



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

TEMA:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA, ALIMENTADO POR UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA RIEGO POR GOTEO EN EL BARRIO RUMIPAMBA DE NAVAS- SALCEDO”

Propuesta de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico en Sistemas Eléctricos de Potencia

AUTORES:

Sangucho Changoluisa Jeferson Leonel

Villacis Chicaiza Bryan Geovanny

TUTOR:

Ing. Castillo Fiallos Jessica Nataly MSc.

LATACUNGA - ECUADOR

2021



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Nosotros, Sangucho Changoluisa Jeferson Leonel y Villacis Chicaiza Bryan Geovanny, declaramos ser autores del presente Proyecto de Investigación: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA, ALIMENTADO POR UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA RIEGO POR GOTEO EN EL BARRIO RUMIPAMBA DE NAVAS- SALCEDO”**, siendo la Ing. Jessica Castillo MS.c, Tutora del presente Trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente Trabajo Investigativo, es de mi exclusiva responsabilidad.

Sangucho Changoluisa Jeferson Leonel

C.I.: 185014176-1

Villacis Chicaiza Bryan Geovanny

C.I.: 055002322-0



AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el Título:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA, ALIMENTADO POR UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA RIEGO POR GOTEO EN EL BARRIO RUMIPAMBA DE NAVAS- SALCEDO”, de los señores Sangucho Changoluisa Jeferson Leonel y Villacis Chicaiza Bryan Geovanny, de la carrera de Ingeniería Eléctrica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de la Propuesta que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación

Latacunga, 11 de Marzo 2021

Ing. Jessica Paola Castillo Fiallos M.Sc

C.I: 060459021-6



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS; por cuanto, los postulantes: Sangucho Changoluisa Jeferson Leonel y Villacis Chicaiza Bryan Geovanny, con el Título de Proyecto de Titulación: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA, ALIMENTADO POR UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA RIEGO POR GOTEO EN EL BARRIO RUMIPAMBA DE NAVAS-SALCEDO”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

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

Latacunga, 11 de Marzo 2021

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)
PhD. Secundino Marrero
C.I: 175710790-7

Lector 2
Ing. Ángel León Segovia M.Sc
C.I: 050204135-3

Lector 3
Ing. Marco Aníbal León Segovia M.Sc
C.I: 175712194-0



AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Latacunga, 11 de Marzo 2021

Sr. Cristian Arias

Persona beneficiaria

Cantón Salcedo-Cotopaxi

Presente. -

En calidad de director de la carrera de INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, Certifico que mediante el proyecto de propuesta tecnológica **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA, ALIMENTADO POR UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA RIEGO POR GOTEO EN EL BARRIO RUMIPAMBA DE NAVAS- SALCEDO”** de los estudiantes de decimo ciclo **SANGUCHO CHANGOLUISA JEFERSON LEONEL** con C.I. **185014176-1** y **VILLACIS CHICAIZA BRYAN GEOVANNY** con C.I. **055002322-0**, realizaron la entrega sistema de riego por goteo alimentado mediante un sistema fotovoltaico; prototipo para el **BARRIO RUMIPAMBA DE NAVAS- SALCEDO**, trabajo que se implementó y se dejó en completo funcionamiento.

Es todo cuanto puedo cuantificar pudiendo hacer uso del mismo dentro de las leyes de la república y normas internacionales.

Atentamente

Sr. Cristian Arias

C.I.: 050311985-1

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios por la oportunidad de tener salud y vida, también doy gracias a mis padres ya que ellos con su apoyo moral y económico hicieron de mí una persona de bien con el principio de respeto hacia los demás, les doy gracias por formarme con la mentalidad de superarme día a día con el trabajo constante y el siendo el estudio la mejor manera de alcanzar mis objetivos.

Doy gracias a mis tíos por estar al pendiente de todo mi proceso universitario, agradecerles por su inmenso apoyo moral y económico, agradecerles por mostrarme el mejor de los caminos en los momentos más difíciles de mi vida, agradecerles por sus consejos estos fueron un motivo de mucha importancia para un cambio en mi mentalidad.

Doy gracias a mis amigos y personas más cercanas que siempre han estado junto a mí con sus palabras de apoyo por ser aquellos que se convirtieron en segundos hermanos y compartir muchas alegrías en este hermoso proceso universitario.

Doy gracias a mi novia por estar conmigo en las buenas y malas en mi proceso universitario, tu ayuda ha sido fundamental en el proceso de la tesis, gracias por ser aquella persona que estuvo a mi lado en todo momento.

SANGUCHO CHANGOLUISA JEFERSON LEONEL

DEDICATORIA

Dedico este proyecto principalmente a Dios por ser nuestro protector y darme la fuerza necesaria para terminar este proceso tan anhelado.

A mis padres por estar junto a mí y brindarme todo su amor, confianza, cariño, trabajo y sacrificio en cada una de mis decisiones en el transcurso de mi carrera universitaria, por darme en mi vida los valores éticos y morales siendo ustedes los mejores ejemplos, gracias a ustedes he llegado hasta aquí y convertirme en un profesional. Tengo el honor, orgullo y privilegio de ser hijo de ustedes.

A mis tíos y hermanos (as) por ser aquellos que siempre confiaron en mí en que lo podría lograr, por ser quienes veían en mi un gran ejemplo de superación y constancia.

A mi novia por entenderme en todo momento, este proyecto no fue fácil pero tu ayuda es y será fundamental en mi vida, te dedico este proyecto por ser aquella persona que igual que a nosotros entrego su tiempo y esfuerzo para que esta tesis tenga los mejores resultados.

SANGUCHO CHANGOLUISA JEFERSON LEONEL

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento especial a dios por haberme brindado salud y vida de igual manera el agradecimiento a mi madre por el amor, cariño y apoyo económico e incondicional que me brindo con sus concejos morales y éticos que nos inculcaron por el camino del bien a mi persona nunca dejaron de preocuparse hasta en la cosa más mínima en el transcurso de mi carrera y que pudiera culminar con éxito.

Doy gracias a mis amigos y personas más cercanas que siempre han estado alentándome para ser un hombre responsable e íntegro y darme esas palabras que me fortalecieron durante mi carrera estudiantil.

Finalmente, pero no menos importante un agradecimiento especial a la Universidad Técnica de Cotopaxi, principalmente a los docentes que conforman parte de la carrera de Ingeniería Eléctrica, quienes marcaron con sus enseñanzas el futuro de todos nosotros.

VILLACIS CHICAIZA BRYAN GEOVANNY

DEDICATORIA

Dedico este proyecto principalmente a dios, a mis abuelitos, quienes me guiaron por el camino del bien y me dieron las fuerzas necesarias para lograr culminar un objetivo propuesto en la vida el ser un profesional y poder brindar mis servicios a la comunidad.

A mi madre que es el pilar fundamental en mi vida, quien con su paciencia, amor, esfuerzo y trabajo inculco en mí el ejemplo de esfuerzo dedicación y valentía con lo cual he logrado cumplir un sueño anhelado y ser un profesional.

A mi familia y novia por la confianza y dedicación brindada hacia mí, por el apoyo en mis altos y bajos en el transcurso de mi diario vivir y en el transcurso de mi vida universitaria.

