO TIPO AISLADO	49
5.1 Demanda requerida por el Sistema de Bombeo	50
5.1.1 Parámetros de diseño	50
5.1.2 Diseño del Sistema de Bombeo	52
5.1.3 Dimensionamiento del Sistema de Bombeo	54
5.1.4 Cálculo del consumo constante a lo largo de año	62
5.1.5 Tipo de Arranque de la motobomba Trifásica	63

5.2 Radiación solar disponible en la zona	66
5.2.1 Heliofanía registrada en el Cantón Babahoyo	67
5.2.2 Orientación e inclinación	68
5.3 Dimensionamiento del generador fotovoltaico	69
5.5 Dimensionamiento del inversor	71
5.6 Mantenimiento de las instalaciones fotovoltaicas	73
5.6.1 Mantenimiento preventivo	73
5.6.2 Mantenimiento correctivo	77
CAPÍTULO 6	78
ESTUDIO AMBIENTAL E INICIATIVA DEL ESTADO ECUATORIANO Y	
ANÁLISIS FINANCIERO	78
6.1 Impacto Ambiental	78
6.1.1 Emisión de los Gases de Efecto Invernadero en el Ecuador	78
6.1.2 Beneficios ambientales de la Energía Solar Fotovoltaica	79
6.1.3 Impacto ambiental del sistema fotovoltaico	80
6.2 Iniciativa del Estado Ecuatoriano	80
6.3 Análisis Financiero	81
6.3.1 Presupuesto de la implementación	81
CONCLUSIONES	82
RECOMENDACIONES	84
BIBLIOGRAFÍA	85

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Proyectos elaborados por el MEER _____	13
Ilustración 2 Formas de Captación de Energía Solar _____	16
Ilustración 3 Radiación Solar Sobre el panel _____	18
Ilustración 4 Pirómetro _____	19
Ilustración 5 Efecto Fotovoltaico _____	21
Ilustración 6: Funcionamiento de la Celda Solar _____	23
Ilustración 7: Partes de un Panel Fotovoltaico _____	25
Ilustración 8: Tipos de conexiones de paneles fotovoltaicos _____	26
Ilustración 9: Estructuras Fijas _____	27
Ilustración 10: Estructuras Móviles _____	28
Ilustración 11: Conexión en serie de baterías _____	32
Ilustración 12: Conexión en paralelo _____	32
Ilustración 13: Conexión serie-paralelo de un banco de baterías _____	33
Ilustración 14: Áreas de aplicación del SFV tipo Aislado _____	34
Ilustración 15: Tipos de Bombas _____	36
Ilustración 16. Bomba centrífuga y sus partes _____	37
Ilustración 17 Velocidad de acuerdo al diámetro de la tubería _____	38
Ilustración 18: Ubicación de la Hacienda _____	41
Ilustración 19: Mapa de Babahoyo _____	43
Ilustración 20: Canal natural _____	45

Ilustración 21: Temperatura registrada en enero en la Estación Babahoyo	46
Ilustración 22: Precipitación Mensual Enero (1981-2014)	47
Ilustración 23: Ubicación de la implementación	48
Ilustración 24: Diagrama de flujo del Dimensionamiento	49
Ilustración 25: Diseño del Sistema de Bombeo	52
Ilustración 26: Diagrama de potencia del arranque de motor trifásico en conexión Estrella-Triángulo	63
Ilustración 27: Diagrama de control del arranque de motor trifásico en conexión Estrella-Triángulo	64
Ilustración 28: Ángulo de inclinación de los paneles solares	68
Ilustración 29. Configuración del generador en paralelo	71
Ilustración 30 Inversor con transformador de alta frecuencia	72
Ilustración 31: Incremento de temperatura en los próximos años debido a los GEI	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Potencia requerida por el sistema de bombeo	62
Tabla 2: Insolación Global del Cantón Babahoyo	66
Tabla 3 Heliofanía del Cantón Babahoyo	67
Tabla 4 Especificaciones del Panel FV	69
Tabla 5: Mantenimiento Preventivo en SFV	76
Tabla 6: Presupuesto del Sistema Fotovoltaico	81

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1 Introducción

En el Sector Agrícola del Ecuador se utiliza para el riego por inundación motobombas de combustión interna, por lo que emplean combustibles fósiles, debido a que es la única manera de realizar el riego en este sector, también se puede utilizar bombas eléctricas pero no disponen de redes de distribución.

Las energías limpias se obtiene a través de las fuentes naturales ya que son inagotables, sustentable, eficientes, económicas y amigables con el ambiente, por esta ventaja que ofrece la naturaleza vamos a emplear en este proyecto la mayor energía que abunda en el planeta, es decir la energía solar, la cual se obtiene por medio del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del sol. La energía solar fotovoltaica se basa en el “efecto fotovoltaico”, el cual consiste que en la célula fotovoltaica emite electrones por el dispositivo semiconductor de silicio, cuando se hace incidir sobre él una radiación electromagnética.

El presente diseño consta de un Sistema Solar Fotovoltaico tipo aislado o autónomo, para el correcto funcionamiento se necesita captar la radiación solar y transformarla en energía eléctrica, por lo que debe estar integrado por un conjunto de dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos estos son:

generador fotovoltaico, inversor, conductores, elementos de protección y estructuras de soporte.

Con este proyecto se va a fomentar la utilización de la energía solar fotovoltaica en el sector rural de la Provincia de Los Ríos, ya que no cuentan ni tienen conocimiento de este tipo de tecnología, desconociendo las grandes ventajas que se obtienen gracias a la energía solar fotovoltaica, pero tenemos que reconocer que este tipo de implantaciones tiene un costo alto, por lo que es una inversión de largo plazo, ya que el principal elemento de este sistema, son los paneles solares tienen un costo alto y una vida útil alrededor de 20 hasta 30 años.

1.2 Antecedentes

Con el descubrimiento del efecto fotovoltaico por Alexandre Edmond Becquerel en 1839 el cual realizando un experimento con una pila electrolítica comprobó que al exponer la pila al sol aumentaba su corriente. Es el principio fundamental en que se basó la energía solar fotovoltaico.

Otro aporte importante fue en el año 1883, se construye con la eficiencia del 1% la primera celda solar de obleas de selenio con una delgada capa de oro. En 1946 el norteamericano Russell Ohl construye la celda del semiconductor de silicio. En 1954 en Laboratorios Bell en Murray Hill, producen la primera célula de silicio, el cual era muy sensitivo a la luz.

En el Ecuador desde 1984 el Instituto Nacional de Energía, realizo la primera jornada de energía solar, el objetivo fundamental fue contribuir al desarrollo de

la tecnología para el aprovechamiento de la energía solar en el país. Desde el 4 de diciembre de 1996 en el Ecuador, se fomenta el uso y desarrollo de las energías no convencionales. El 4 de Abril del 2011 decide el Estado Ecuatoriano cambiar la matriz energética del país e impulsan a la generación de las energías renovables.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) en el año de 1991 dispuso un marco de la Agricultura y Desarrollo Rural Sostenibles (ADRS), con la finalidad de mejorar las condiciones de poblaciones rurales de la productividad agrícola. Con este aporte se promueve la sostenibilidad en la agricultura.

1.3 Justificación

Ecuador es un gran potencial para producir energías renovables ya que posee características topográficas variadas y con una gran diversidad climática. Además para la producción de la energía solar fotovoltaica, en el país se cuenta con un aspecto positivo ya que el ángulo de incidencia de la radiación solar es perpendicular a la superficie durante todo el año, es decir la variación de la intensidad de radiación va a depender principalmente por la nubosidad propia de cada lugar.

Además que nuestro planeta está expuesto a una gran contaminación por los gases emitidos por los motores de combustión interna, tendremos que sustituir los combustibles fósiles en esta área para detener y disminuir los daños que los

agricultores han provocado, así contrarrestando el calentamiento global, la emisión del CO₂ y los gases de efecto invernadero.

El sector de la agricultura en el país, en la actualidad se basa en la conservación y ordenación de los recursos naturales, además del cambio tecnológico e institucional de tal forma se asegura la satisfacción de las necesidades humanas para las generaciones presentes y futuras. Se basan en los pilares del ADRS, como son el desarrollo viable de sectores agrícolas forestales y pesqueros el cual implica la conservación de la tierra y el cuidado del ambiente.

1.4 Planteamiento del problema

Se debe mencionar que para los agricultores es muy importante el sistema de bombeo, ya que el cultivo de arroz es semiacuático, por lo que el agua contribuye a los procesos fisiológicos de la planta, con esto consiguen que los cultivos tengan una buena producción.

En la actualidad los sistemas de bombeos que utilizan los agricultores, necesitan de abastecerse de combustibles fósiles como en este caso el diesel, pero presentan un inconveniente ya que en las estaciones de servicio para suministrar combustible en canecas, necesitan que el cliente tenga el respectivo permiso para transportar, el cual es emitido por la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero, este proceso tarda 15 días hábiles para obtenerlo, hasta entonces no pueden acceder a la compra y no tendrían como regar sus

plantaciones y si compran sin el permiso correspondiente pueden ser procesados por contrabando de combustible.

1.5 Hipótesis

En el trabajo de tesis se pretende demostrar que tan factible es diseñar un sistema fotovoltaico para alimentar el sistema de bombeo, teniendo en cuenta las características de la radiación solar que se presenta en la Hacienda los Ceibos sector rural del Cantón Babahoyo.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General:

- ❖ Estudiar y diseñar un sistema solar fotovoltaico tipo aislado que va alimentar a un sistema de bombeo directo en la Hacienda Los Ceibos.

1.6.2 Objetivos Específicos:

- ❖ Realizar el diseño de la instalación de bombeo.
- ❖ Diseñar el Sistema Solar Fotovoltaico
- ❖ Comprobar la factibilidad técnica para la instalación del Sistema Fotovoltaico.
- ❖ Fomentar el desarrollo de la energía solar fotovoltaica para uso del sector agrícola.
- ❖ Elaborar el Plan de Mantenimiento en el Sistema Solar Fotovoltaico.
- ❖ Desarrollar el estudio de impacto ambiental del Sistema Solar Fotovoltaico.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Energía Solar en el Ecuador

El Ecuador, promueve la investigación y generación de la energía solar fotovoltaica, desde el año 2008 con el desarrollo de las “Atlas Solar”, en donde se encuentran datos georeferenciados sobre radiación global, difusa y directa en las Provincias del Ecuador. (CONELEC , 2008)

Para que exista mayor motivación el CONELEC, aprobó la regulación 04/2011 titulada “Tratamiento para la energía producida con Recursos Energéticos Renovables No Convencionales”, con las siguientes finalidades:

- Evitar posibles desabastecimientos de energía eléctrica.
- Promover y garantizar el desarrollo sustentable.

(CONELEC, 2011)

Por lo que fijaron a 40.03 centavos por Kilovatio hora (kWh), para así impulsar a que presenten proyectos de generación fotovoltaica, a inversionistas nacionales y extranjeros. Fijada esta regulación el CONELEC, firmó títulos habilitantes para la construcción de 15 proyectos para la generación de energía solar fotovoltaica mayores a 1 MW, con una inversión de alrededor de USD 800 millones. En la actualidad existen cinco proyectos fotovoltaicos conectados a la red, operando comercialmente con una potencia de 5 MW aproximadamente.

Fuente: (CONELEC, 2013)

Además el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable cuenta con una Dirección de Energía Renovable, que trabaja con Electrificación Rural, por lo que se encuentra laborando con varios actores del sector eléctrico, Organizaciones No Gubernamentales, entre otros, a fin de definir una estrategia que permita la consolidación de proyectos de energía renovable en zonas aisladas, a través de la sostenibilidad de dichos proyectos. (MEER, 2013)

Presentando los siguientes proyectos:

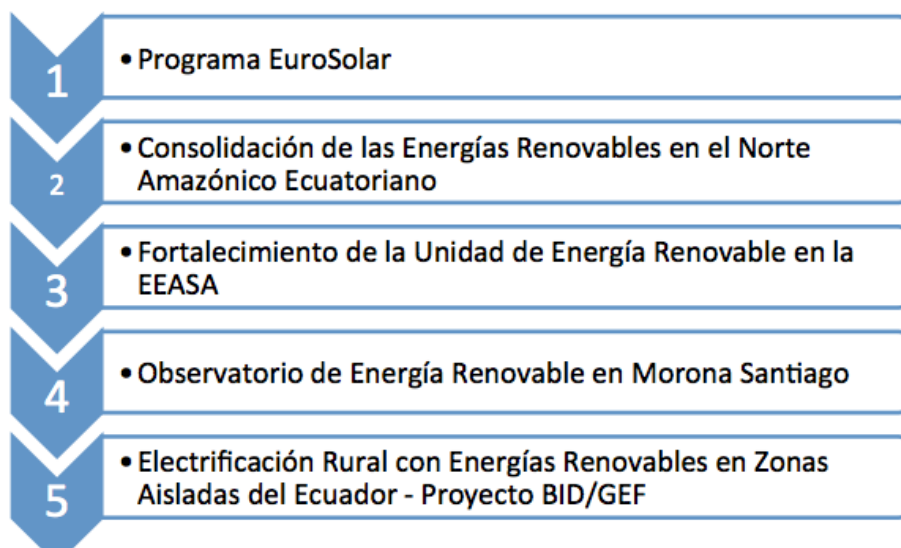


Ilustración 1: Proyectos elaborados por el MEER

Fuente: (MEER, 2013)

Se mencionara como ejemplo algunos de los proyectos realizados por el MEER:

- En el programa Euro Solar se beneficiaron a 39,629 habitantes, distribuidos en 7 provincias del Ecuador que son: Guayas, Esmeraldas,

Sucumbíos, Orellana, Napo, Pastaza y Morona Santiago. En el proyecto se instaló 7 paneles fotovoltaicos con una capacidad de 1.100 vatios pico y equipamientos para acceso a las telecomunicaciones. (MEER, 2013)

- El Proyecto “Consolidación de las Energías Renovables en el Norte Amazónico Ecuatoriano” se desarrollo en las zonas rurales ubicadas en la provincia de Orellana y en la provincia de Sucumbíos, en los cantones de Cáscales, Cuyabeno, Gonzalo Pizarro, Lago Agrio, Putumayo, Shushufindi, Sucumbíos y Orellana. (MEER, 2013)

2.2 Energía Solar

El Sol es un reactor nuclear de fusión que se encuentra a 150 millones de Km de distancia. La Tierra se mueve alrededor del Sol siguiendo una elipse de baja excentricidad. Este movimiento está contenido en el llamado plano de la eclíptica

La Tierra gira sobre si misma alrededor de su eje polar. Entre el eje polar y el plano de la eclíptica hay un ángulo constante de 23° , 45° . Entre el plano ecuatorial y la línea que une Tierra-Sol hay un ángulo variable: declinación. (Miguel, 2010)

La energía solar es aquella que se obtiene a través de las radiaciones electromagnéticas provenientes del sol. Al Planeta Tierra dichas radiaciones llegan a la parte exterior de la atmosfera, éstas dependen de la distancia que se encuentre el Sol y la Tierra, por lo que no es constante por este motivo la

constante solar es de $E_Q = 1.412 \text{ W/m}^2$. Pero no toda ésta energía llega a la superficie de la Tierra, ya que parte de ella es reflejada y absorbida por la atmósfera. (Miguel, 2010)

El origen de las fuentes de energía, como: la energía eólica, la hidro- energía y la biomasa que se dispone en el Planeta Tierra, es debido a la energía solar. También los combustibles fósiles son energía acumulada en forma de energía química.

La energía solar cuenta con las siguientes ventajas:

- El sol como recurso natural es más abundante
- Es sostenible.
- Es renovable y se encuentra en gran cantidad.
- Es fiable.
- El impacto ambiental causado es mínimo, en relación con los sistemas convencionales.
- Se encuentra distribuida en todo el mundo, por lo cual es inagotable.

Los inconvenientes que presenta la energía solar son:

- El flujo de potencia que alcanza la superficie terrestre cuando el sol se encuentra en su punto más alto es de alrededor de 1 kW/m^2 .
- La energía solar disponible en una superficie varía por variaciones meteorológicas.