VILLACIS CHICAIZA BRYAN GEOVANNY

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	¡Error! Marcador no definido.
AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTO	viii
DEDICATORIA	ix
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
RESUMEN.....	xivii
ABSTRACT.....	xviii
AVAL DE TRADUCCIÓN	xix
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	2
2.1. Título de la Propuesta Tecnológica	2
2.2. Tipo de proyecto/alcance	2
2.3. Área del Conocimiento	2
2.4. Sinopsis de la propuesta.....	3
2.5. Objeto de Estudio y Campo de Acción.....	3
2.5.1. Objeto de Estudio	3
2.5.2. Campo de Acción	3
2.6. Situación Problémica y Problema.....	3
2.6.1. Situación Problémica.....	3
2.6.2. Problema	4
2.7. Hipótesis o Formulación de Pregunta Científica.....	4

2.8. Objetivos	4
2.8.1. Objetivo General	4
2.8.2. Objetivos Específicos	4
2.9. Descripción de las Actividades y Tareas Propuestas con los Objetivos Establecidos.....	5
3. MARCO TEÓRICO.....	7
3.1. Antecedentes.....	7
3.2. Energía fotovoltaica en el Ecuador.....	7
3.3. Radiación Solar.....	8
3.4. Unidades utilizadas en la Energía Solar Fotovoltaica.....	10
3.5. Principio fotovoltaico.....	11
3.6. Sistema Fotovoltaico.....	11
3.7. Módulos fotovoltaicos.....	12
3.8. Paneles Solares	13
3.9. Regulador de carga	14
3.10. Inversor	16
3.10.1. Inversores Autónomos	16
3.10.2. Inversores conectados a la Red	17
3.11. Batería fotovoltaica.....	20
3.11.1. Partes de una batería fotovoltaica.....	20
3.11.2. Principales parámetros de una batería fotovoltaica	20
3.12. Movimiento del Sol	21
3.12.1. Declinación (d).....	22
3.12.2. Latitud Geográfica (L).....	23
3.12.3. Inclinación (S).....	23
3.12.4. Orientación (g)	24
3.12.5. Ángulo Horario (w).....	24
3.12.6. Angulo de incidencia de la radiación solar (A).....	25

3.13. Sistemas de bombeo de agua.....	25
3.14. Sistema de Riego por goteo.....	25
3.15. Caudalímetro	26
3.16. Bombas Hidráulicas	26
4. METODOLOGÍA	28
4.1. Diseño de la Investigación	28
4.1.1. Tabla de Variables.....	28
4.1.2. Variables en el Sistema.....	28
4.2. Procedimiento de Campo	28
4.3. Procedimiento Experimental	29
4.4. Métodos de Estudio	29
4.4.1. Método Científico.....	29
4.4.2. Método Deductivo	30
4.4.3. Método Cuantitativo	30
4.5. Técnicas.....	31
4.5.1. Instrumentos de medición.....	31
4.6. Sistema de Bombeo	31
4.6.1. Determinación del abastecimiento para el diseño del sistema de bombeo.....	31
4.6.2. Periodo de diseño del sistema de bombeo	32
4.6.3. Número de plantas a regar	33
4.6.4. Caudal de diseño	33
4.6.5. Lámina de agua	34
4.6.6. Volumen de agua.....	34
4.6.7. Pérdidas de carga.....	35
4.6.8. Potencia de la bomba.....	35
4.6.9. Duración del riego	35
4.7. Diseño del Sistema fotovoltaico	36

4.7.1. Procedimiento para el diseño	36
4.7.2. HSP (Horas Sol Pico en Ecuador).....	36
4.7.3. Diseño del Sistema Fotovoltaico.....	37
4.7.4. Especificaciones de los equipos para el diseño del sistema fotovoltaico	37
4.7.5. Gabinete Metálico	37
4.8. Requerimientos del Sistema Fotovoltaico.....	37
4.8.1. Requerimientos Generales	37
4.8.2. Selección del voltaje del sistema.....	38
4.9. Dimensionamiento de los equipos del Sistema Fotovoltaico.....	38
4.9.1. Angulo de inclinación de los paneles	39
4.9.2. Angulo Azimut.....	39
4.9.3. Energía real necesaria.....	40
4.9.4. Números de Paneles Fotovoltaicos.....	41
4.9.5. Sistema de Acumulación (Baterías)	42
4.9.6. Dimensionamiento del regulador de carga	43
4.9.7. Selección del Inversor del Sistema Fotovoltaico	44
4.9.8. Selección del Calibre del conductor	45
4.9.9. Dimensionamiento de las Protecciones del Sistema Fotovoltaico	46
4.10. Conexiones del Sistema Fotovoltaico.....	46
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS	47
5.1. Cálculos del Sistema de bombeo	47
5.1.1. Cálculo del número de plantas a regar.....	47
5.1.2. Cálculo de la lámina de agua	48
5.1.3. Cálculo volumen de agua.....	48
5.1.4. Cálculo de las pérdidas de carga	49
5.1.5. Cálculo de la potencia de la bomba.....	50
5.1.6. Cálculo de la duración de riego.....	50

5.2. Cálculos del Sistema Fotovoltaico.....	52
5.2.1. Cálculo del Ángulo de inclinación del panel solar.....	52
5.2.2. Cálculo del ángulo azimut	52
5.2.3. Cálculo de la Energía Real Necesaria.....	52
5.2.4. Cálculo del número de paneles fotovoltaicos	53
5.2.5. Cálculo del número de baterías	53
5.2.6. Cálculo del Regulador de Carga.....	54
5.2.7. Cálculo del Inversor.....	55
5.2.8. Calculo del Calibre de conductor	55
5.2.9. Cálculo de protecciones	57
5.2.10. Cálculo de las Protecciones del Sistema Fotovoltaico	58
6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS	59
6.1. Análisis de Impactos	60
6.1.1. Impacto Social.....	60
6.1.2. Impacto Tecnológico	60
6.1.3. Impacto Ambiental	60
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
7.1. Conclusiones.....	61
7.2. Recomendaciones	61
8. REFERENCIAS.....	62
9. ANEXOS.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Grilla de Insolación Solar, [7].	8
Figura 2. Mapa Solar del Ecuador, [7]......	9
Figura 3. Insolación Directa, Difusa, Global, [7].	10
Figura 4. Efecto Fotovoltaico, [7]......	13
Figura 5. Paneles solares, [12]......	14

Figura 6. Regulador de carga para paneles solares, [15].....	16
Figura 7. Estructura de un Inversor, [16].....	18
Figura 8. Arquitectura “AC module, [16].	19
Figura 9. Arquitectura AC-serie, [16].....	19
Figura 10. Batería para sistemas fotovoltaicos, [17].	20
Figura 11. Meridiana, [14].	22
Figura 12. Angulo de Declinación, [14].....	22
Figura 13. Latitud Geográfica, [14].....	23
Figura 14. Inclinación, [14].....	23
Figura 15. Ángulo de Orientación, vista superior de un módulo solar, [14].....	24
Figura 16. Ángulo Horario, [14].....	24
Figura 17. Ángulo de Incidencia, [14].	25
Figura 18. Sistema de Riego por Goteo, [19].....	26
Figura 19: Categorías Fundamentales	28
Figura 20. Distribución de los Invernaderos para el sistema de bombeo.	32
Figura 21. Localización del Pozo y bomba de agua.	32
Figura 22. Datos técnicos de la bomba para el sistema de bombeo, [27].	34
Figura 23. Ángulo del azimut, [1].	40
Figura 24. Panel solar a implementar 200W, [29].....	42
Figura 25: Conexión del sistema fotovoltaico.....	46
Figura 26. Irradiación Solar del mes de Enero – Ecuador	75
Figura 27. Irradiación Solar del mes de Febrero – Ecuador.....	75
Figura 28. Irradiación Solar del mes de Marzo – Ecuador	76
Figura 29. Irradiación Solar del mes de Abril – Ecuador	76
Figura 30. Irradiación Solar del mes de Mayo – Ecuador.....	77
Figura 31. Irradiación Solar del mes de Junio – Ecuador	77
Figura 32. Irradiación Solar del mes de Julio – Ecuador	78
Figura 33. Irradiación Solar del mes de Agosto – Ecuador	78
Figura 34. Irradiación Solar del mes de Septiembre – Ecuador	79
Figura 35. Irradiación Solar del mes de Octubre – Ecuador	79
Figura 36. Irradiación Solar del mes de Noviembre – Ecuador	80
Figura 37. Irradiación Solar del mes de Diciembre – Ecuador	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Actividades y Sistema de Tareas en relación a los objetivos planteados.	5
Tabla 2. Sistema de Unidades en un Sistema Fotovoltaico, [7].	10
Tabla 3: Variable Independiente y Dependiente	28
Tabla 4: Variables para el sistema fotovoltaico a implementarse.	31
Tabla 5. Valores mensuales de Irradiación Solar	36
Tabla 6. Voltaje recomendado para sistemas fotovoltaicos, [29].	38
Tabla 7. Determinación de las cargas en corriente alterna.....	38
Tabla 8. Selección de conductores eléctricos para cada circuito.....	58
Tabla 9. Protecciones de circuitos en módulo solar fotovoltaico	58
Tabla 10. Tabla de Presupuesto global del Proyecto por tipo de recurso	59
Tabla 11. Tabla de Materiales y Suministros (Gastos Directos)	59

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: “Diseño e implementación de un sistema de bombeo de agua, alimentado por un sistema fotovoltaico para riego por goteo en el Barrio Rumipamba de Navas- Salcedo”

Autores: Sangucho Changoluisa Jeferson Leonel
Villacís Chicaiza Bryan Geovanny

RESUMEN

Hoy en día, la falta de suministro eléctrico en lugares de difícil acceso en zonas agrícolas ha desencadenado varios problemas uno de ellos la falta del líquido vital para los sembríos. Por este motivo el uso de tecnologías fotovoltaicas es adecuado para la obtención de energía eléctrica en lugares de difícil comercialización y distribución. Es por ello que la presente tesis tiene como objetivo la implementación de un sistema de bombeo de agua alimentado por un sistema fotovoltaico para riego por goteo en el Barrio Rumipamba de Navas-Salcedo mediante una metodología experimental y de campo se realizó la propuesta tecnológica con el propósito de abastecer alternadamente con un sistema de bombeo a tres invernaderos de tomate riñón cuyas áreas son Invernadero 1 $S_1 = 3000 m^2$, invernadero 2 $S_2 = 2000 m^2$, invernadero 3 $S_3 = 1300 m^2$; los cuales carecen de líquido vital, por otra parte se utilizaron 3 paneles solares como elemento fundamental en el sistema fotovoltaico también se utilizaron 3 baterías como un sistema de acumulación a su vez un regulador de carga encargado del proceso de cargas y descargas de las baterías y un inversor del sistema fotovoltaico el cual deberá transformar distintas tensiones de carga y una bomba de $\frac{3}{4}$ de HP para el riego de todos los invernaderos. Como resultado de la implementación se determinó que funciona correctamente, el arranque de la bomba fue normal con una corriente de 6 A y una corriente máxima de 34 A de los paneles.

Palabras Claves: Fotovoltaico, Paneles, Regulador, Baterías, Bombeo.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

THEME: "Design and implementation of a water pumping system, powered by a photovoltaic system for drip irrigation in the neighborhood Rumipamba of Navas - Salcedo"

Author: Sangucho Changoluisa Jeferson Leonel
Villacis Chicaiza Bryan Geovanny

ABSTRACT

Nowadays, the lack of electricity supply in hard-to-reach places in agricultural areas has caused several problems, one of them being the lack of vital liquid for crops. Therefore, the use of photovoltaic technologies is suitable for obtaining electricity in places of difficult commercialization and distribution. That is why this thesis aims to implement a water pumping system powered by a photovoltaic system for drip irrigation in the neighborhood Rumipamba of Navas Cantón - Salcedo through an experimental and field methodology a technological proposal was made in order to supply alternatively with a pumping system to three greenhouses of kidney tomato whose areas are Greenhouse 1 $S_1 = 3000 \text{ m}^2$, greenhouse 2 $S_2 = 2000 \text{ m}^2$, greenhouse 3 $S_3 = 1300 \text{ m}^2$; which lack of vital liquid, on the other hand, 3 solar panels were used as a fundamental element in the photovoltaic system, 3 batteries were also used as an accumulation system, as well as a charge regulator in charge of the charge and discharge process of the batteries and an inverter of the photovoltaic system which will transform different charge voltages and a $\frac{3}{4}$ HP pump for the irrigation of all the greenhouses. As a result, the implementation was verified to be working correctly, as the pump start-up was normal with a current of 6 A and a maximum current of 34 A from the panels.

Keywords: Photovoltaic, Panels, Regulator, Batteries, Pumping



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por el señor Egresado de la Carrera de **INGENIERÍA ELÉCTRICA** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS: SANGUCHO CHANGOLUISA JEFERSON LEONEL Y VILLACIS CHICAIZA BRYAN GEOVANNY**, cuyo título versa “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA, ALIMENTADO POR UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA RIEGO POR GOTEO EN EL BARRIO RUMIPAMBA DE NAVAS- SALCEDO**”, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

Latacunga, Marzo del 2021

Atentamente,

M.Sc. ERIKA CECILIA BORJA SALAZAR
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
0502161094

1803027935 Firmado
VICTOR digitalmente por
HUGO 1803027935
ROMERO VICTOR ROMERO GARCIA
GARCIA Fecha: 2021.03.11
13:09:59 -05'00'

1. INFORMACIÓN GENERAL

Propuesto por:

SANGUCHO CHANGOLUISA JEFERSON LEONEL

VILLACIS CHICAIZA BRYAN GEOVANNY

Tema Aprobado:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA, ALIMENTADO POR UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA RIEGO POR GOTEO EN EL BARRIO RUMIPAMBA DE NAVAS- SALCEDO”

Carrera:

Ingeniería Eléctrica

Tutor de la propuesta tecnológica, Asesor Técnico (1)

Ing. Jessica Castillo M.Sc

Equipo de Trabajo: Sangucho Jeferson, Villacis Bryan

Lugar de ejecución: Barrio Rumipamba de Navas

Región: Zona 3,

Provincia: Cotopaxi,

Cantón: Salcedo,

Parroquia: San Miguel

Tiempo de duración de la propuesta:

6 MESES - CALENDARIO

Fecha de inicio: Noviembre del 2020

Fecha de entrega: Marzo del 2021

Línea de investigación:

Línea 5. Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Sub líneas de investigación de la carrera:

Sub Línea 2. Control y sistemas inteligentes.

Tipo de Propuesta Tecnológica

La propuesta tecnológica es de carácter innovador y está enfocada en el diseño e implementación de un sistema de bombeo de agua y alimentado por un sistema fotovoltaico además de controlar las variables que intervienen en el proceso del proyecto tales como: potencia, voltaje, corriente; tomando en cuenta que la implementación del proyecto es en beneficio para el Barrio Rumipamba de Navas del Cantón Salcedo.

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1. Título de la Propuesta Tecnológica

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA, ALIMENTADO POR UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA RIEGO POR GOTEO EN EL BARRIO RUMIPAMBA DE NAVAS- SALCEDO”.