- La inversión es alta para la instalación para utilizar energía solar, comparando con instalaciones convencionales.
- Causan un impacto visual por los elementos instalados.

(José María Méndez Muñiz, 2010)

2.2.1 Formas de captación de la energía solar

Para la captación de la energía solar se necesitan sistemas que se detallan a continuación:

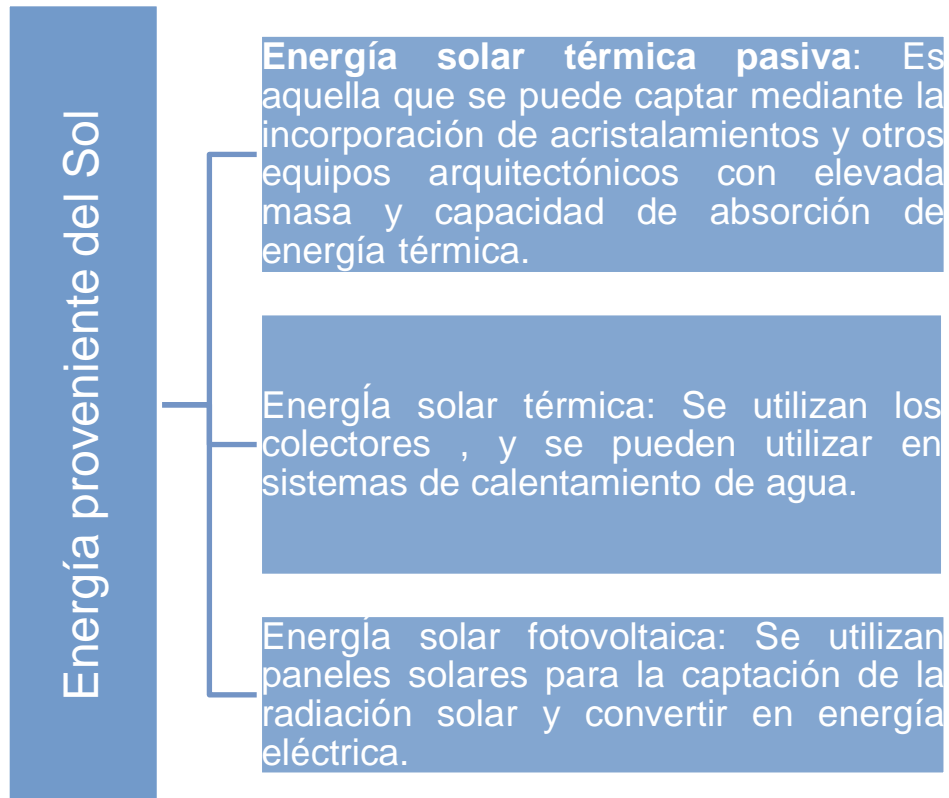


Ilustración 2 Formas de Captación de Energía Solar

Fuente: (Méndez & Cuervo García, 2010)

2.2.2 Radiación Solar

Es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol, estas no tienen la misma intensidad, ya que tienen una distribución espectral desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. Sabiendo que no toda la radiación alcanza a toda la superficie terrestre, porque las ondas ultravioletas son más cortas, por lo que son absorbidas por los gases de la atmósfera. La radiación que llega a la tierra es la irradiación, cuya magnitud de energía es el W/m^2 , siendo unidad de tiempo y área, que alcanza a la Tierra.

2.2.3 Tipos de radiación Solar

A la superficie terrestre la radiación que llega es:

Radiación Solar Directa: Es aquella que incide sobre una superficie desde la dirección del Sol, con un ángulo de incidencia preciso.

Radiación Solar Difusa: Es aquella que llega la superficie con varias direcciones, por lo tanto con varios ángulos.

Radiación Solar albedo: Es aquella que es reflejada del suelo.

Radiación Solar Global: Es la suma de las radiaciones directa, difusa y albedo.

La radiación solar directa, difusa y albedo que llega a una superficie depende de:

- Las condiciones meteorológicas, como por ejemplo en un día nublado va a llegar solo radiación difusa o en un día despejado va a llegar el 90% de la radiación global.
- La inclinación de la superficie respecto al plano horizontal.
- La tasa de radiación depende de cada instante del ángulo que forma la normal a la superficie en el punto considerado y la dirección de incidencia de los rayos solares.



Ilustración 3 Radiación Solar Sobre el panel

Fuente: (OPEX energy, 2013)

2.2.4 Instrumentos de medición de energía solar

Para medir la energía solar se utiliza el instrumento llamado solarímetro.

Los tipos de solarímetro más comunes son: el **piranómetro** y el **medidor fotovoltaico**. Estos miden radiación solar directa y difusa.

2.2.4.1 Piranómetro:

Según (M. Sc. Ing. Carlos Orbegozo, 2010) “El piranómetro es un instrumento meteorológico, que en su interior posee una delgada plancha de metal negro, con una termocupla unida a ella. Esta plancha negra se calienta al sol y con la termocupla, el aumento de temperatura se puede medir. La plancha y la termocupla están cubiertas y aisladas por una cúpula de vidrio. La salida de la termocupla es medida para la radiación instantánea total en un momento dado.”



Ilustración 4 Pirómetro

Fuente: (Carlos Orbegozo, 2010)

2.2.4.2 Medidor fotovoltaico

El medidor fotovoltaico es una pequeña célula fotovoltaica que genera electricidad. La cantidad de electricidad es medida para conocer la radiación instantánea. Estos medidores son menos exactos y económicos en comparación con los piranómetro.

2.3 Energía Solar Fotovoltaica

El significado de fotovoltaica procede de photo= luz y voltaica= electricidad, lo que significa electricidad producida por la luz.

- La energía solar fotovoltaica es aquella que se obtiene a partir de la captación de la radiación solar y transformarla en energía eléctrica, empleando dispositivos mecánicos, eléctricos y electrónicos.

2.3.1 Efecto fotovoltaico

La teoría corpuscular dice que “La luz está compuesta por una torrente de partículas denominadas fotones”, por lo que estos fotones son absorbidos por la células fotovoltaicas, la energía que transporta este fotón se transfiere a un electrón de un átomo de la célula fotovoltaica, dejando un hueco en su posición normal para pasar a formar parte de una corriente en un circuito eléctrico, así generando electricidad. (ITER, 2011), (OPEX energy, 2013)

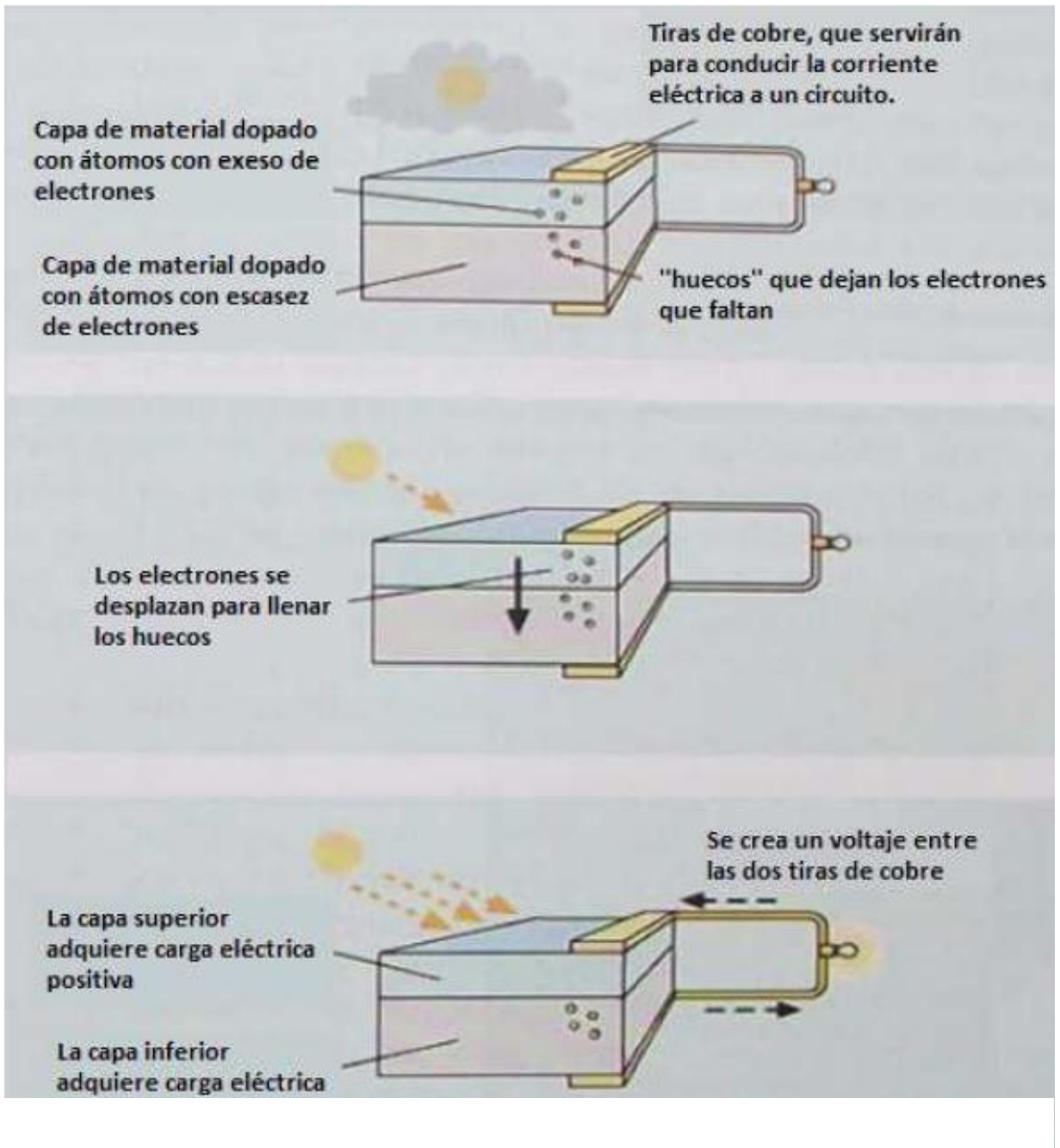


Ilustración 5 Efecto Fotovoltaico

Fuente: (CHUQUÍN VASCO NELSON SANTIAGO, 2011)

2.3.2 Célula fotovoltaica

La celda fotovoltaica es un transductor que convierte la energía radiante por el sol, en energía eléctrica, y es básicamente un diodo semiconductor que depende de los materiales semiconductores y la irradiancia capaz de desarrollar un voltaje de 0.5 V y una densidad de corriente de 40 mA/cm². (Galarza Valarezo Geovanny, 2012)

Los materiales utilizados para la fabricación, son semiconductores por lo general es el silicio el cual tiene cuatro electrones de valencia.

Una célula fotovoltaica es un dispositivo formado por una lámina de material semiconductor, cuyo grosor varía entre los 0.25 mm y los 0.35 mm. Se componen de una delgada capa de material tipo "n" y otra de mayor espesor de material tipo "p".

La celda tiene dos terminales: El terminal negativo se encuentra con la cara expuesta a la luz, el cual tiene un enrejado metálico fino de plata o aluminio, el cual conectan los electrones fotogenerados. El terminal positivo posee una capa de aluminio, aquí es en donde se acumulan las cargas positivas. Además la celda está cubierta con una película fina de antireflejante para disminuir las pérdidas por reflexión. (RICARDO)

La celda que se utilizará para el diseño son las compuestas por silicio monocristalino, ya que su rendimiento es de aproximadamente del 15 al 18% dependiendo del fabricante. Estas son producidas por silicio cristal.

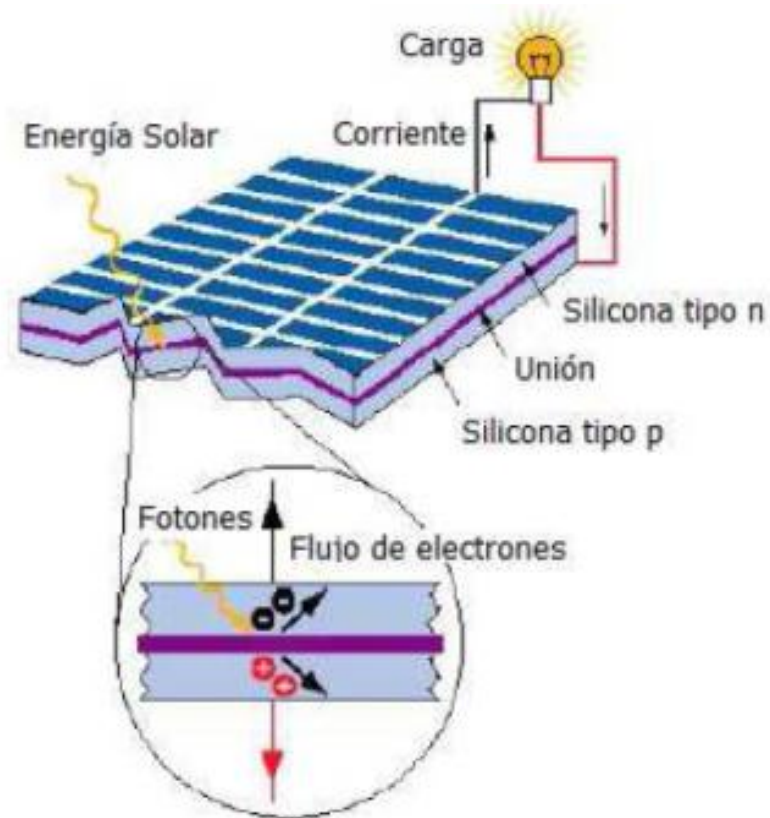


Ilustración 6: Funcionamiento de la Celda Solar

Fuente: (Empowerment-ITDG, 2005)

2.4 Componentes principales para la generación de la Energía Solar fotovoltaica tipo Aislado

2.4.1 Paneles fotovoltaicos

Los paneles o módulos fotovoltaicos son un conjunto de células fotovoltaicas conectadas en serie o paralelo para entregar tensión y corrientes deseadas, a las que se protege de la intemperie, las aísla eléctricamente del exterior dando rigidez mecánica al conjunto.

2.4.1.1 Estructura de un Módulo fotovoltaico

- El conjunto de células es encapsulado en dos capas de Etileno-Vinilo-Acetato (EVA), entre una lámina frontal de vidrio y una capa posterior de un polímero termoplástico.
- Este conjunto es enmarcado en una estructura de aluminio anodizado con el objetivo de aumentar la resistencia mecánica del conjunto y facilitar el anclaje del módulo a las estructuras.
- Debe tener y mantener una alta transmisividad en la banda espectral en la que trabajan las células fotovoltaicas.
- Deben tener buena resistencia al impacto y a la abrasión.
- Deben emplear vidrio templado con bajo contenido en hierro con algún tipo de tratamiento antireflexivo.
- Debe tener altos niveles de aislamiento eléctrico.

(WIKIPEDIA)

La temperatura máxima de ambiente de las células fotovoltaicas puede llegar alrededor de 10°C a 15°C. El módulo fotovoltaico genera su tensión máxima a temperatura de 25°C. Por lo tanto los paneles solares dejan de ser eficientes cuando la temperatura ambiente es mayor a 25°C y decrece el 0.5 % por grado centígrado de su eficiencia.

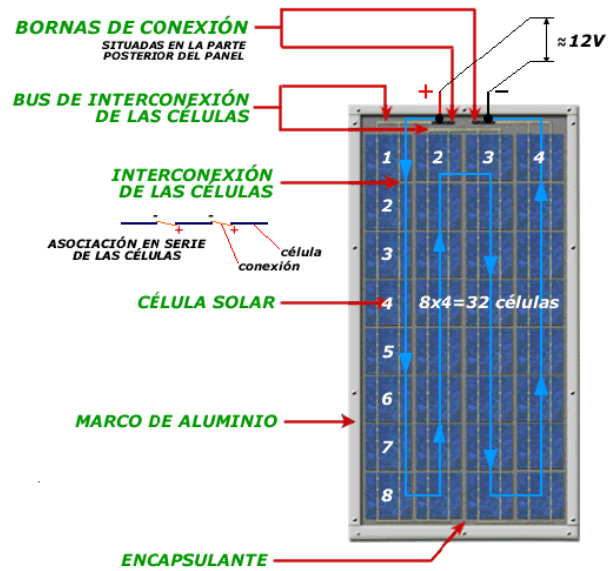


Ilustración 7: Partes de un Panel Fotovoltaico

Fuente: FIRCO Proyecto de Energía

2.4.2 Generador fotovoltaico

Un generador fotovoltaico es un conjunto de módulos conectados eléctricamente en serie o paralelo, si la conexión es en serie tendría un mayor voltaje y si su conexión es paralelo su corriente sería mayor.

Por lo que se compone de un total de

$$N = N_p * N_s$$

Donde

N_p : Es el número de ramas

N_s : Es el número de módulos en cada serie.

En el número de ramas define la corriente total del generador y el número de módulos por serie define la tensión del generador.

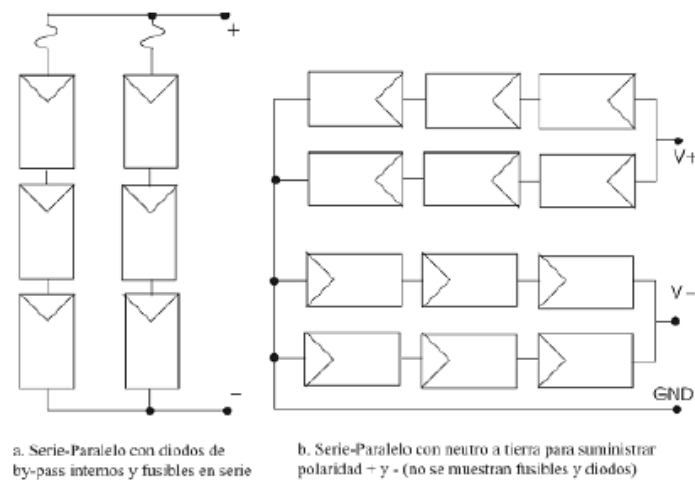


Ilustración 8: Tipos de conexiones de paneles fotovoltaicos

Fuente: (Photovoltaic Systems Engineering)

2.4.3 Estructura de Soporte

Los paneles fotovoltaicos que componen el generador, están montados sobre una estructura mecánica, capaz de sujetarlos, orientados para optimizar la radiación solar.

Las estructuras de soporte se pueden dividir en dos tipos:

Estructuras Fijas: Son aquellas que el módulo permanece en la orientación e inclinación óptima.

La orientación es hacia el sur y la inclinación puede calcularse de la siguiente manera:

$$\beta = 3.7 + 0.69 * \varnothing$$

Siendo \varnothing la latitud del sitio.

Las estructuras fijas se pueden subdividir en:

- Estructuras sobre mástil
- Estructuras para pared
- Estructuras para colocar sobre cubiertas
- Estructuras para montar sobre el suelo



Ilustración 9: Estructuras Fijas

Fuente: (Andreotti)

Estructuras Móviles: También llamada estructura con seguimiento solar, son aquellas que tienen un sistema de seguimiento solar, el cual permite seguir el Sol en su trayectoria, así incrementa su rendimiento dependiendo del tipo de seguidor solar ya que existen dos tipos: El sistema de seguimiento solar de un solo eje y de dos ejes: Los cuales pueden efectuar el seguimiento del sol en su movimiento a lo largo del día, con la finalidad de que los módulos se encuentren perpendiculares a la radiación solar.



Ilustración 10: Estructuras Móviles

Fuente: (htt3) http://www.evwind.com/wp-content/uploads/2012/10/seguidor1ejemecasolar_original.jpg

2.4.4 Regulador de Voltaje

El regulador de voltaje es un dispositivo electrónico que cumple funciones fundamentales:

- Proteger a la batería frente a descargas y sobrecargas profundas, así puede controlar la carga de la batería e interrumpe la conexión con los módulos.
- Evita las sobretensiones en la entrada de la batería.
- El regulador de voltaje controla constantemente el estado de carga de las baterías y regula la intensidad de carga de las mismas para alargar su vida útil.

El dimensionamiento del regulador de voltaje será del 20% por encima de las suma de las corrientes en corto circuito de los paneles solares. (STECA, 2014)

2.4.4 Baterías

Una batería es un acumulador electroquímico, el cual transforma la energía electroquímica en energía eléctrica.

Las funciones que cumple una batería son:

- **Autonomía:** La energía producida por el Generador fotovoltaico, se almacena en las baterías para utilizarla en los períodos en donde la demanda excede la capacidad de producción del generador, satisfaciendo así los requerimientos de consumo en cualquier instante.
- **Suministro de picos de intensidad:** Suministra valores de intensidad mayores a los que proporciona el generador fotovoltaico.
- **Estabilización de Voltaje:** Evita fluctuaciones de tensión, las cuales pueden ocasionar daños en los equipos.

Para incrementar el voltaje, la capacidad o el voltaje y la capacidad de las baterías se pueden conectar entre sí, realizando conexiones en serie y en paralelo.

La capacidad de una batería es la cantidad de electricidad que se puede descargar hasta que la batería se encuentre totalmente descargada. Y es la corriente eléctrica por el tiempo de descarga. Y su unidad de medición es amperios-horas (Ah).

Las baterías no deben ser descargadas en más del 60%, porque sino el tiempo de vida disminuirá aceleradamente.

Para calcular el acumulador emplearemos la siguiente formula:

$$CB = \frac{ED * D}{(PDmax)(NB)}$$

Donde

CB= Capacidad de la Batería (Wh)

ED= Consumo diario (Wh/día)

D= Autonomía (día)

PDmax= Profundidad máxima de descarga

NB= Eficiencia

2.4.4.1 Banco de baterías

Es el conjunto de baterías conectadas en serie, paralelo o combinadas, para obtener mayores niveles de voltaje y/o corriente.

Detallaremos las ventajas de los diferentes tipos de conexiones:

- **Conexión en serie:** Está conexión mantiene la misma capacidad en Ah, y el voltaje total del banco es la suma de los voltajes de cada batería.

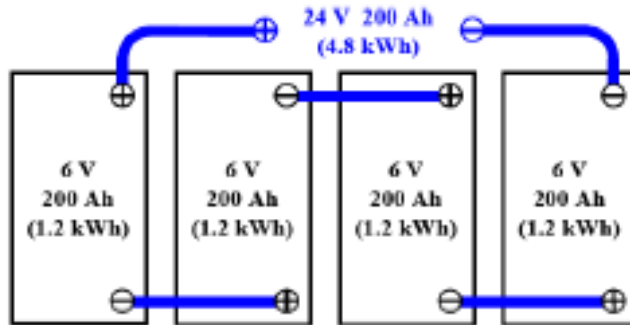


Ilustración 11: Conexión en serie de baterías

Fuente: (Institut fur Elektrische Energietechnik)

- **Conexión en paralelo:** En esta conexión el banco de baterías mantiene su mismo voltaje y la corriente total es la suma de las corrientes de cada batería.

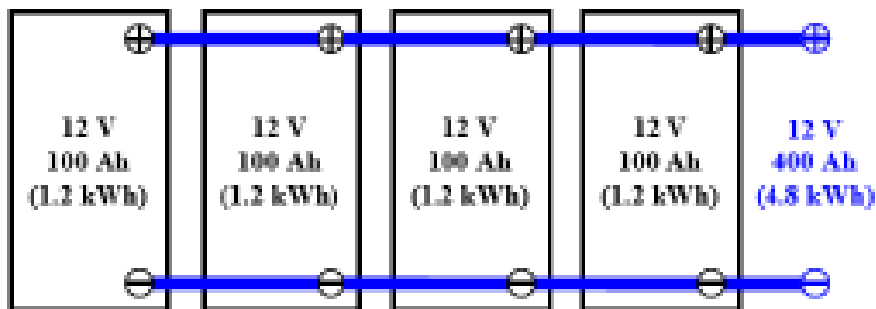


Ilustración 12: Conexión en paralelo

Fuente: (Institut fur Elektrische Energietechnik)

- **Conexión serie-paralelo**

Se combinan las dos conexiones detalladas anteriormente, teniendo un resultado de incremento de voltaje y la capacidad total.

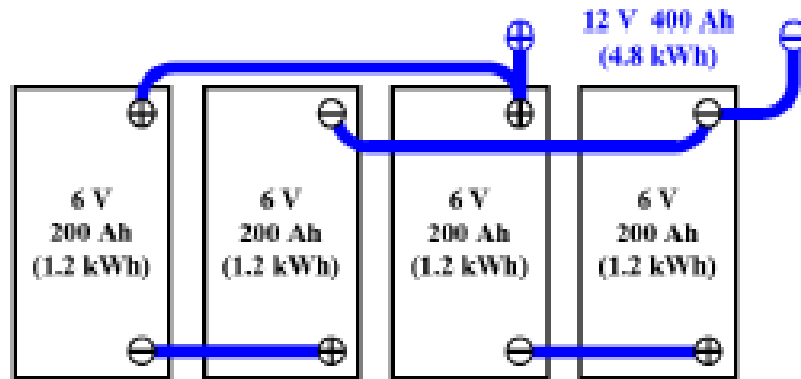


Ilustración 13: Conexión serie-paralelo de un banco de baterías

Fuente: (Institut fur Elektrische Energietechnik)

2.4.5 Inversor

Los inversores son aquellos que convierten la corriente directa en corriente alterna.

Los inversores se basan en el uso de dispositivos electrónicos que actúan como interruptores que permiten interrumpir y conmutar su polaridad.

Para seleccionar un inversor en un sistema aislado se debe tener en cuenta:

- Forma de onda producida.
- Deben tener una alta eficiencia, porque si no se tendrá que aumentar innecesariamente la capacidad del generador fotovoltaico.
- Tienen que estar protegidos contra cortocircuitos y sobrecargas.

2.5 Sistemas de Generación de energía solar fotovoltaica tipo aislada o autónoma

El principal objetivo de los Sistemas Solares fotovoltaicos tipo aislada, es satisfacer la demanda de energía eléctrica total o parcialmente y pueden se utilizarlos en los siguientes sectores:

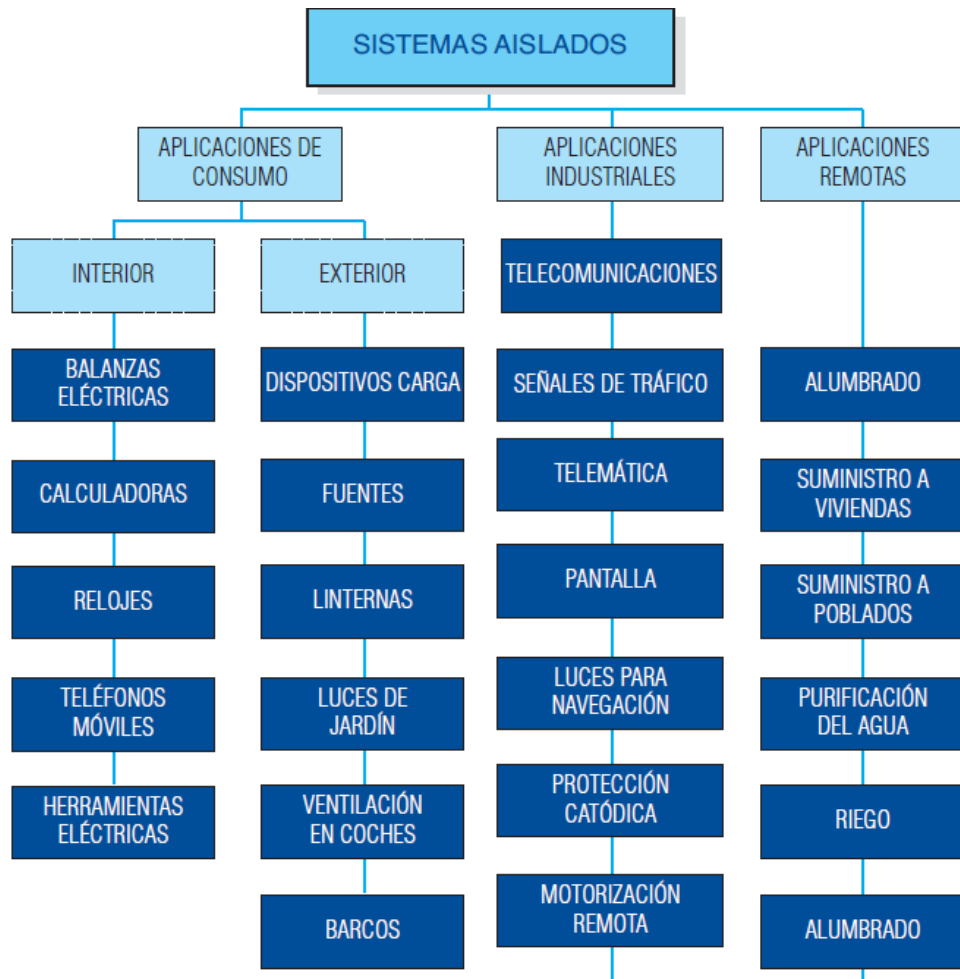


Ilustración 14: Áreas de aplicación del SFV tipo Aislado

Fuente: (COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIONES (GRUPO NAP), 2002)

2.6 Sistema de Bombeo de agua

El sistema de bombeo está conformado por elementos eléctricos y mecánicos.

2.6.1 Bomba de agua

La bomba es un dispositivo mecánico que añade energía a un fluido. Por lo que la energía cinética que es producida por el motor y la transmite al fluido, lo que provoca el movimiento de éste y el incremento presión. Un elemento importante para el funcionamiento de la bomba es un motor eléctrico, es aquel que impulsa un eje rotatorio en la bomba. (Mott, 2006)

La potencia que necesita la bomba es la rapidez con que se transfiere la energía.

$$P_A = h_A W$$

$$P_A = h_A \gamma Q$$

Dónde:

P_A : Potencia que transmite al fluido

h_A : Carga total sobre la bomba o Carga dinámica total

$$h_A = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_L - \frac{P_1}{\gamma} - Z_1 - \frac{V_1^2}{2g}$$

γ : Peso específico

Q : Caudal en m^3/s

2.6.1.1 Eficiencia de la bomba de agua

La eficiencia es la relación de la potencia transmitida por la bomba al fluido a la potencia que transmite a la bomba. Ya que las pérdidas de energía por fricción mecánica en los componentes de la bomba, fricción del fluido y turbulencia excesiva en ésta, no toda la potencia de entrada se transmite al fluido.