2.2. Tipo de proyecto/alcance

a) Multipropósito

Este trabajo está destinado para el beneficio del Barrio Rumipamba de Navas del Cantón Salcedo, el cual tiene por propósito abastecer a ciertas plantaciones que carecen del líquido vital para sus sembríos mediante la implementación de un sistema fotovoltaico y así poder alimentar a la bomba de agua.

b) Desarrollo

El desarrollo de este proyecto se basa en el ámbito del diseño de un sistema de bombeo de agua y la implementación de un sistema fotovoltaico donde se aplica una serie de variables de estudio como son: Potencia, Voltaje, Corriente; para determinado abastecimiento de energía en lugares de difícil acceso.

2.3. Área del Conocimiento

Ingeniería, industria y construcción

2.4. Sinopsis de la propuesta

El presente proyecto tiene como finalidad el diseño e implementación de un sistema de bombeo para una plantación de tomate; con este sistema permitirá al el Barrio Rumipamba de Navas y en especial a los habitantes, además se implementará un sistema fotovoltaico como instrumento para la gestión de energía el cual permitirá alimentar a la bomba que abastecerá al cultivo con el líquido vital.

2.5. Objeto de Estudio y Campo de Acción

2.5.1. Objeto de Estudio

El sistema de bombeo para evaluar el consumo de energía eléctrica generado por el sistema fotovoltaico.

2.5.2. Campo de Acción

La implementación de un sistema fotovoltaico para alimentar al sistema de bombeo de los cultivos situados en el Barrio Rumipamba de Navas del Cantón Salcedo.

2.6. Situación Problémica y Problema

2.6.1. Situación Problémica

Las necesidades y problemas que encontramos en países en vías de desarrollo son muy diferentes a los que presentan los países desarrollados, consecuentemente, las soluciones para ambos escenarios van a ser también muy diferentes y por esa razón, en un país en desarrollo no podemos automáticamente usar una tecnología que ha sido originalmente desarrollada para un país desarrollado; es por ello que los sistemas de bombeo alimentados con paneles fotovoltaicos no son muy utilizados en los sectores agrícolas.

Dado que la tecnología fotovoltaica es un factor esencial en la producción de energía en ciertos países y la introducción de nuevas tecnologías o el desarrollo de las existentes en una sociedad constituye uno de los medios para contribuir a su desarrollo, de ahí la importancia de la cooperación técnica, en sus múltiples variantes, como parte de la cooperación al desarrollo y por ende la implementación de dicha tecnología en lugares de difícil acceso a la energía hace que el proyecto sea muy beneficioso.

En la actualidad este tipo de tecnologías fotovoltaicas son adecuadas para la obtención de energía eléctrica en lugares distantes donde se hace difícil la comercialización y distribución de la misma, es por ello que dicha tecnología es caracterizada por su accesible instalación y costo relativamente bajo y su fácil utilización por la población y su sostenibilidad ambiental, por lo tanto estos factores se deben tener en cuenta a la hora de plantear el proyecto en el Barrio Rumipamba de Navas Cantón Salcedo.

2.6.2. Problema

La falta de suministro eléctrico para alimentar al sistema de bombeo de agua en los cultivos situados en el Barrio Rumipamba de Navas Cantón Salcedo.

2.7. Hipótesis o Formulación de Pregunta Científica

¿Con la implementación del Sistema fotovoltaico para alimentar al sistema de bombeo de agua, se logrará abastecer del líquido vital a los cultivos del Barrio Rumipamba de Navas Cantón Salcedo?

2.8. Objetivos

2.8.1. Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema de bombeo de agua, alimentado por un sistema fotovoltaico para riego por goteo en el Barrio Rumipamba de Navas Cantón Salcedo.

2.8.2. Objetivos Específicos

- Investigar mediante referencias bibliográficas sobre los diferentes sistemas de bombeo para determinar los componentes necesarios que se utilizara en la implementación de dicho sistema.
- Determinar los distintos componentes necesarios para la implementación del sistema fotovoltaico.
- Implementar y evaluar el sistema fotovoltaico para la alimentación del sistema de bombeo de agua y así poder abastecer a los cultivos de líquido vital.
- Realizar un manual para dar a conocer las instrucciones acerca del funcionamiento del sistema fotovoltaico en el Barrio Rumipamba de Navas Cantón Salcedo.

2.9. Descripción de las Actividades y Tareas Propuestas con los Objetivos Establecidos

Tabla 1: Actividades y Sistema de Tareas en relación a los objetivos planteados.

Objetivos Específicos	Actividades (Tareas)	Resultado de la Actividad	Descripción de la actividad (Técnica e Instrumentos)
Investigar mediante referencias bibliográficas sobre los diferentes sistemas de bombeo.	<ul style="list-style-type: none"> - Recopilar de la información referente al sistema de bombeo de agua. - Conocer de los distintos tipos de sistemas de bombeo de agua. - Indagar en sistemas de bombeo de agua ya implementados en distintos lugares del país. 	Desarrollo del marco teórico y metodología de la propuesta tecnológica.	Investigación Científica
Determinar los distintos componentes necesarios para la implementación del sistema fotovoltaico.	<ul style="list-style-type: none"> - Describir de cada uno de los equipos necesarios para la implementación del sistema. - Especificar de cada uno de los elementos para la implementación del sistema fotovoltaico. - Detallar los requerimientos necesarios para la implementación. 	Adquisición de los equipos necesarios para la implementación del sistema.	Investigación de Campo
Implementar y evaluar el sistema fotovoltaico para la alimentación del sistema de bombeo	<ul style="list-style-type: none"> - Implementar la estructura para la ubicación de los paneles 	Diseño del sistema fotovoltaico para la	Investigación Experimental

<p>de agua y así poder abastecer a los cultivos de líquido vital.</p>	<p>fotovoltaicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Instalar los componentes del sistema fotovoltaico. - Verificar del funcionamiento del sistema de bombeo de agua y sistema fotovoltaico. 	<p>alimentación del sistema de bombeo de agua.</p> <p>Implementación del sistema fotovoltaico y de bombeo.</p> <p>Ensayos y Pruebas.</p>	
<p>Realizar un manual para dar a conocer las instrucciones acerca del funcionamiento del sistema fotovoltaico en el Barrio Rumipamba de Navas Cantón Salcedo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar una capacitación para explicar el funcionamiento del sistema fotovoltaico. - Describir los pasos necesarios para la puesta en marcha del sistema implementado. - Explicar al encargado del cultivo el funcionamiento del sistema implementado. 	<p>Folleto con las indicaciones necesarias para la puesta en marcha del proyecto implementado.</p>	<p>Investigación de campo</p>

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes

Según [1] donde habla acerca de “La energía solar y eólica se denominan renovables debido a que son un recurso inagotable respecto del ciclo de vida humano. Además, presentan la característica de ser abundantes y limpias. Las fuentes renovables de energía tienen un gran potencial para la generación de energía. Así, por ejemplo, la tecnología fotovoltaica que transforma directamente la luz solar en electricidad, ha mostrado ser de gran utilidad para la generación de energía eléctrica en lugares apartados y remotos”.

Según [2] donde hablan de: “El bombeo de agua con energía solar fotovoltaica (FV) es una aplicación de especial interés en sistemas aislados, esta tecnología ha demostrado a lo largo de los años ser un modo efectivo de suministro de agua para usuarios y comunidades rurales, así como para aplicaciones agrícolas y ganaderas”.

Según [3] hablan de: “Un sistema de bombeo consiste en un conjunto de elementos que permiten el transporte a través de tuberías desde una fuente de almacenamiento de líquido, de forma que se cumplan las especificaciones de caudal necesarias en los diferentes sistemas y procesos”.