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

2.6.1.2 Clasificación de los tipos de bomba de agua

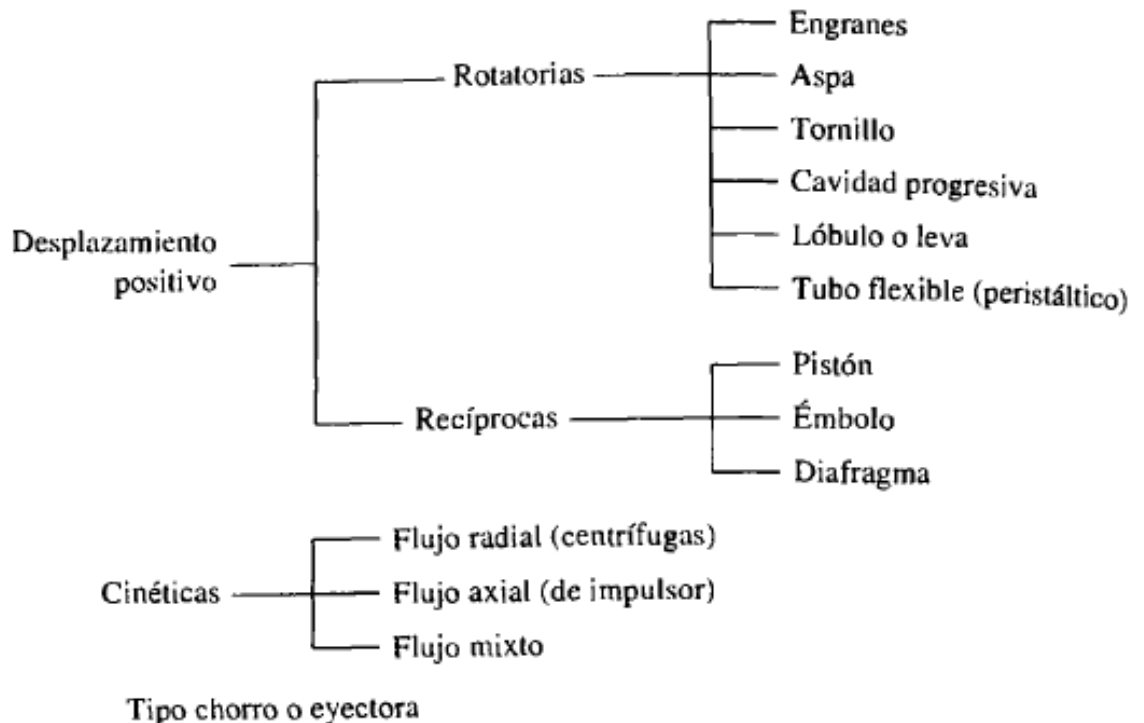


Ilustración 15: Tipos de Bombas

Fuente: (Robert L. Mott, 2006)

2.6.1.2.1 Bomba centrífuga

Las bombas centrífugas son bombas cinéticas y presenta las siguiente característica agregan al fluido cuando aceleran con la rotación de un impulsor. Donde el fluido se lleva al centro del impulsor y después es lanzado hacia fuera por las aspas. Al salir del impulsor, el fluido pasa por una voluta en forma espiral, donde baja en forma gradual y ocasiona que parte de la energía cinética se convierta en presión de fluido. (Mott, 2006)

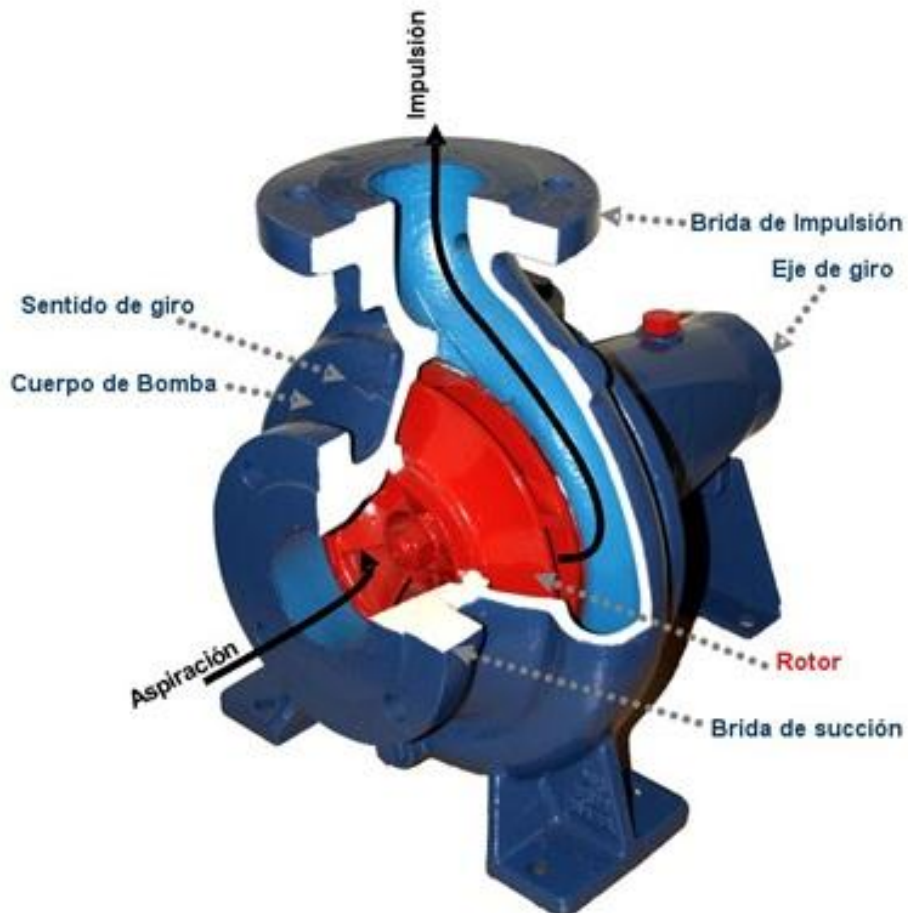


Ilustración 16. Bomba centrífuga y sus partes

Fuente: (Nava, 2010)

2.6.2 Motor eléctrico

Para poder realizar del rodete de la bomba se emplea un motor eléctrico trifásico de corriente alterna, esto permite realizar una regulación de la potencia absorbida por la bomba. Se deben seleccionar con un factor de potencia cercano a 1, con la finalidad de reducir las pérdidas de energía en el sistema.

2.6.3 Tuberías

Tuberías de succión

En la tubería de succión se determina que la velocidad máxima depende del diámetro de la tubería.

Diámetro de la tubería de succión (mm)	Velocidad máxima (m/s)
50	0,75
75	1,00
100	1,30
150	1,45
200	1,60
250	1,60
300	1,70
Mayor que 400	1,80

Ilustración 17 Velocidad de acuerdo al diámetro de la tubería

Fuente (RAS, 2000)

Tuberías de descarga

Y la velocidad en las tuberías de descarga debe estar entre este rango 1 y 3 m/s.

2.6.4 Accesorios

En el sistema de bombeo se instalan los siguientes accesorios:

En la línea de succión y en la línea de descarga : Válvula de pie y dos Codo de 90°.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

3.1 Método de investigación

El método que se utilizó fue el de análisis, el cual consiste en la descomposición de todos los componentes de un Sistema Solar Fotovoltaico, ya que se estudió de forma individual su funcionamiento, y así se pudo concluir que su unión es fundamental para que funcionen correctamente. (Colección LNS, 1992)

3.2 Técnicas de investigación

Las técnicas de investigación fueron mecanismos que sirvieron para recolectar y sistematizar los datos provenientes del proceso del trabajo realizado.

3.2.1 Técnicas bibliográficas

La presente técnica fue el punto de partida del presente trabajo en donde se realizó las siguientes tareas:

- Leí diferentes fuentes bibliográficas.
- Se recolectó datos donde se extrajeron datos concretos e importantes para el presente trabajo.

3.2.2 Técnica de observación de Campo

Se utilizó la técnica de observación de campo, debido a que tenía que conocer los elementos que se utilizaban para riego en la Hacienda “Los Ceibos”. En el

capítulo 4 detallare el análisis situacional de sitio donde se realizó el estudio y diseño.

Los recursos que se utilizaron para la técnica de la observación de campo fueron mapas y una cámara fotográfica.

3.2.3 Técnica de observación estructurada

La técnica de observación estructurada se la empleó debido a que se utilizó guías e instrumentos que permitieron ejecutar una investigación sistemática.

3.2.4 Técnica de la entrevista

Está técnica me permitió obtener información, por medio del diálogo con el administrador de la Hacienda ya que nos brindó información, empleamos el tipo de entrevista no estructurada ya que fue un diálogo abierto por lo que no fue necesario un cuestionario de preguntas.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS SITUACIONAL DESCRIPTIVO DE LA HACIENDA LOS CEIBOS

La creciente necesidad de equilibrio hidrológico, se requiere para lograr que se asegure el abasto suficiente de agua a los sembríos, esta se podrá lograr la disponibilidad natural con las extracciones del recurso mediante el uso eficiente del agua.

4.1 Generalidades de la Hacienda “Los Ceibos”

El lugar donde se va a desarrollar el estudio y el diseño, está ubicado en la parroquia Montalvo del Cantón Babahoyo, con una superficie de 15 hectáreas, con los siguientes linderos: Norte, terreno de la Hacienda Fortuna; en 216,16m; Sur, carretera asfaltada Babahoyo Montalvo en 778,50m; Este, Carretera asfaltada que conduce a la Clementina en 1248m; y, Oeste, terreno de la Hacienda la Fortuna en 708,50m.

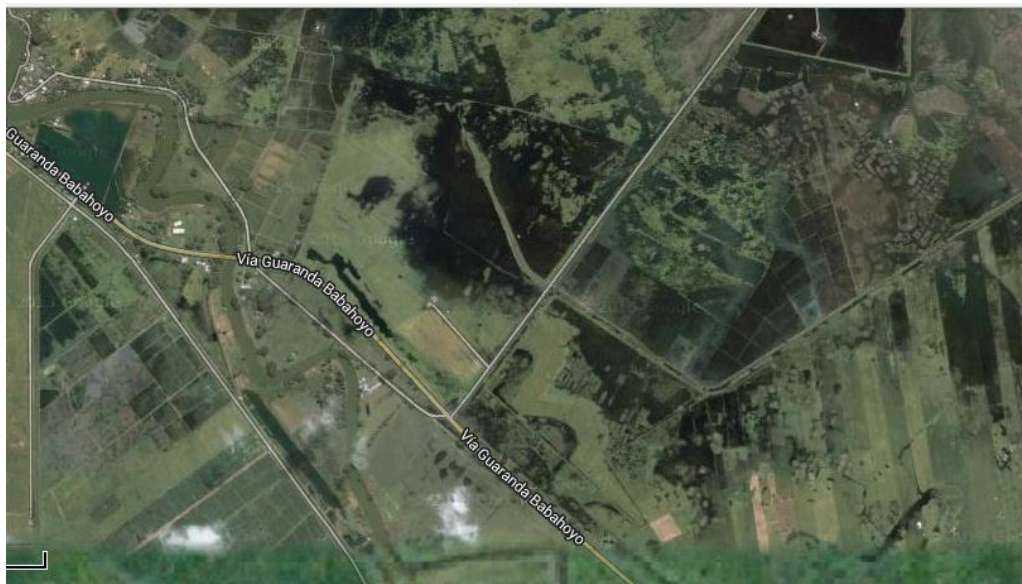


Ilustración 18: Ubicación de la Hacienda

Fuente: (Google Maps)

Las características de este terreno son aquellas de una topografía accidentada y de un clima propio de la costa ecuatoriana, por esta razón desde el año 1960 se dedican a sembrar cultivos como: el arroz, soya y maíz. Estas siembras se las realiza dos veces al año, el cual su proceso de crecimiento es de cuatro meses, por lo que necesitan abundante agua porque son plantas semiacuáticas.

En la Hacienda se utiliza para el riego una motobomba de las siguientes características:

- Tiene una potencia de 11,63 kW
- Su velocidad es de 2200 RPM
- Su consumo es de 155 kph de combustible.
- Tuberías de 6" en el lado de succión y descarga.

4.2 Análisis Preliminar

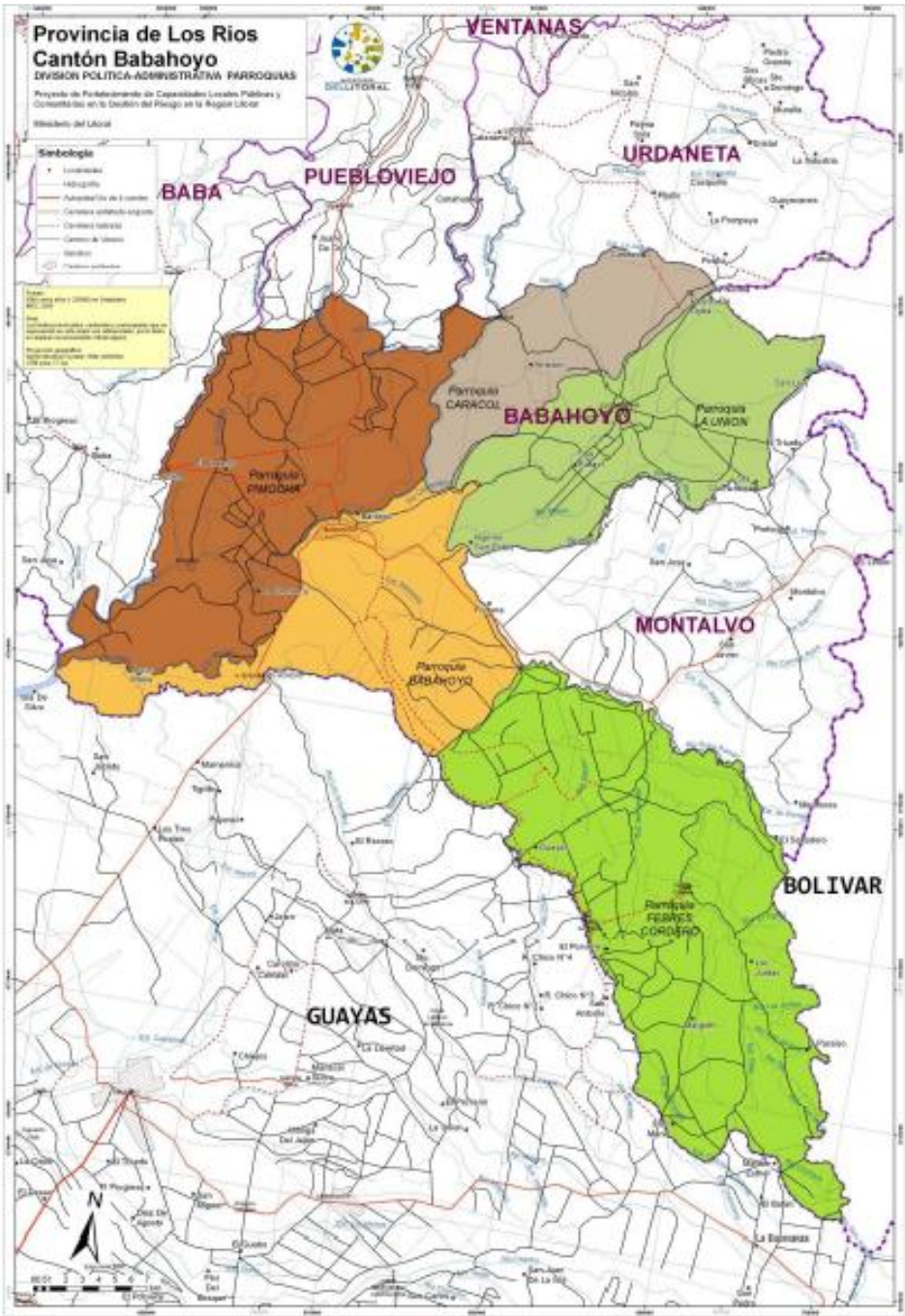


Ilustración 19: Mapa de Babahoyo

Fuente: (Municipio del Cantón Babahoyo, 2013)

4.3 Análisis de Hidrología

La hidrología de Babahoyo tiene influencia de la cuenca del río Guayas: 32.455 Km² que se extienden desde las estribaciones de la Cordillera Occidental de los Andes Ecuatorianos, donde nace una extensa red hídrica que entre otros ríos importantes (Babahoyo, Lulú, Quindigua, Chipe, Lechugal , Playón y San Pablo) y sus afluentes, aguas abajo conformarán la microcuenca del río Babahoyo.

La principal fuente de agua en la Hacienda es el canal natural que tiene una longitud alrededor de 5 Km, que se encuentra ubicado al Norte del terreno, el mismo que recorre de Este a Oeste. Este desemboca en el río San Pablo.

El canal natural tiene las siguientes características:

- Es un canal natural con malezas y piedras
- Es un canal irregular
- Tiene una profundidad de 12 m
- Su ancho es de alrededor de 4 m.