Según [4] donde dice que: “El aprovechamiento de la luz solar tiene diferentes aplicaciones entre las que se destaca la electrificación en zonas rurales. Actualmente existen diferentes componentes para captar la energía solar una de ellas es mediante paneles fotovoltaicos estos dispositivos producen corriente continua en el mercado existe una gran variedad de productos de diferentes características convertidores, baterías, e incluso se la utiliza para el bombeo de agua en la agricultura”.

3.2. Energía fotovoltaica en el Ecuador

La ubicación geográfica del Ecuador, lo convierte en un país privilegiado en lo que a recurso 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, situación que no ocurre en otros sitios del planeta, en donde el ángulo de incidencia de la luz solar, varía acorde a las estaciones del año.

Esta ventaja posicional del Ecuador, se traduce en la recepción de una mayor y constante cantidad de radiación solar, misma que varía dentro del territorio nacional únicamente por

condiciones climatológicas locales y que varían además de acuerdo a la cercanía o lejanía del Sol.

Desde agosto del 2008, el Ecuador cuenta ya con un Atlas de Irradiación Solar, desarrollado por la Corporación para la Investigación Energética, en la que se pueden encontrar datos georeferenciados sobre radiación global, difusa y directa en el Ecuador continental. Este atlas constituye una importante herramienta para la investigación y desarrollo de proyectos en materia de energía solar [9].

3.3. Radiación Solar

La radiación solar, son formas de energía que desde el sol se distribuyen y llega a la Tierra, como consecuencias de las reacciones nucleares que se producen en el Sol. Son las reacciones nucleares que producen energía, las cuales se trasladan por el espacio en forma de onda partícula y que dicha energía no es absorbida el 100% como efecto de choques, inducciones y otros fenómenos, por lo que se puede aprovechar en campos tecnológicos, sabiendo que la temperatura promedio en el sol es de 5500 °C [6].

Los datos así, a través de su base de datos de respaldo, fueron analizados estadísticamente para conocer su comportamiento y de esta manera escoger el mejor interpolador que se asemeje de mejor manera al fenómeno analizado, una vez escogido el interpolador, se obtuvieron celdas de información con una resolución de 1 Km², ver figura 1.

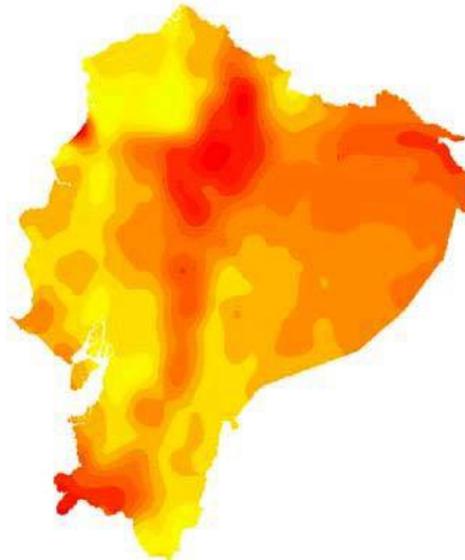


Figura 1. Grilla de Insolación Solar, [7].

Este proceso se repitió para cada mes dentro de las insolaciones directa, difusa y global, obteniéndose un total de 36 mapas mensuales, más 3 que corresponden a los promedios anuales, dando un juego de 39 mapas. Cada grilla obtenida a través de este proceso, generó una base de datos de aproximadamente 248 000 puntos para cada cobertura en celdas de 1 km², dando un total de 9 600 000 registros con información de los tres tipos de insolaciones ver figura 2 [7].

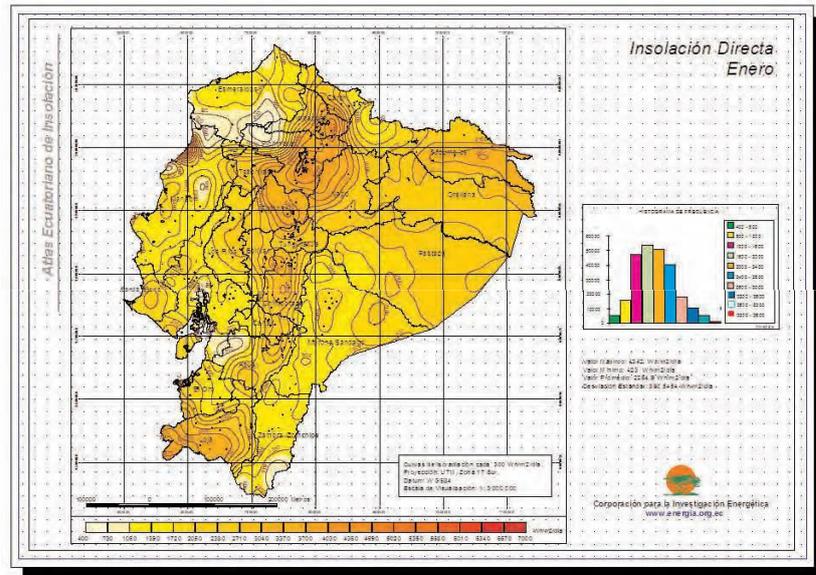


Figura 2. Mapa Solar del Ecuador, [7].

Se incorporó además para cada uno de los mapas, isohelias a distintos intervalos para tener una mejor visualización de los Wh/m²/día presentes en las zonas del país. En la figura 3 se puede observar la insolación en el mes de enero.

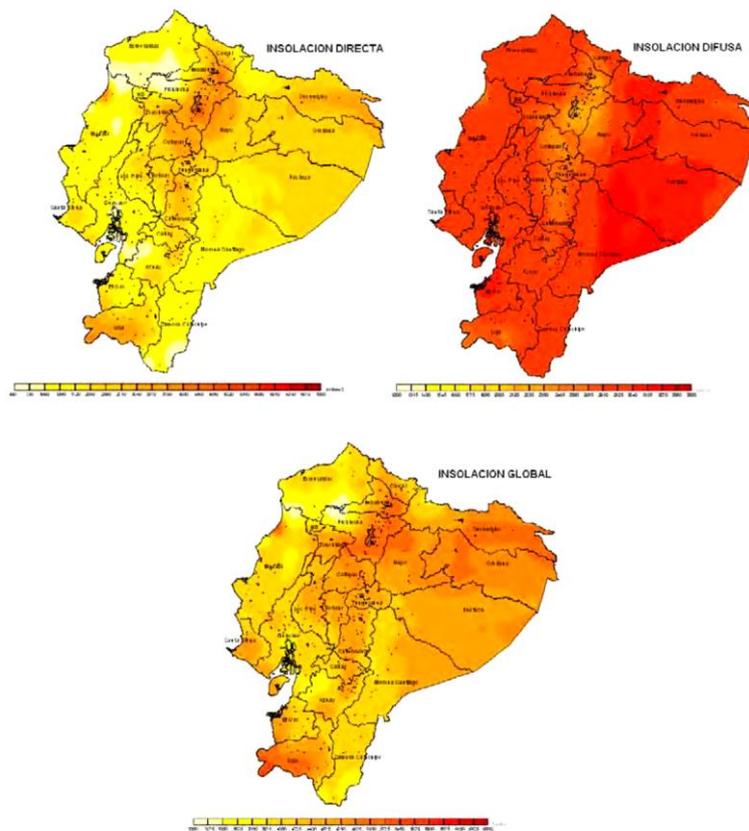


Figura 3. Insolación Directa, Difusa, Global, [7].

3.4. Unidades utilizadas en la Energía Solar Fotovoltaica

La insolación, la potencia solar, así como muchas otras variables pueden medirse en diversos tipos de unidades. En la siguiente tabla se da una visión general de las diferentes unidades comúnmente utilizadas y se dan sus factores de conversión [7].

Tabla 2. Sistema de Unidades en un Sistema Fotovoltaico, [7].