CANAL



Ilustración 20: Canal natural

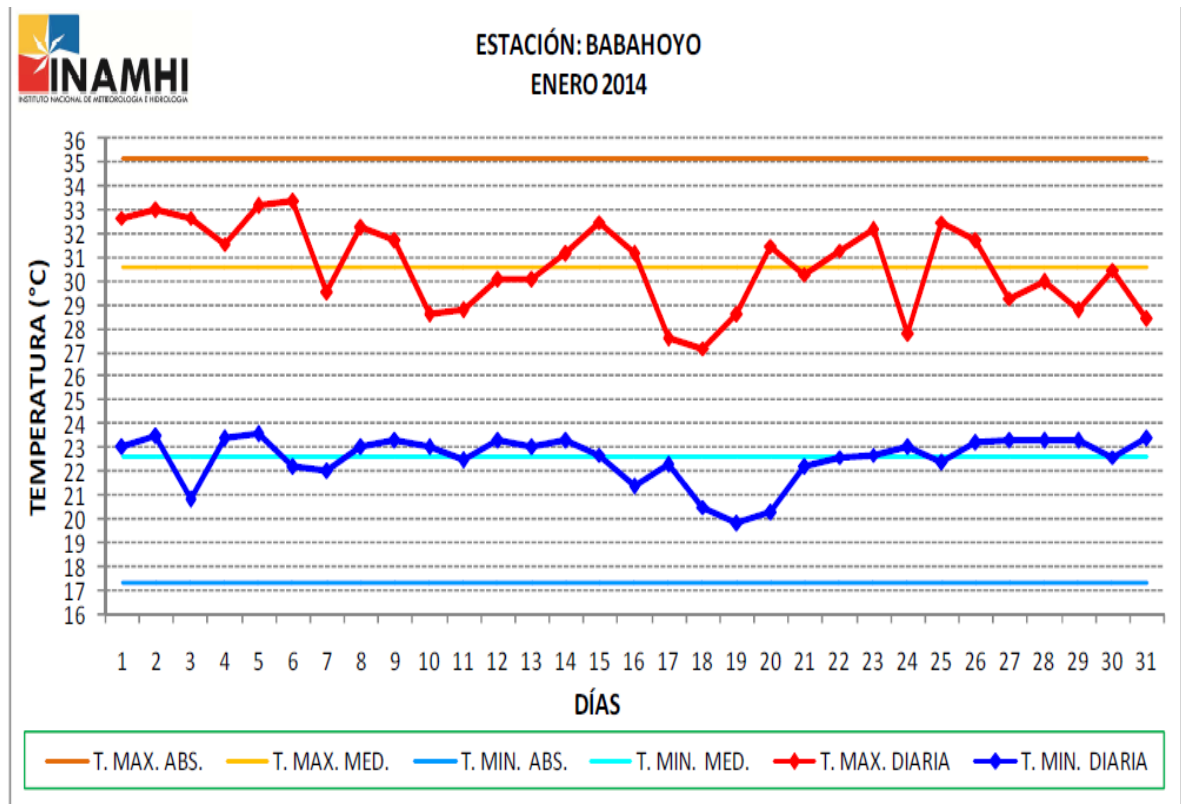
Fuente: Autor

4.4 Clima y temperatura

El Clima que presenta el Cantón Babahoyo es Húmedo y Cálido

La temperatura media durante todo el año se registra desde 22°C y 33°C.

La temperatura para el análisis vamos tomar en consideración del mes de Enero del 2014.



Análisis de temperaturas para Babahoyo: Las temperaturas máximas tuvieron un comportamiento variable, primero oscilando por encima de la normal (hasta el día 6) y luego por debajo de la misma. Las temperaturas mínimas se ubicaron alrededor de la normal excepto los días 3, y del 15 al 21 que estuvieron por debajo de su normal. La máxima del mes fue de 33.4 °C el día 6, mientras que la mínima fue de 19.8 °C el día 19.

Ilustración 21: Temperatura registrada en enero en la Estación Babahoyo

Fuente: (INAMHI, 2014)

4.5 Precipitación

La precipitación se registró en el presente año durante los meses febrero, marzo. Y la precipitación media anual presentada en el 2013 fue de 2000 mm.

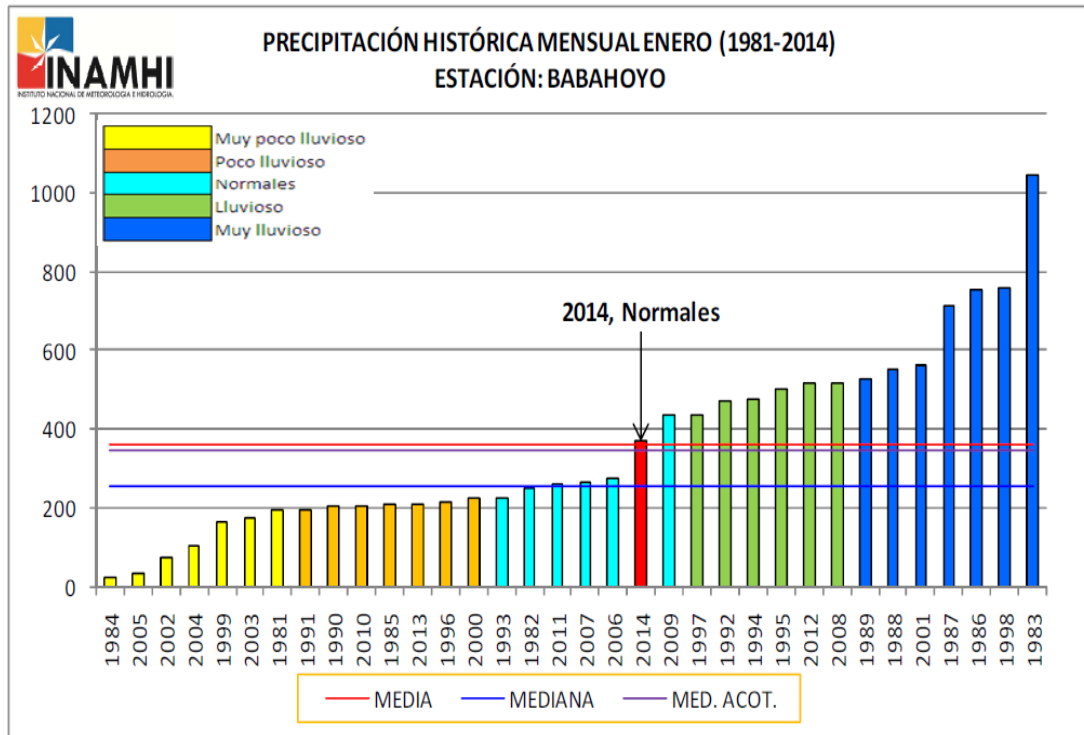


Ilustración 22: Precipitación Mensual Enero (1981-2014)

Fuente: (INAMHI, 2014)

Para regar los cultivos en los meses que se presentan las lluvias, no se requiere que el generador fotovoltaico funcione a su máxima potencia. Pero cuando no existen precipitaciones el suelo necesita abundante agua el cual tiene que su funcionamiento ser mayor.

4.6 Implantación del Sistema de Bombeo y Fotovoltaico en el terreno



Instalación de los Elementos del Sistema de bombeo y
fotovoltaico

Ilustración 23: Ubicación de la implementación

Fuente: Autor

Los elementos del Sistema de bombeo y del Sistema fotovoltaico tipo aislado van a estar localizado en el muro en las siguientes coordenadas UTM X= 0674468 Y= 9797110.

En el lugar indicado se necesita construir una casa de máquinas donde va a estar instalado el inversor y el tablero de control del sistema de bombeo.

CAPÍTULO 5

DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO TIPO AISLADO

El dimensionamiento consiste en determinar la capacidad para satisfacer la demanda requerida por el sistema de bombeo. Su principal característica es la confiabilidad que debe tener.

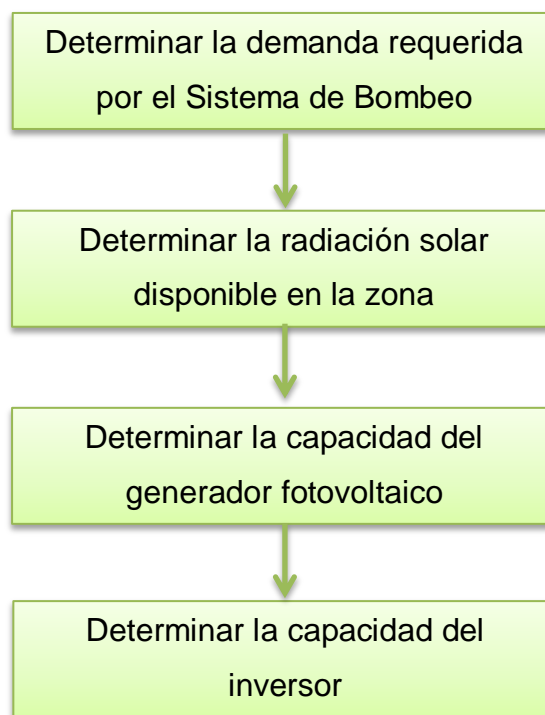


Ilustración 24: Diagrama de flujo del Dimensionamiento

Fuente: Autor

5.1 Demanda requerida por el Sistema de Bombeo

5.1.1 Parámetros de diseño

Los datos y condiciones para el diseño del sistema de bombeo que se va utilizar en el riego de los cultivos de la Hacienda “Los Ceibos”, se toma en consideración la estación verano, ya que en esta temporada el caudal del canal natural disminuye y obtendremos los siguientes datos:

- Altura de succión es 5 m.
- Altura de descarga es 0.5 m
- Longitud de tubería de 4.8 m
- Caudal requerido es:

Como ya lo mencionamos se va a regar 15 hectáreas, entonces se va a proceder a calcular el volumen del agua que requieren los cultivos.

El volumen requerido es:

Dónde:

El área que tiene una hectárea es:

$$A = (100 \text{ m}) (100 \text{ m})$$

$$A = 10.000 \text{ m}^2$$

La altura de agua que se necesitan los cultivos, en un terreno tecnificado es de 5 cm.

$$V = A \times h$$

$$V = (10.000 \text{ m}^2 \times 0,05 \text{ m})$$

$$V= 500 \text{ m}^3$$

Por cada hectárea vamos a necesitar un volumen de 500 m^3 , y el total del volumen que se requiere para las 15 hectáreas de sembrío de arroz son de 7.500 m^3 , para cubrir la presente demanda se necesita 7 días de riego.

Sabiendo que el caudal del fluido es de $0,05 \text{ m}^3/\text{s}$, obteniendo en el día un caudal de $1.080 \text{ m}^3/\text{día}$, con este caudal cubre el riego de dos hectáreas por día.

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 de acero, cedula 40.

- Tubería de succión 6" Diámetro interior de 154.1 mm
- Tubería de descarga es de 6" Diámetro interior 154.1 mm

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

- Válvula de pie en la línea de succión
- Codo de 90° en línea de succión
- Codo de 90° en línea de descarga

5.1.2 Diseño del Sistema de Bombeo

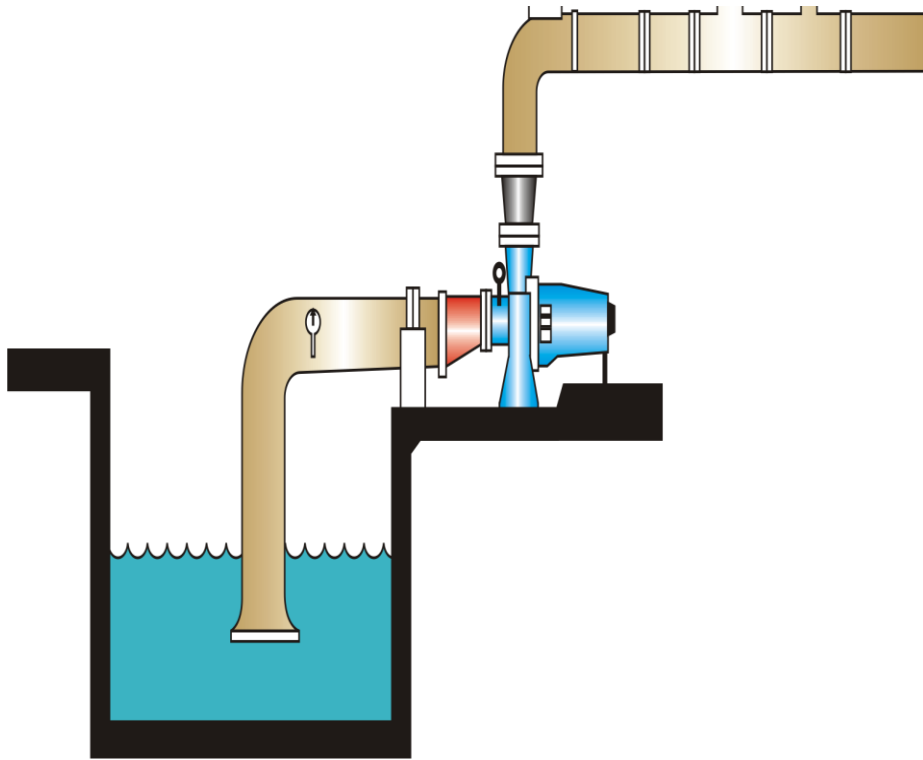
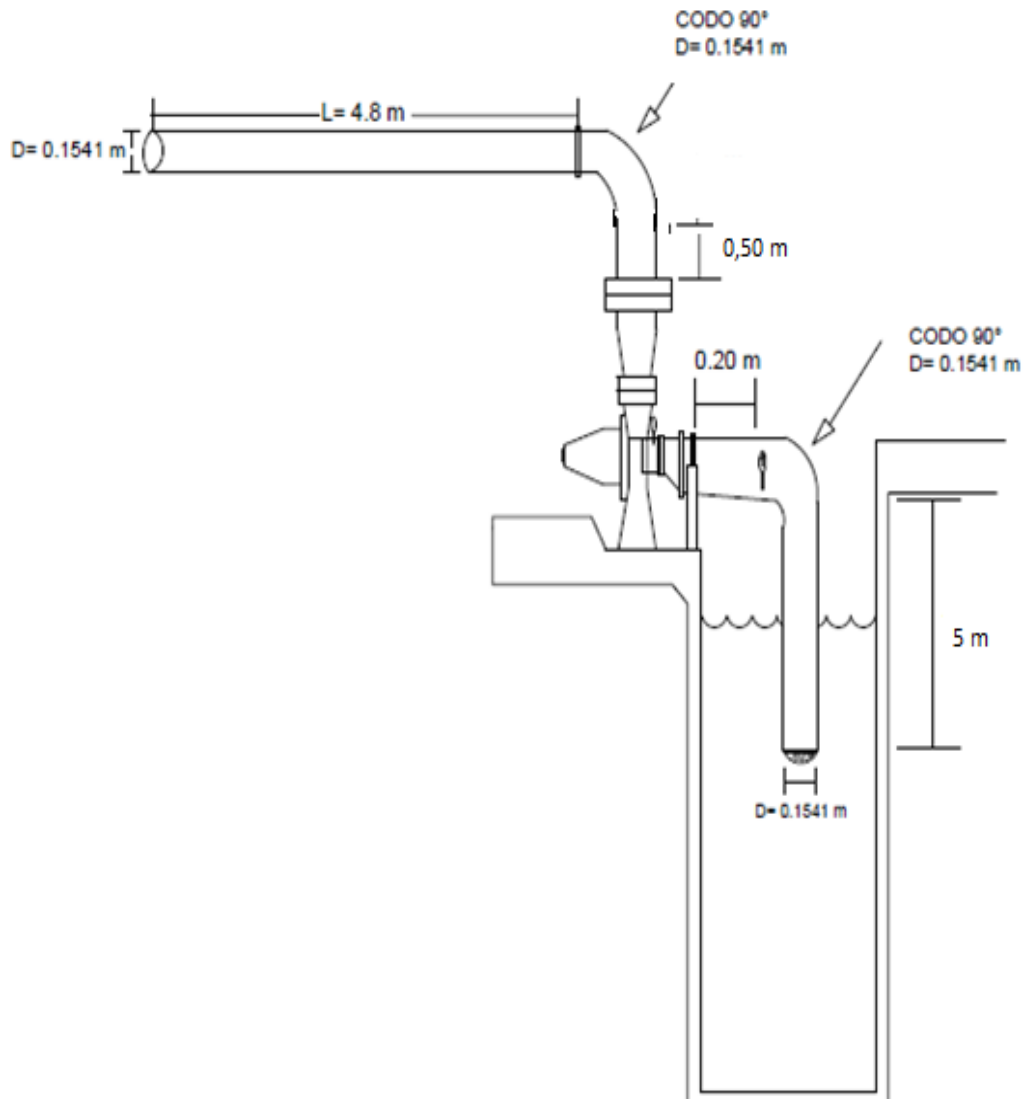


Ilustración 25: Diseño del Sistema de Bombeo

Fuente: (ICONTEC)

MOTO BOMBA 7HP
220 V
3 ϕ



5.1.3 Dimensionamiento del Sistema de Bombeo

Línea de succión o aspiración

La velocidad existente en la tubería de succión es:

$$v = \frac{4Q}{\pi * D^2}$$

Dónde:

Q= Caudal [m³/s]

D= Diámetro interno de la tubería

$$v = \frac{4 (0,05 \frac{m^3}{s})}{\pi * (0,1541 m)^2}$$

$$v = 2,68 \frac{m}{s}$$

El número de Reynolds

$$NR = \frac{v (D)(\rho)}{n}$$

Dónde:

v= Velocidad del fluido

n= Viscosidad dinámica

ρ = Densidad del fluido

$$NR = \frac{(2,68 \frac{m}{s}) (0,1541 m) (998 \frac{Kg}{m^3})}{(1,02 \times 10^{-3} Pa.s)}$$

$$NR = 404.078,43$$

Como resultado obtenemos un flujo turbulento. Ahora procedemos a calcular la fricción.