UNIDAD	EXPLICACIÓN	CONVERSIÓN
Potencia Solar		
Wp	Vatio Pico	-
W	Vatio	-
Kw	Kilo Vatio (1000 W)	-
W/m ²	Vatio por metro cuadrado	
Energía Solar		A kWh/m²
kWh/m ²	kWh por metro cuadrado	1
kJ/cm ²	kJ por centímetro cuadrado	2,778

MJ/m ²	MJ por metro cuadrado	0,2778
kcal/cm ²	1000 calorías por centímetro cuadrado	11,67
BTU/ft ²	Unidades Térmicas británicas por pie cuadrado	0,0428
Langley	Caloría por centímetro cuadrado	0,0116

3.5. Principio fotovoltaico

Los sistemas fotovoltaicos se basan efecto fotoeléctrico, emisión de electrones desde la superficie de un material cuando éste absorbe energía electromagnética por medio de luz que incide sobre ella, fue observado por primera vez en 1887 por Heinrich Hertz. “La idea habitual de que la energía de la luz está distribuida de forma continua sobre el espacio a través del que viaja se enfrenta especialmente a grandes dificultades cuando uno intenta explicar fenómenos fotoeléctricos, que están expuestos en un trabajo pionero del Sr. Lenard [8].

3.6. Sistema Fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico es un dispositivo que, a partir de la insolación, produce energía eléctrica en condiciones de ser aprovechada por el hombre. El sistema consta de los siguientes elementos:

- Un generador solar, compuesto por un conjunto de paneles fotovoltaicos, que captan la insolación luminosa procedente del sol y la transforman en corriente continua baja tensión (12 o 24 V).
- Un acumulador, que almacena la energía producida por el generador y permite disponer de corriente eléctrica fuera de las horas de luz o días nublados.
- Un regulador de carga, cuya misión es evitar sobrecargas o descargas excesivas al acumulador, que le produciría daños irreversibles; y asegurar que el sistema trabaje siempre en el punto de máxima eficiencia.
- Un inversor (opcional), que transforma la corriente continua de 12 ó 24 V almacenada en el acumulador, en corriente alterna de 110 - 230 V.
 - Una instalación solar fotovoltaica sin inversor, utiliza una tensión de 12Vcc.
 - Una instalación solar fotovoltaica con inversor, utilización a 110 - 220 Vca.

- Una vez almacenada la energía eléctrica en el acumulador hay dos opciones: sacar una línea directamente de éste para la instalación y utilizar lámparas y elementos de consumo de 12 ó 24 Vcc o bien transformar la corriente continua en alterna de 110 - 220 V a través de un inversor.

3.7. Módulos fotovoltaicos

Este efecto tiene lugar en las células fotoeléctricas interconexionadas entre sí en los módulos o paneles fotovoltaicos. Éstas quedarán dispuestas en serie o paralelo con el objetivo de que la tensión y corriente que proporcione el módulo se ajuste al valor que se requiera.

Cuando un módulo recibe radiación solar, los fotones que componen la radiación inciden sobre las células y pueden ser reflejados, absorbidos o pasar a través del panel. Los absorbidos, son los que finalmente van a generar electricidad dado que la energía que porta el fotón es transferida a los átomos que componen el material de la célula y éstos se desprenden de su posición normal y entran a formar parte del circuito eléctrico generado. Por lo tanto, el material de las células de los paneles debe de garantizar que sus átomos sean capaces de liberar electrones para crear corriente eléctrica al recibir energía. Los materiales semiconductores poseen esta propiedad y actúan como aislantes a baja temperatura y como conductores cuando se aumenta la energía que incide sobre ellos [9].

La producción está basada en el fenómeno físico denominado 'efecto fotovoltaico', que básicamente consiste en convertir la luz solar en energía eléctrica por medio de unos dispositivos semiconductores denominados células fotovoltaicas. Estas células están elaboradas a base de silicio puro (uno de los elementos más abundantes, componente principal de la arena) con adición de impurezas de ciertos elementos químicos (boro y fósforo), y son capaces de generar cada una corriente de 2 a 4 amperios, a un voltaje de 0,46 a 0,48 Voltios, utilizando como fuente la radiación luminosa ver figura 4.

Las células se montan en serie sobre paneles o módulos solares para conseguir un voltaje adecuado. Parte de la radiación (insolación) incidente se pierde por reflexión (rebota) y otra parte por transmisión (atraviesa la célula). El resto es capaz de hacer saltar electrones de una capa a la otra creando una corriente proporcional a la insolación incidente. Una capa antirreflejo aumenta la eficacia de la célula.

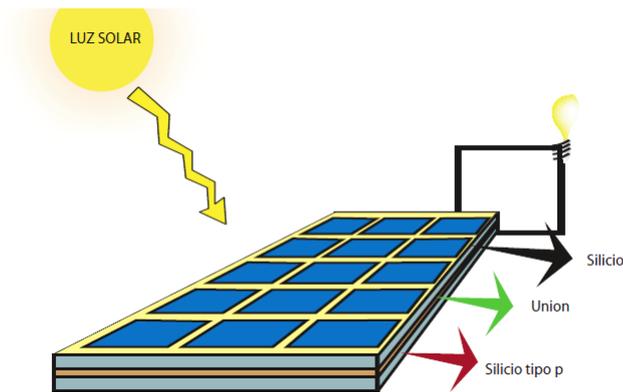


Figura 4. Efecto Fotovoltaico, [7].

Para mejorar aún más las prestaciones de los semiconductores, se crea dos capas diferentes dopadas (tipo P y tipo N) para crear un campo eléctrico de manera que, al recibir la luz solar, los electrones puedan ser atrapados por el campo eléctrico y formar así una corriente eléctrica.

El material más utilizado en la actualidad para las células solares es el silicio en dos formas: monocristalino o policristalino.

- ✓ Las células de silicio monocristalino se obtienen a partir de secciones cortadas de una barra de silicio cristalizado de una sola pieza.
- ✓ Las células de silicio policristalino se obtiene al partir de secciones cortadas de una barra de silicio.

3.8. Paneles Solares

Los paneles solares fotovoltaicos captan las radiaciones luminosas del sol (energía del sol) y las transforman en una corriente eléctrica que permitirá alimentar cualquier equipo electrónico (tv, microondas, ordenadores, refrigeradoras, otros) y será una excelente forma de cómo ahorrar energía.

Son también llamados módulos, colectores o placas solares. Una célula fotovoltaica es la unidad básica de un módulo solar, genera una corriente muy baja, por lo que es necesario unir varias de ellas en serie para poder alcanzar un cierto voltaje. Los paneles solares son la unión de células fotovoltaicas en serie, encapsuladas para protegerlas (en plástico transparente, por ejemplo) y con un marco metálico para su montaje [10].

Son instrumentos que transforman la energía solar en energía eléctrica, la luminosidad se interna arriba del instrumento semiconductor de dos mantos elaborando una desigualdad de

tensión que produce una corriente a través de una pista exterior. Se fábrica con un semiconductor tipo n y otro semiconductor tipo p de tal forma que produce una malla cristalina del semiconductor no se intercepte al pasar de una división a otra. La unión de los semiconductores crea factible un espectro de campo eléctrico en la sección que libera los pares en el vacío, las cargas positivas las conduce hacia el lado p lo que estimula una procedencia del electrón hasta el metal del roce y las negativas al semiconductor N lo que produce una corriente en el circuito [11].