Dónde:

D = Diámetro [m]

ε = Rugosidad [m]

$$\frac{D}{\varepsilon} = \frac{(0,1541 \text{ m})}{(4,6 \times 10^{-5} \text{ m})}$$

$$\frac{D}{\varepsilon} = 3.350$$

Para saber la fricción utilizamos el Diagrama de Moody con los valores de NR y rugosidad relativa.

$$f = 0,015$$

Por lo tanto en la línea de succión tenemos las pérdidas mayores en la tubería.

Dónde:

f = Factor de fricción

L = Longitud de la tubería de succión [m]

D = Diámetro [m]

v = Velocidad promedio del flujo en la tubería [m/s]

h_L = Pérdida mayor de energía [m]

$$h_L = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{L1} = (0,015) \times \frac{12 \text{ m}}{0,1541 \text{ m}} \times \frac{(2,68 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 (9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})}$$

$$h_{L1} = 0,43$$

Las pérdidas que obtuvimos en la tubería en la línea de succión son de 0,43 m.

Las pérdidas menores que se presenta en los accesorios utilizados en la línea de succión son las siguientes:

Se toma de la tabla del anexo A6 la fricción en la tubería de 0,015 para calcular el coeficiente de resistencia.

Dónde:

h_L = Pérdida menor de energía [m]

k = Coeficiente de Resistencia

v = Velocidad promedio del flujo en la tubería

f_T = Factor de fricción en la tubería

- **Válvula de pie con alcachofa tipo disco de bisagra**

$$k = 75 f_T$$

$$k = 75 (0,015)$$

$$k = 1,13$$

$$h_L = k \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{L2} = (1,13) \frac{(2,68 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_{L2} = 0,41 \text{ m}$$

- Se utiliza un Codo de 90°

$$k = 30 f_T$$

$$k = 30 (0,015)$$

$$k = 0,45$$

$$h_{L3} = k \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{L3} = (0,45) \frac{(2,68 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_{L3} = 0,16 \text{ m}$$

- En la línea de succión tenemos una pérdida de energía de:

$$h_{LT} = h_{L1} + h_{L2} + h_{L3}$$

$$h_{LS} = 1 \text{ m}$$

Línea de descarga

La velocidad existente en la tubería de descarga es:

$$v = \frac{4Q}{\pi * D^2}$$

$$v = \frac{4 (0,05 \frac{m^3}{s})}{\pi * (0,1541 \text{ m})^2}$$

$$v = 2,68 \frac{m}{s}$$

El número de Reynolds

$$NR = \frac{(2,68 \frac{m}{s}) (0,1541 \text{ m}) (998 \frac{Kg}{m^3})}{(1,02 \times 10^{-3} \text{ Pa.s})}$$

$$NR = 404.078,43$$

Como resultado obtenemos un flujo es turbulento. Ahora procedemos a calcular la fricción.

$$\frac{D}{\varepsilon} = \frac{(0,1541 \text{ m})}{(4,6 \times 10^{-5} \text{ m})}$$

$$\frac{D}{\varepsilon} = 3.350$$

$$f = 0,015$$

Por lo consiguiente en la línea de descarga tenemos las pérdidas mayores en la tubería.

$$h_L = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{L4} = (0,015) \times \frac{5,3 \text{ m}}{0,1541 \text{ m}} \times \frac{(2,68 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 (9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})}$$

$$h_{L4} = 0,19 \text{ m}$$

- **Se utiliza un Codo de 90°**

$$k = 30 f_T$$

$$k = 30 (0,015)$$

$$k = 0,45$$

$$h_{L5} = k \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{L5} = (0,45) \frac{(2,68 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_{L5} = 0,16 \text{ m}$$

$$h_{LD} = h_{L4} + h_{L5}$$

$$h_{LD} = 0,35 \text{ m}$$

$$h_{LT} = h_{LS} + h_{LD}$$

$$h_{LT} = 1,35 \text{ m}$$

$$h_A = h_G + h_L$$

$$h_A = 5,5 + 1,35$$

$$h_A = 6,85 \text{ m}$$

$$P_A = h_A \gamma Q$$

$$P_A = (6,85 \text{ m}) (9.79 \text{ kN/m}^3) (0,05 \text{ m}^3/\text{s})$$

$$P_A = 3.353,20 \text{ W}$$

La eficiencia de la bomba será del 80%

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

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

$$\text{Potencia de entrada a la bomba} = \frac{3.353,20 \text{ W}}{0,80}$$

$$\text{Potencia de entrada a la bomba} = 4.191,50 \text{ W}$$

Para el sistema de Bombeo vamos a trabajar con una motobomba trifásica, para cubrir la demanda requerida de 7 Hp, el cual es equivalente a 5.219,2 W.

Datos de la Motobomba:

- **Voltaje: 220 V**
- **Fases: 3 ϕ**
- **Frecuencia: 60 HZ**

$$P_N = \sqrt{3} V_N I_N$$

$$I_N = \frac{5.219,2 \text{ W}}{\sqrt{3} (220 \text{ V})}$$

$$I_N = 13,69 \text{ A}$$

Corriente del conductor

$$I_C = 1,25 I_N$$

$$I_C = 1,25 (13,69 \text{ A})$$

$$I_C = 17,12 \text{ A}$$

Se utiliza tres conductores de cobre tipo THW, calibre 12 AWG, el cual soporta una corriente de 25 A. Y un conductor para el neutro el cual debe ser de cobre tipo THW, calibre 14 AWG, el cual soporta una corriente de 20 A.

Corriente del Breaker

$$I_B = 1,5 I_N$$

$$I_B = 1,5 (13,69 \text{ A})$$

$$I_B = 20,53 \text{ A}$$

El breaker debe tener la siguiente característica: 3P-25 A.

5.1.5 Tipo de Arranque de la motobomba Trifásica

El tipo de arranque que se va a emplear en este diseño es un arranque estrella-triángulo.

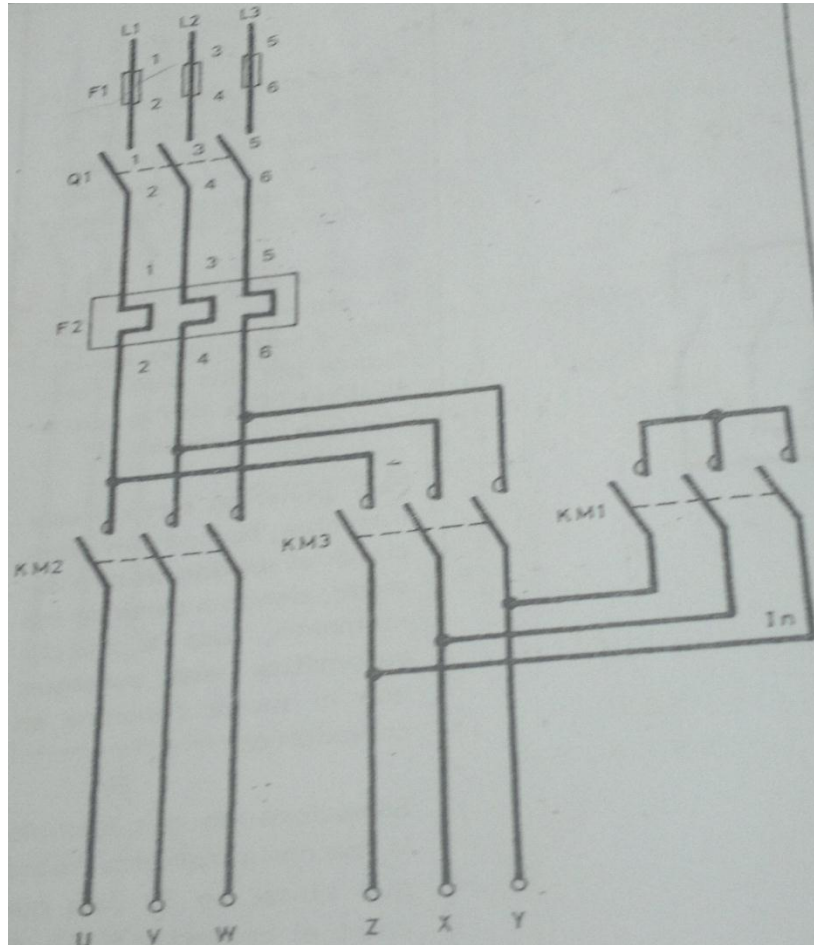


Ilustración 26: Diagrama de potencia del arranque de motor trifásico en conexión Estrella-Triángulo

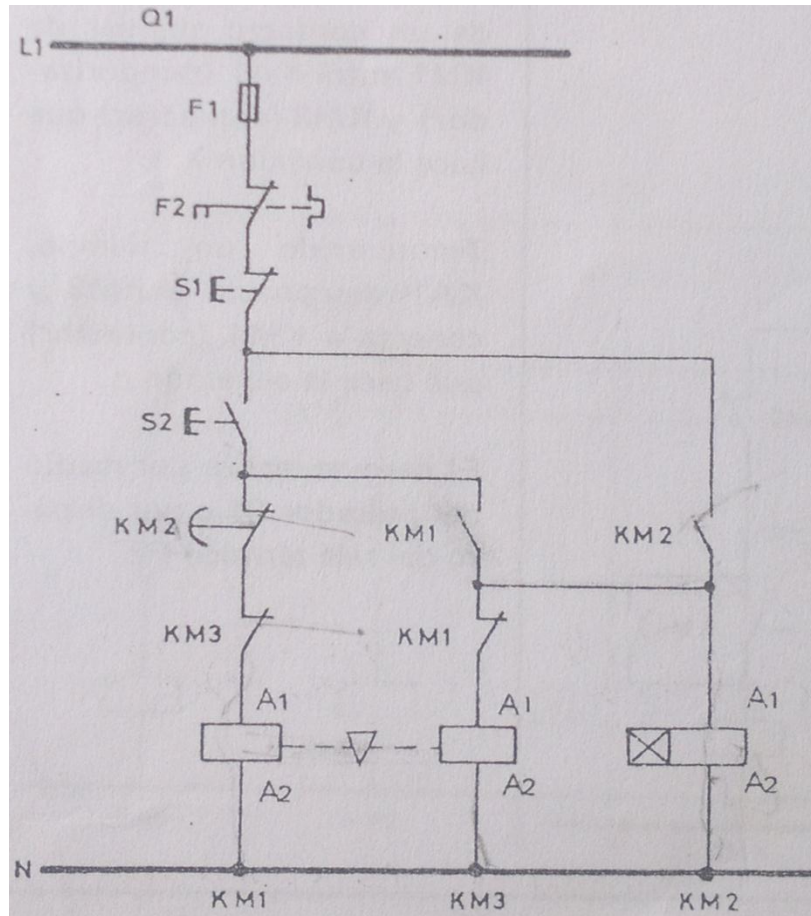


Ilustración 27: Diagrama de control del arranque de motor trifásico en conexión Estrella-Triángulo

El esquema para el arranque de un motor trifásico en conexión estrella-triángulo con un mando desde un pulsador de marcha S2 y uno de paro S1.

El diagrama de potencia consta de los siguientes elementos:

- **Fusibles:** Los fusibles se deben conectar por cada fase, presentando la siguiente capacidad.

$$I_F = 1,5 I_N$$

$$I_F = 1,5 (13,7 A)$$

$$I_F = 20,55 A$$

- **Interruptores:** Se conectan tres interruptores, uno por cada fase.

$$I_I = 1,5 I_N$$

$$I_I = 1,5 (13,7 A)$$

$$I_I = 20,55 A$$

- **Relé térmico:**

$$I_T = 1,1 I_N$$

$$I_T = 1,1 (13,7 A)$$

$$I_T = 15,07 A$$

- **Contactores:**

$$I_{CT} = 1,5 I_N$$

$$I_{CT} = 1,5 (13,7 A)$$

$$I_{CT} = 20,55 A$$

Fuente: (Viloria, 2005)

5.2 Radiación solar disponible en la zona

El Ecuador cuenta con un Atlas Solar, en el cual nos da una aproximación de insolación. Para el diseño tomaremos la insolación global del Cantón Babahoyo, ya que podremos observar que en el mes de Junio y Julio se presenta una menor insolación siendo esta de 4.200 Wh/m/día

INSOLACIÓN GLOBAL	
MES	Wh/m ² /día
ENERO	4.500
FEBRERO	4.500
MARZO	4.800
ABRIL	4.500
MAYO	4.500
JUNIO	4.200
JULIO	4.200
AGOSTO	4.500
SEPTIEMBRE	4.800
OCTUBRE	4.500
NOVIEMBRE	4.950
DICIEMBRE	4.500

Tabla 2: Insolación Global del Cantón Babahoyo

Fuente: (CONELEC, 2013)

5.2.1 Heliofanía registrada en el Cantón Babahoyo

La heliofanía es un instrumento de medición que registra las horas diarias de insolación o de brillo de sol, también se la conoce como heliofanía efectiva. Y con esto permite leer directamente el número de horas en que ha habido insolación. (RICARDO)

El valor promedio de heliofanía registrado en el Cantón Babahoyo es de 3,6 horas sol/día, pero para asegurar la instalación fotovoltaica se ha tomado el menor valor obtenido en ese tiempo que es 0,8 horas sol/día, que se presenta en el mes de Junio.

HELIOFANIA EFECTIVA REGISTRADA EN BABAHOYO (horas sol/día)

MES	AÑO	HELIOFANIA EFECTIVA						TOTAL	HELIOFANIA EFECTIVA						TOTAL	TOTAL MES	HSP
		MAÑANA							TARDE								
		06:07	07:08	08:09	09:10	10:11	11:12		12:13	13:14	14:15	15:16	16:17	17:18			
MARZO	2013		1	4,1	5,4	7	8,2	25,7	10,1	11,6	12,9	10,6	4,5	0,4	50,1	75,8	2,4
MAYO	2013	0,2	0,1	1,9	3,5	4,9	2,8	13,4	4,7	5,8	6	4,7	1,3		22,5	35,9	1,2
JUNIO	2013		0,4	1,2	0,9	0,9	0,7	4,1	2,3	4,5	5,7	4,7	3,6	0,3	21,1	25,2	0,8
JULIO	2013		0,4	0,1	0,4	1,4	1,6	3,9	2,2	3,5	5,3	9,2	7,4		27,6	31,5	1,0
AGOSTO	2013		0,6	1,3	2,2	2,7	4,7	11,5	7,1	7,6	11,9	16,9	11,8	0,6	55,9	67,4	2,2
SEPTIEMBRE	2013		0,5	1	2,8	4,8	6,6	15,7	10,7	13,1	12,2	12,7	6		54,7	70,4	2,3
OCTUBRE	2013			1,2	2,1	3,3	7,1	13,7	6,9	9,8	7,9	6,2	2,5		33,3	47	1,5
DICIEMBRE	2013	1,3	5,8	8,9	11,5	12,7	14	54,2	16,1	15,8	12	9,9	3,9	0,3	58	112,2	3,6

Tabla 3 Heliofanía del Cantón Babahoyo

Fuente: (INAMHI, 2013)

5.2.2 Orientación e inclinación

La orientación de los paneles fotovoltaicos deben ser de la siguiente manera: Se debe colocar hacia el sur si la implantación se encuentra en el hemisferio norte, y si se instala en el hemisferio sur se tendrá que orientarlo hacia el norte. Como el Ecuador se encuentra en el hemisferio sur se debe orientar a los paneles solares hacia el norte.

La inclinación de los paneles se las puede realizar de dos maneras:

Se debe conocer que Babahoyo se encuentra a una latitud de $01^{\circ}49'$ y se emplea para conocer de una manera teórica el ángulo de inclinación.

$$\beta = 3.7 + 0.69 * \phi$$

$$\beta = 3.7 + 0.69 * (01^{\circ}49')$$

$$\beta = 4.8^{\circ}$$



Ilustración 28: Ángulo de inclinación de los paneles solares

Fuente: (FV, TECNOLOGIA)

5.3 Dimensionamiento del generador fotovoltaico

INFORMACION DEL PANEL PV			
Marca y Modelo	LORENTZ LC175-24 M		
Tipo	MONOCRISTALINO		
Potencia (Wp)	175,00		
Vmp (V)	35,00	Voc (V)	44,40
Imp (A)	5,00	Isc (A)	5,04

Tabla 4 Especificaciones del Panel FV

Entonces tenemos que:

$$E = \frac{E_T}{R}$$

Dónde;

E= Energía consumida corregido [Wh]

E_T= Energía consumida teórica [Wh]

R= Coeficiente de pérdidas totales

Se va a considerar que el coeficiente de pérdidas totales es 0,8.

$$E = \frac{5.219,2 \text{ W}}{0,8}$$

$$E = 6.524 \text{ Wh}$$

Se va a dimensionar al generador el 1,65 de la Energía consumida teórica, debido que hay que considerar el momento de arranque de la motobomba.

$$E = (2.796 \text{ Wh})(1,65)$$

$$E = 10.764,6 \text{ Wh}$$

Número de paneles

$$N_p = \frac{10.764,6 \text{ Wh}}{(0,90)(175 \text{ W})}$$

$$N_p = 68$$

Se debe instalar 69 paneles solares. Su conexión se va a realizar en paralelo.

Se debe utilizar conductores eléctricos fotovoltaicos de sección de 4 mm^2 , debido a que la corriente máxima del generador es de 5 A, entonces tenemos:

$$I_C = 1,5 I_N$$

$$I_C = 1,5 (5 \text{ A})$$

$$I_C = 7,5 \text{ A}$$

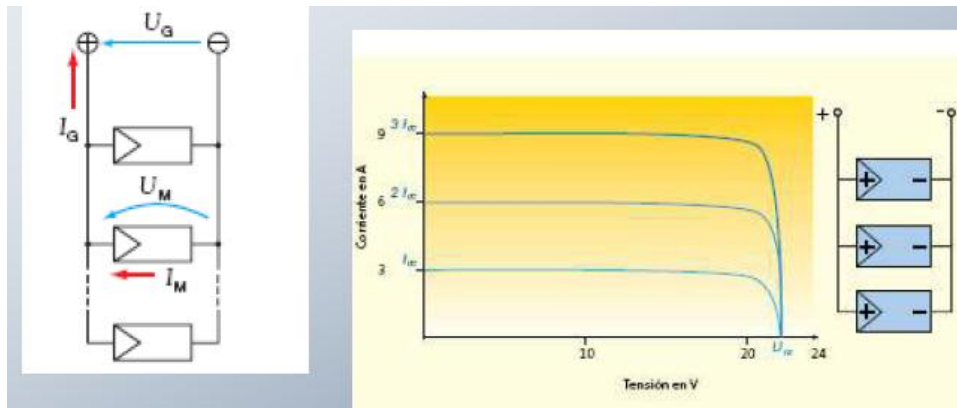


Ilustración 29. Configuración del generador en paralelo

Fuente: (eadic)

En la estructura de soporte van a ser colocados dos paneles solares, teniendo un área de $1,27 \text{ m}^2$ cada uno.

En total se va a utilizar 34 estructuras de soporte.



La estructura de soporte debe soportar una velocidad de viento que existe en el lugar de 9.27 km/h desde 30° NE .

5.5 Dimensionamiento del inversor

El dimensionamiento del inversor que se va a utilizar por cada fase debe tener las siguientes características:

- Una potencia de 10.764,6 VA
- Un voltaje nominal en la entrada de 24 V
- Un voltaje nominal en la salida de 220, 1 Φ
- Frecuencia 60 Hz

Se puede colocar un inversor monofásico con transformador de alta frecuencia. El cual consta de un puente tipo H, inversor que genera un voltaje alterno de alta frecuencia normalmente de 10 kHz, el cual es elevado al transformador y rectificado posteriormente para obtener una nueva tensión continua. Y por último tenemos un puente inversor que se encarga de sintetizar el voltaje alterno de salida a partir del alto voltaje continuo generado

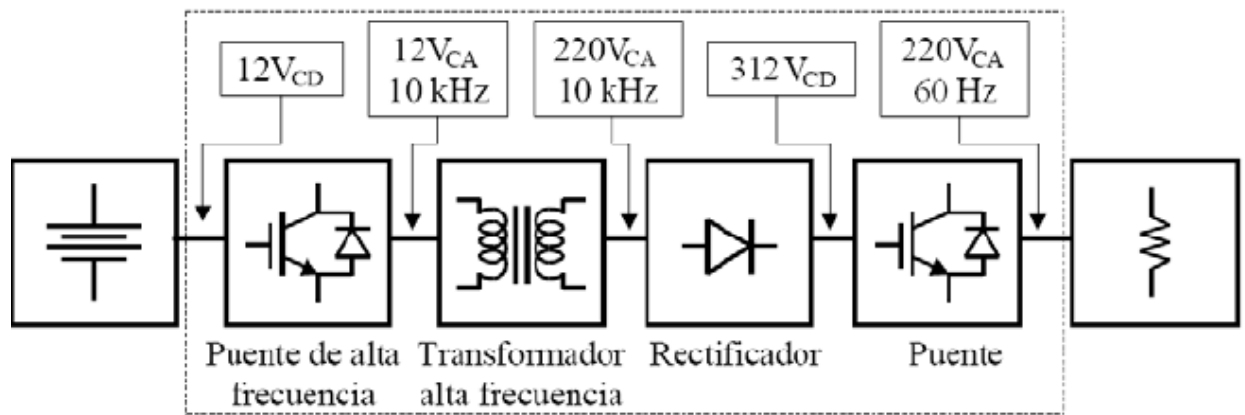


Ilustración 30 Inversor con transformador de alta frecuencia

Fuente: Tesis de Maestría, elaborado por José Cervantes Herrejón, México 2009

5.6 Mantenimiento de las instalaciones fotovoltaicas

Los componentes del sistema fotovoltaico tipo aislado, son fáciles de mantenimiento, cuando no se le da un mantenimiento preventivo su vida útil es menor.

5.6.1 Mantenimiento preventivo

5.6.1.1 Paneles Fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos son la parte fundamental de la instalación, el mantenimiento que se requiere es muy escaso, debido a la carencia de las partes móviles y a la estanquidad del mismo. Y puede ser efectuada por personal no cualificado.

El mantenimiento que se pueden ejecutar en los paneles fotovoltaicos son los siguientes:

5.6.1.1.1 Control de las características eléctricas del módulo

Para realizar este mantenimiento se deben medir la tensión e intensidad del panel en un cierto momento, también medir la irradiación incidente en ese mismo instante y la temperatura sobre el panel solar.

5.6.1.1.2 Limpieza periódica del panel

La suciedad que se va acumulando sobre la cubierta del panel, por lo que reduce su rendimiento y puede producir efectos de inversión similares a las producidas por sombras.

5.6.1.1.3 Inspección visual del panel

Este control visual tiene como objetivo verificar los siguientes aspectos:

- Ausencia de golpes o ralladuras en la cubierta de cristal frontal.
- Ausencia de golpes o deformaciones en los marcos del panel.
- Ausencia de burbujas en el encapsulaste.
- Comprobación del estado del Etileno-Vinilo-Acetado (EVA).
- Correcto estado de la caja de conexión.
- Ausencia de humedad en el interior del panel.

5.6.1.1.4 Control de conexiones y cableados

- Comprobación del apriete y estado de los terminales de los cables de conexión de los módulos.
- Comprobación de la estanquidad de la caja de terminales.

5.6.1.2 Estructura fija

El mantenimiento preventivo en la estructura no es muy exhaustivo, pero es necesario realizar lo siguiente:

- Correcto estado de la cimentación, verificando que no muestre signos de deterioro, grietas o desprendimiento de material
- Comprobación visual del estado de la tornillería. Que no falte ningún elemento de sujeción y que estos se encuentren apretados.
- Que uniones y anclajes de los paneles a la estructura no muestren signos de holgura, aflojamiento y vibraciones.

- Ausencia de puntos con oxidaciones, inicios de oxidación o carencia de galvanizado.

5.6.1.3 Cableado

El principal mantenimiento preventivo que se debe realizar es una inspección visual de su aislamiento y cubierta, y de los posibles empalmes que hayan podido ser necesarios realizar en la fase de instalación.

5.6.1.4 Inversor

El principal mantenimiento de estos equipos es:

- Verificar los siguientes parámetros: tensión, intensidad y potencia.
- Apriete de tornillos
- Limpieza
- Comprobar la ausencia de óxido.

5.6.1.7 Tabla del Mantenimiento preventivo

Equipo	Operación	Periodo de mantenimiento		
		Mensual	Semestral	Anual
Panel fotovoltaico	Limpieza	X		
	Verificación de las conexiones eléctricas.		X	
	Verificación de las características eléctricas.			X
Inversor	Limpieza		X	
	Verificar la ausencia de humedad y ruidos.		X	
	Medición de tensiones de entrada y salida		X	
Estructura	Verificación la ausencia de oxidaciones.		X	
	Comprobación visual de sujeción.		X	
Conductores	Comprobación del aislamiento			X
Protecciones	Comprobación de tomas a tierra			X
	Verificación de breakers			X

Tabla 5: Mantenimiento Preventivo en SFV

Fuente: (Autor)

5.6.2 Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo que se realiza principalmente en los paneles fotovoltaicos son:

5.6.2.1 Rotura del vidrio

La rotura del vidrio es una de las averías más frecuentes que se presenta en este elemento, se presenta en forma de astillado total, haciendo que su rendimiento se reduce un 30%.

5.6.2.2 Fallos en las conexiones de los paneles

En el estudio tenemos que considerar que las cajas de conexiones deben estar protegidas, ya que si hay humedad se produce caída de tensiones, y así se reduce la potencia generada.

CAPÍTULO 6

ESTUDIO AMBIENTAL E INICIATIVA DEL ESTADO ECUATORIANO Y ANÁLISIS FINANCIERO

6.1 Impacto Ambiental

6.1.1 Emisión de los Gases de Efecto Invernadero en el Ecuador

Las estadísticas señalan que en el Ecuador, la quema de combustibles para generación energética es la segunda causa de emisión de CO₂. En los últimos 4 años, se ha emitido un promedio anual de más de 4 millones de toneladas de CO₂ solamente por generación eléctrica.

Las investigaciones del Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) manifestó que las emisiones de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero originados por el hombre, elevarán la temperatura media mundial entre 1,4 °C y 5,8°C en los próximos 100 años. Dichos gases influirán también en las pautas meteorológicas, los recursos hídricos, los ciclos de las estaciones, los ecosistemas y los acontecimientos climáticos extremos. (CHUQUÍN VASCO NELSON SANTIAGO, 2011)

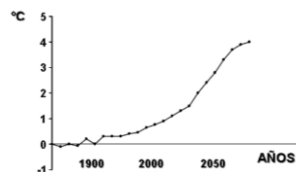


Ilustración 31: Incremento de temperatura en los próximos años debido a los
GEI

Fuente: (World Resources Institute , 1999)

6.1.2 Beneficios ambientales de la Energía Solar Fotovoltaica

Los beneficios que presentan en cuestión ambientales la energía solar fotovoltaica son las siguientes:

- No emite carbono, partículas ni otros contaminantes, a diferencia de la quema de combustibles fósiles.
- No generan ruido
- No contaminan el agua.
- No reduce el caudal de ríos y arroyos, en comparación de las centrales hidroeléctricas.

Los sistemas fotovoltaicos contribuyen a la reducción de emisiones causadas por la quema de combustibles fósiles, además contribuye al cumplimiento del Protocolo de Kioto. Según las investigaciones realizadas los sistemas fotovoltaicos, pueden reducir en el mundo 4.2 millones de toneladas de CO₂.

Según estudios se puede mencionar que en comparación de un generador a diesel con un sistema fotovoltaico, existe un promedio de alrededor de reducción de 1kg/kWh de CO₂ emitido al ambiente.

La quema de combustibles fósiles también comprende otras sustancias, como los óxidos de nitrógeno, el dióxido de azufre, que al mezclarse con el vapor de agua que se encuentra en la atmósfera reaccionan y se forma ácidos nítricos y sulfúricos, así generando la lluvia ácida. La lluvia ácida causa:

- Acidificación de masas de agua, bosques, praderas y cultivos.

6.1.3 Impacto ambiental del sistema fotovoltaico

Toda actividad humana produce un impacto ambiental, en los sistemas fotovoltaicos se genera tanto en la fabricación de los elementos, construcción y puesta en servicio del sistema fotovoltaico.

En la fabricación de las células de silicio mono cristalino, son producidas por silicio cristal, son construidas con productos químicos como ácido fluorhídrico, ácido nítrico e hidróxido sódico, ya que estos son utilizados en la depuración. Además para el dopado del silicio se utilizan gases tóxicos como el bromuro de hidrogeno o derivados del fosforo, estos afectan a la salud y al efecto invernadero.

6.2 Iniciativa del Estado Ecuatoriano

En la Ley de Régimen del Sector Eléctrico (LRSE) en el artículo 63, dispone la asignación prioritaria de recursos del Fondo de Electrificación Urbano Marginal (FERUM) a proyectos de generación no convencional, en el artículo 77 del Reglamento General de la LRSE, que dispone el fomento del Estado al uso de los recursos energéticos no convencionales mediante la adjudicación de fondos del FERUM, y a la regulación 008/08 del Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), la cual describe los procedimientos a seguir para la aprobación de proyectos de provisión de energía a sectores rurales y urbanos marginales.

En los proyectos de FERUM otorgan financiamiento para la generación fotovoltaica en el bombeo de agua por unidad instalada de \$ 4.000,00.