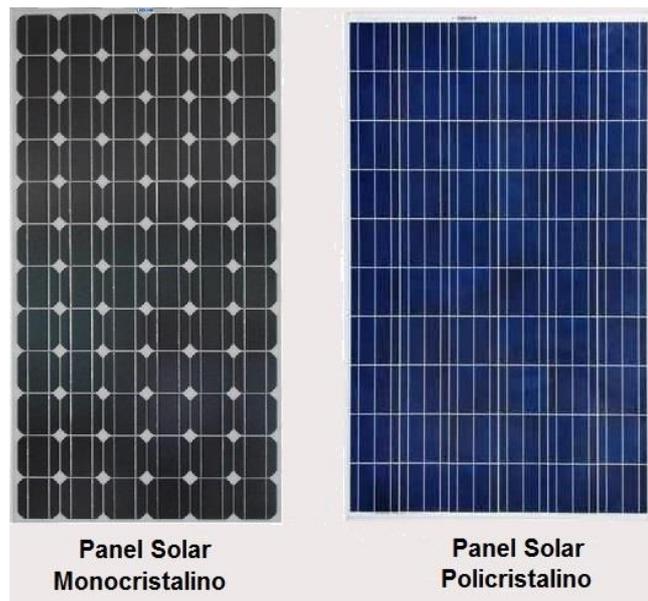


Figura 5. Paneles solares, [12].

3.9. Regulador de carga

El regulador tiene como función fundamental impedir que la batería continúe recibiendo energía del colector solar una vez que ha alcanzado su carga máxima. Si una vez que se ha alcanzado la carga máxima se intenta seguir introduciendo energía, se inicia en la batería procesos de gasificación (hidrolisis del agua en hidrogeno y oxigeno) o de calentamiento que pueden llegar a ser peligroso y, en cualquier caso, acortaría sensiblemente la vida de la misma, además previene la sobre descarga, con el fin de evitar que se agote en exceso la carga de la batería, siendo este un fenómeno, que produce la capacidad de carga en sucesivos ciclos [13].

Típicamente, los reguladores de carga suponen alrededor de un 5% del coste de inversión inicial de un Sistema Fotovoltaico Doméstico (SFD). Sin embargo, su impacto en el coste total Durante todo el tiempo de vida del sistema es mucho mayor, no sólo por sus propios

fallos y posteriores reposiciones sino, sobre todo, porque las baterías son el elemento más costoso a largo plazo de la instalación, y su tiempo de vida está directamente relacionado con la calidad del regulador de carga.

Para proteger la batería frente a descarga excesiva, la carga es desconectada automáticamente cuando la tensión de batería disminuye de cierto valor, LVD en inglés (Load Disconnection Voltage), y son reconectados cuando la tensión de batería alcanza un umbral de re conexión de consumo. Para proteger a la batería de una sobrecarga excesiva, la corriente de carga debe limitarse cuando la tensión de batería supera el llamado umbral de tensión de “fin de carga”, y no debe reponerse hasta que la tensión de batería cae por debajo del umbral de reposición [18].

Por otra parte, existen dos tipos principales de estrategias de control: en el primero un equipo con control de “dos etapas” la corriente de carga se interrumpe totalmente cuando se alcanza la tensión de fin de carga. En segundo es el control por modulación de ancho de pulso (PWM), la corriente de carga se reduce de forma gradual al alcanzar el umbral de fin de carga, esto es, manteniendo constante la tensión de batería y permitiendo que continúe la carga a corrientes inferiores.

Otros reguladores están diseñados para permitir sobrecargas controladas como método para evitar el fenómeno de la estratificación del electrolito, ciertamente perjudicial para las baterías.

Al momento de seleccionar un regulador, se debe tener en cuenta las condiciones de operación y características del regulador como son:

1. Tensión del sistema solar
2. Máximo consumo del dispositivo
3. Máxima tensión de circuito abierto
4. Eficiencia
5. Rango de tensión de operación de la batería
6. Protección contra transitorios.



Figura 6. Regulador de carga para paneles solares, [15].

3.10. Inversor

Son dispositivos electrónicos, que basándose en tecnología de potencia transforman la corriente continua procedente de los módulos fotovoltaicos en corriente alterna o corriente continua, el objetivo principal de los convertidores de potencia es producir una forma de onda de salida de CA o CC.

Actualmente los inversores se fabrican en base a una tecnología denominada “modulación de anchura de pulso”, los convertidores utilizados en sistemas solares fotovoltaicos por lo general son de CC/CA, pueden ser monofásicos o trifásicos (los de mayor potencia), la tensión y frecuencia de CA es la propia de la red eléctrica del país donde se utilicen [14].

En función de su utilización existen dos familias de inversores:

- Inversores autónomos
- Inversores de conexión a la red.

3.10.1. Inversores Autónomos

Los inversores utilizados en las instalaciones autónomas se alimentan normalmente de los sistemas acumuladores (baterías), solo en casos muy definidos cuando la potencia sea menor que la del regulador se puede alimentar desde la salida del regulador como una carga más. Este tipo de inversor se utiliza para alimentar todas las cargas de CA de una instalación FV autónoma, no pueden ser conectados a ninguna otra red de CA, “nunca se debe conectar a la red eléctrica principal”. Existen tres tipos de inversores, según la forma de onda alterna de

salida: inversor de onda cuadrada, inversor de onda modificada, inversor de onda senoidal pura [14].

Las características que se debe tener en cuenta al momento de seleccionar un inversor son:

- Tensión de entrada
- Forma de onda de salida
- Potencia nominal
- Tensión de salida
- Frecuencia nominal de la tensión de salida
- Eficiencia
- Distorsión armónica
- Autoconsumo
- Forma de arranque.

3.10.2. Inversores conectados a la Red

Los inversores utilizados en instalaciones conectados a red se alimentan directamente del grupo fotovoltaico y su salida en CA se conecta directamente a una red externa de suministro de CA, esto con el fin de que toda la energía que produce los módulos solares se inyecte a dicha red. La onda de salida solamente puede ser senoidal ya que tiene que estar sincronizada en tensión, frecuencia y fase con la de la red a la que se conecte [14].

Estos inversores a pesar de realizar la misma función básica que los autónomos, convertir CC en CA, difieren en gran medida en sus características y funciones. Entre las características eléctricas tenemos:

- **Punto Max. Potencia (PMP):** Permite que el generador fotovoltaico inyecte a la red su máxima potencia (PMP), para cada valor de radiación.
- **Prevención de funcionamiento en modo isla:** Si el suministro eléctrico se detiene (desconecta) donde está operando el inversor, este se debe desconectar automáticamente.
- **Desconexión por debajo nivel de radiación:** Permite desconectar el equipo cuando la radiación es insuficiente, ejemplo al momento de anochecer.

- **Desconexión por alta o baja tensión de red:** Provoca la desconexión del equipo cuando la red sufre alteraciones que se salen del rango de 10%.
- **Desconexión por alta o baja frecuencia de red:** Provoca la desconexión del equipo cuando la red sufre alteraciones de frecuencia que salen del rango 5%.
- **Sincronismo de fase:** Para una perfecta conexión en fase con la red eléctrica el inversor verifica parámetros en la red durante unos minutos y luego, si se mantiene inicia el proceso de inyección de la energía en rampa ascendente.

Los inversores deben tener factor de potencia en el orden del 95% y una distorsión armónica menor al 4%, para evitar caídas de tensión considerables se debe colocar lo más cercano al campo fotovoltaico.