6.3 Análisis Financiero

6.3.1 Presupuesto de la implementación

PRESUPUESTO			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
68	PANELES SOLARES DE LC175-24M	\$ 550,00	\$ 37.400,00
34	ESTRUCTURAS DE SOPORTE	\$ 150,00	\$ 5.100,00
1	MOTOBOMBA	\$ 1.700,00	\$ 2.000,00
3	INVERSORES	\$ 300,00	\$ 900,00
30	CABLE THW, CALIBRE 12 AWG	\$ 0,50	\$ 15,00
15	CABLE THW, CALIBRE 14 AWG	\$ 0,40	\$ 6,00
3	BREAKER DE 25 A	\$ 15,00	\$ 45,00
3	CONTACTORES DE 25 A	\$ 40,00	\$ 120,00
3	INTERRUPTORES DE 25 A	\$ 20,00	\$ 60,00
3	RELÉS TÉRMICOS DE 20 A	\$ 40,00	\$ 120,00
3	FUSIBLES 25 A	\$ 10,00	\$ 30,00
			\$ 45.796,00

Tabla 6: Presupuesto del Sistema Fotovoltaico

CONCLUSIONES

Al finalizar este trabajo de Tesis he llegado a las siguientes conclusiones:

- Lo fundamental es que con la utilización de sistemas solares fotovoltaicos las emisiones de CO₂, se reducen ya que un 1 kg de CO₂/kWh, que se genera con la quema de combustibles en el Sector Agrícola.
- Además se pudo concluir que implementar este sistema es factible técnicamente, pero económicamente su costo de inversión inicial es alta, debido a que se requiere la instalación de un gran número de paneles solares.
- El Sistema fotovoltaico es de fácil mantenimiento preventivo, teniendo así un costo bajo.
- Se puede mencionar que en la posición geográfica en que se encuentra el territorio ecuatoriano, facilita el estudio, diseño e implementación de los sistemas fotovoltaicos, ya que todo el año el sol está perpendicularmente, lo que hace del sistema eficiente.
- La temperatura ambiente del Cantón Babahoyo, la mayor que se ha registrado fue de 33°C, lo cual debemos tener en cuenta, debido a que las células del panel posee una temperatura ambiente máxima es 25°C, lo que tendrá una disminución del 0,5% de su potencia, por cada grado de temperatura aumentado.

- Una de las principales desventajas del sistema fotovoltaico es su elevado costo de instalación, ya que en el presente proyecto experimental se requiere un capital de \$ 21.746,00, para cubrir el riego de 15 hectáreas.

RECOMENDACIONES

- Es recomendable utilizar las Atlas Solar del Ecuador, ya que registran valores de insolación aproximados en el Ecuador. Ya que es un documento aprobado por el CONELEC, para el impulso de energía no convencionales.
- Se recomienda que el presente estudio debe titularse de la siguiente manera “ Estudio y diseño de un sistema fotovoltaico solar tipo aislado, para alimentar a un sistema de bombeo directo en la Hacienda Los Ceibos, Ubicada en el Cantón Babahoyo.
- Se recomienda utilizar el Sistema solar fotovoltaico tipo aislado para alimentar cargas de pequeña capacidad, debido a su gran costo de instalación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Andreotti, J. I. (s.f.). Recuperado el 14 de 02 de 2014, de http://ingenieroandreotti.blogspot.com/2012/10/planta-solar-fotovoltaica-de-san-juan.html_QdBy
2. Autor. (s.f.).
3. Carlos Orbegozo, R. A. (2010). *Energía Solar Fotovoltaica " Manual Técnico para instalaciones domiciliarias"*. GREEN ENERGY.
4. CHUQUÍN VASCO NELSON SANTIAGO, M. S. (2011). "DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE UN SISTEMA PUBLICITARIO ALIMENTADO CON ENERGÍA SOLAR, Y CONTROLADO CON UN RELÉ INTELIGENTE (ZELIO)". RIOBAMBA.
5. Colección LNS. (1992). *Metodología de la investigación científica*. Ecuador: Lns.
6. COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIONES (GRUPO NAP). (2002). *Energía Solar Fotovoltaica*. Madrid, España: Gabriel Sala Pano.
7. CONELEC . (2008). *ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA*. Quito.
8. CONELEC. (2011). *REGULACIÓN 04/2011 "TRATAMIENTO PARA LA ENERGÍA PRODUCIDA CON RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVABLES NO CONVENCIONALES"*. Quito.

9. CONELEC. (2013). *Pliegos y Cargos Tarifarios*. Quito.
10. eadic. (s.f.). Recuperado el 15 de 02 de 2014, de <http://eadic.com/wp-content/uploads/2012/07/Conexion-de-modulos-en-serie-paralelo-Energia-Solar.png>
11. eadic. (s.f.). Obtenido de <http://eadic.com/wp-content/uploads/2012/07/Conexion-de-modulos-en-paralelo.png>
12. Empowerment-ITDG, G. (2005). *Manual de Capacitaciones Sistemas Fotovoltaicas*.
13. *FV, TECNOLOGIA*. (s.f.). Obtenido de <http://web.ing.puc.cl/~power/alumno09/fotovolt/tecnologia.htm>
14. Galarza Valarezo Geovanny, G. V. (2012). *Implementación de Energía Solar y Estudio de la Energía Eólica en Puerto Roma*. Guayaquil.
15. García López, M. (2010). *Manual de Mantenimiento de Instalaciones Fotovoltaicas*. España: PROGENSA.
16. Google Maps. (s.f.).
17. ICONTEC. (s.f.). *Diseño y fabricación de Bombas y Equipos Hidraulicos de Bombeo*.
18. INAMHI. (2013). *Helifania Efectiva*. Babahoyo.
19. INAMHI. (2014). *Boletín Climatológico*. Babahoyo.
200. Institut fur Elektrische Energietechnik. (s.f.). En R. Energiewandlung.

21. ITER. (2011). *Energía Solar Fotovoltaica*.
22. José María Méndez Muñiz, R. C. (2010). *Energía Solar Fotovoltaica*. Madrid: Fundación Confemetal.
23. MEER. (2013). *ELECTRIFICACIÓN RURAL CON ENERGÍAS RENOVABLES. ELECTRIFICACIÓN RURAL CON ENERGÍAS RENOVABLES*. Quito.
24. MEER. (2013). *ELECTRIFICACIÓN RURAL CON ENERGÍAS RENOVABLES*. Quito.
25. Méndez, J. M., & Cuervo García, R. (2010). *Energía Solar Fotovoltaica*. Madrid: Fundación CONFEMETAL.
26. Miguel, M. V. (2010). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. Madrid: Ediciones Paraninfo, SA.
27. Mott, R. L. (2006). *Mecánica de Fluidos, Sexta Edición*. México: Pearson Educación.
28. Municipio del Cantón Babahoyo. (2013). *Proyecto "Formulación de Planes de Contingencia por inundaciones a nivel cantonal y fortalecimiento institucional en el tema de Gestión de Riesgo"*. Babahoyo.
29. Nava, A. C. (2010).
30. OPEX energy. (2013). Obtenido de http://www.opex-energy.com/fotovoltaica/funcionamiento_fotovoltaica.html

31. (s.f.). Obtenido de
<http://www.unesa.net/unesa/html/sabereinvestigar/largoviaje/fotovolcomofuncionan.ht>
32. (s.f.). Obtenido de http://www.evwind.com/wp-content/uploads/2012/10/seguidor1ejemecasolar_original.jpg
33. Pareja. (2010). Cálculo de una instalación aislada. En *Energía Fotovoltaica* (pág. 90).
34. (s.f.). Photovoltaic Systems Engineering.
35. PLASTIGAMA. (s.f.). *Tuberías y accesorios de PVC Y PB ED Uso agrícola*.
36. RAS. (2000).
37. Robert L. Mott, S. E. (2006). Clasificación Tipos de Bombas. En R. L. Mott, *Mecánica de Fluidos* (pág. 386). México: Pearson Educación.
38. STECA. (2014). Recuperado el 14 de 02 de 2014, de
http://www.steca.com/index.php?Seleccion_de_los_reguladores
39. World Resources Institute . (1999). *Climate protection initiative.pdf 1999*.

ANEXOS

SIMBOLOGÍA

Símbolo	Parámetros	Unidades
v	Velocidad	m/s
Q	Caudal	m³/s
NR	Número de Reynolds	[]
D	Diámetro interior de la tubería	m
n	Viscosidad dinámica	Pa*s
ρ	Densidad del agua	kg/m³
f	Factor de fricción	[]
h_{LS}	Pérdidas totales en la línea de succión	M
h_{LD}	Pérdidas totales en la línea de descarga	M
h_{LT}	Pérdidas totales	M
h_A	Carga total sobre la bomba o Carga dinámica total	M
P_A	Potencia que transmite al fluido	W
P	Peso específico del agua	kN/m³
K	Coficiente de pérdidas	[]
e_M	Eficiencia de la bomba	%
W_P	Potencia pico	W
I_C	Corriente del conductor	A
I_B	Corriente del Breaker	A
I_{CT}	Corriente del contactor	A
I_T	Corriente del relé térmico	A

DIMENSIONES DE TUBERÍAS DE ACERO



F Dimensiones de tuberías de acero

TABLA F.1 Cédula 40.

Tamaño nom. de tubería (pulg)	Diámetro exterior		Espesor de pared		Diámetro interior			Flujo de área	
	(pulg)	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(pies)	(mm)	(pies ²)	(m ²)
¼	0.405	10.3	0.068	1.73	0.269	0.0224	6.8	0.000 394	3.660 × 10 ⁻⁵
¼	0.540	13.7	0.088	2.24	0.364	0.0303	9.2	0.000 723	6.717 × 10 ⁻⁵
¾	0.675	17.1	0.091	2.31	0.493	0.0411	12.5	0.001 33	1.236 × 10 ⁻⁴
½	0.840	21.3	0.109	2.77	0.622	0.0518	15.8	0.002 11	1.960 × 10 ⁻⁴
¾	1.050	26.7	0.113	2.87	0.824	0.0687	20.9	0.003 70	3.437 × 10 ⁻⁴
1	1.315	33.4	0.133	3.38	1.049	0.0874	26.6	0.006 00	5.574 × 10 ⁻⁴
1¼	1.660	42.2	0.140	3.56	1.380	0.1150	35.1	0.010 39	9.653 × 10 ⁻⁴
1½	1.900	48.3	0.145	3.68	1.610	0.1342	40.9	0.014 14	1.314 × 10 ⁻³
2	2.375	60.3	0.154	3.91	2.067	0.1723	52.5	0.023 33	2.168 × 10 ⁻³
2½	2.875	73.0	0.203	5.16	2.469	0.2058	62.7	0.033 26	3.090 × 10 ⁻³
3	3.500	88.9	0.216	5.49	3.068	0.2557	77.9	0.051 32	4.768 × 10 ⁻³
3½	4.000	101.6	0.226	5.74	3.548	0.2957	90.1	0.068 68	6.381 × 10 ⁻³
4	4.500	114.3	0.237	6.02	4.026	0.3355	102.3	0.088 40	8.213 × 10 ⁻³
5	5.563	141.3	0.258	6.55	5.047	0.4206	128.2	0.139 0	1.291 × 10 ⁻²
6	6.625	168.3	0.280	7.11	6.065	0.5054	154.1	0.200 6	1.864 × 10 ⁻²
8	8.625	219.1	0.322	8.18	7.981	0.6651	202.7	0.347 2	3.226 × 10 ⁻²
10	10.750	273.1	0.365	9.27	10.020	0.8350	254.5	0.547 9	5.090 × 10 ⁻²
12	12.750	323.9	0.406	10.31	11.938	0.9948	303.2	0.777 1	7.219 × 10 ⁻²
14	14.000	355.6	0.437	11.10	13.126	1.094	333.4	0.939 6	8.729 × 10 ⁻²
16	16.000	406.4	0.500	12.70	15.000	1.250	381.0	1.227	0.1140
18	18.000	457.2	0.562	14.27	16.876	1.406	428.7	1.553	0.1443
20	20.000	508.0	0.593	15.06	18.814	1.568	477.9	1.931	0.1794
24	24.000	609.6	0.687	17.45	22.626	1.886	574.7	2.792	0.2594

CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR

CALIBRE AWG ó MCM	SECCION mm ²	FORMACION No. de hilos por diámetro mm.	ESPEJOR AISLAMIENTO mm.	DIAMETRO EXTERIOR MM.	PESO TOTAL Kg/Km	CAPAC. DE CORRIENTE para 1 conductor al aire libre Amp.	CAPAC. DE CORRIENTE para 3 conductores en conduit Amp.	ALTERNAT. DE EMBALAJE.
14	2,08	1 x 1,63	1,14	3,91	31,60	30	20	A,B
12	3,31	1 x 2,05	1,14	4,33	44,50	35	25	A,C
10	5,26	1 x 2,59	1,14	4,87	64,40	50	35	A,D
8	8,34	1 x 3,26	1,52	6,30	104,50	70	50	A,B
14	2,08	7 x 0,62	1,14	2,28	33,20	30	20	A,B
12	3,31	7 x 0,78	1,14	4,14	46,90	35	25	A,C
10	5,26	7 x 0,98	1,14	4,62	67,50	50	35	A,D
8	8,37	7 x 1,23	1,52	5,98	116,60	70	50	A,B,E
6	13,30	7 x 1,55	1,52	6,73	170,40	95	65	A,E
4	21,15	7 x 1,96	1,52	7,69	255,50	125	85	A,E
2	33,62	7 x 2,47	1,52	8,92	388,90	170	115	A,E
1	42,36	7 x 2,78	2,03	11,47	482,90	195	130	A,D,E
1/0	53,49	19 x 1,89	2,03	13,51	621,00	230	150	D,E,Z
2/0	67,43	19 x 2,12	2,03	14,66	778,00	265	175	D,E,Z
3/0	85,01	19 x 2,39	2,03	16,01	934,00	310	200	D,E,Z
4/0	107,20	19 x 2,68	2,03	17,46	1159,00	360	230	D,E,Z
250	127,00	37 x 2,09	2,41	19,45	1368,00	405	255	Z
300	152,00	37 x 2,29	2,41	20,85	1623,00	445	285	Z
350	177,00	37 x 2,47	2,41	22,11	1876,00	505	310	Z
400	203,00	37 x 2,64	2,41	23,30	2128,00	545	335	Z
500	253,00	37 x 2,95	2,41	25,47	2631,00	620	380	Z
600	304,00	37 x 3,23	2,79	28,19	3174,00	690	420	Z
650	329,00	37 x 3,37	2,79	29,17	3345,00	725	440	Z
700	355,00	37 x 3,49	2,79	30,01	3609,00	755	460	Z



A Propiedades del agua

TABLA A.1 Unidades del SI
[101 kPa (abs)].

Temperatura (°C)	Peso específico γ (kN/m ³)	Densidad ρ (kg/m ³)	Viscosidad dinámica η (Pa·s)	Viscosidad cinemática ν (m ² /s)
0	9.81	1000	1.75×10^{-3}	1.75×10^{-6}
5	9.81	1000	1.52×10^{-3}	1.52×10^{-6}
10	9.81	1000	1.30×10^{-3}	1.30×10^{-6}
15	9.81	1000	1.15×10^{-3}	1.15×10^{-6}
20	9.79	998	1.02×10^{-3}	1.02×10^{-6}
25	9.78	997	8.91×10^{-4}	8.94×10^{-7}
30	9.77	996	8.00×10^{-4}	8.03×10^{-7}
35	9.75	994	7.18×10^{-4}	7.22×10^{-7}
40	9.73	992	6.51×10^{-4}	6.56×10^{-7}
45	9.71	990	5.94×10^{-4}	6.00×10^{-7}
50	9.69	988	5.41×10^{-4}	5.48×10^{-7}
55	9.67	986	4.98×10^{-4}	5.05×10^{-7}
60	9.65	984	4.60×10^{-4}	4.67×10^{-7}
65	9.62	981	4.31×10^{-4}	4.39×10^{-7}
70	9.59	978	4.02×10^{-4}	4.11×10^{-7}
75	9.56	975	3.73×10^{-4}	3.83×10^{-7}
80	9.53	971	3.50×10^{-4}	3.60×10^{-7}
85	9.50	968	3.30×10^{-4}	3.41×10^{-7}
90	9.47	965	3.11×10^{-4}	3.22×10^{-7}
95	9.44	962	2.92×10^{-4}	3.04×10^{-7}
100	9.40	958	2.82×10^{-4}	2.94×10^{-7}

FACTOR DE FRICCIÓN

Tamaño nominal de la tubería (pulg)	Factor de fricción f_f	Tamaño nominal de la tubería (pulg)	Factor de fricción f_f
1/2	0.027	3 1/2, 4	0.017
3/4	0.025	5	0.016
1	0.023	6	0.015
1 1/4	0.022	8-10	0.014
1 1/2	0.021	12-16	0.013
2	0.019	18-24	0.012
2 1/2, 3	0.018		

SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE RIEGO EN LA HACIENDA “LOS CEIBOS”



Línea de succión



Línea de descarga

DIAGRAMA DE INSTALACIÓN