Se pueden considerar diversas arquitecturas para el sistema inversor:

Inversor central:

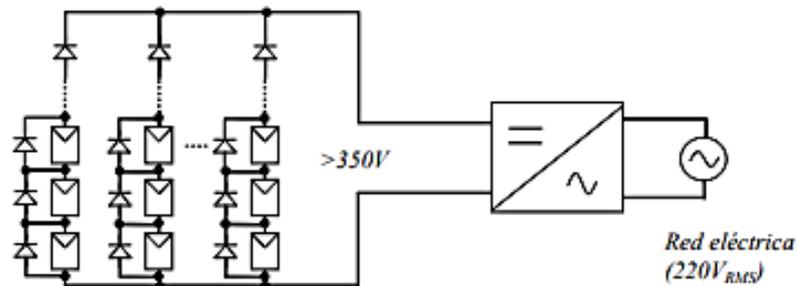


Figura 7. Estructura de un Inversor, [16].

Esta estructura es ampliamente utilizada para sistemas fotovoltaicos conectados a red por su bajo coste, pues está formada por una única etapa de conversión DC-AC. Sin embargo, cuando el número de paneles que conforman el generador fotovoltaico crece, es difícil que todos ellos tengan las mismas condiciones de irradiancia y temperatura. La diferencia en las condiciones ambientales de los paneles provoca la aparición de máximos locales de potencia sobre la curva característica y conlleva a la pérdida de potencia útil a transferir a la red eléctrica. Esta topología solamente se considera en este trabajo como introducción al análisis del sistema inversor, extrapolándose luego a la arquitectura multinivel.

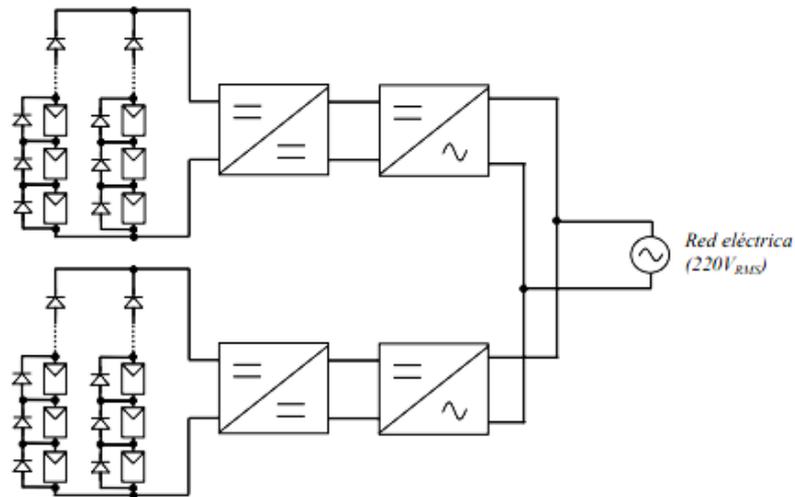


Figura 8. Arquitectura “AC module, [16].

Las arquitecturas que incluyen una etapa de conversión DC-DC para elevar la tensión de salida del generador fotovoltaico permiten reducir el número de paneles por generador. Esta reducción favorece la consecución de unos niveles de irradiancia y temperaturas similares en cada conjunto fotovoltaico por separado, minimizando la aparición de máximos locales. No obstante, es necesario tener una etapa DC-DC para elevar la tensión y una etapa inversora (DC-AC) para generar la corriente que se inyecta a la red. La eficiencia global de este tipo de arquitectura queda penalizada ya que hay que considerar las pérdidas en cada una de las etapas.

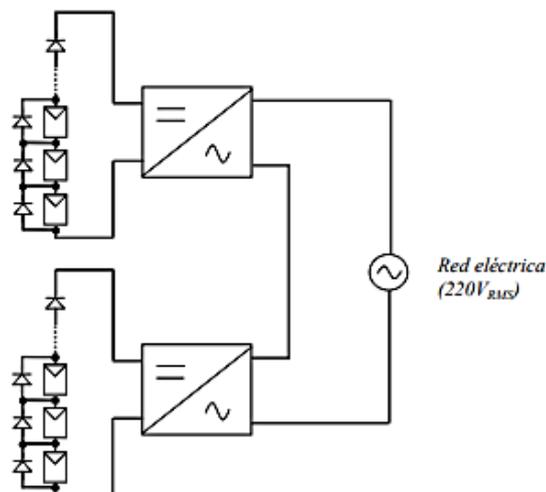


Figura 9. Arquitectura AC-serie, [16].

La arquitectura AC-serie permite reducir el número de paneles fotovoltaicos en cada generador, como requisito de diseño hay que cumplir que la suma de tensiones de entrada de

cada etapa sea mayor que la tensión de la red eléctrica. La eficiencia global del sistema queda determinada por las pérdidas de cada etapa inversora de entrada, pero en este caso, solamente hay una etapa por entrada. Esta estructura inversora permite cumplir los requisitos fijados anteriormente, sin embargo, es preciso disponer de un sistema de control que permita independizar los puntos de trabajo de las diferentes etapas, ya que cada una de ellas puede estar sometida a condiciones ambientales distintas [16].

3.11. Batería fotovoltaica

La batería o acumulador es un dispositivo electroquímico capaz acumular energía en forma química y transformarla en energía eléctrica, la batería utilizada para aplicaciones fotovoltaicas es la recargable.



Figura 10. Batería para sistemas fotovoltaicos, [17].

3.11.1. Partes de una batería fotovoltaica

Las partes esenciales para explicar su funcionamiento son las siguientes:

Placas: Son conductores metálicos de diferente polarización, con lo cual permiten un flujo de electrones.

Electrolito: Puede ser líquido, sólido o en pasta, es un conductor iónico que se descompone al pasar la corriente eléctrica. El voltaje o la tensión de la batería es función del número de celdas electroquímicas, siendo el voltaje de cada celda de 2V.

3.11.2. Principales parámetros de una batería fotovoltaica

Los principales parámetros que determinan el comportamiento de la batería son:

- Capacidad de descarga (Ah): Es el producto de la intensidad de descarga por el tiempo que actúa. Se expresa en Amperios Hora. Si la temperatura es mayor a la indicada en

el catálogo, la capacidad disminuye; si la temperatura es menor, puede afectar la vida útil de la batería.

- Profundidad de la descarga: Es el porcentaje de la capacidad total de la batería que es utilizada durante un ciclo de carga/descarga. Para aplicaciones fotovoltaicas es común utilizar baterías de descarga profunda, es decir, descargas entre 75% - 80%.
- Vida útil en ciclos: Se expresa en ciclos, es decir, la cantidad de cargas/descargas que llega a tener la batería. La vida útil depende del espesor de las placas, concentración del electrolito y principalmente de la profundidad de descarga.

En diseño, se deben tener en cuenta las siguientes características a la hora de dimensionar el banco de baterías.

1. Capacidad
2. Capacidad energética
3. Régimen de carga/descarga
4. Tensión nominal
5. Profundidad de descarga
6. Vida útil
7. Eficiencia.

3.12. Movimiento del Sol

Movimiento aparente del sol es motivado por la rotación de la tierra la cual gira sobre su eje en dirección Oeste-Este, este movimiento provoca que parezca que el sol se mueve en dirección contraria de Este-Oeste.

La tierra gira alrededor del sol en un periodo de 365 días aproximadamente, y sobre su eje de rotación en 24 horas, aunque realmente esto no ocurre así, la tierra gira sobre su eje en un periodo de 23h 56m, durante ese tiempo un punto cualquiera de la tierra vuelve a estar en la misma posición del espacio que 23h 56m antes. Este periodo de tiempo se llama día sidéreo, la razón por la cual el día tiene 24h es debido a que durante 23h 56m que la tierra rota sobre si también experimenta un movimiento de traslación respecto al sol, este movimiento ocasiona que un punto cualquiera en la tierra tenga que esperar 24h para estar en la misma posición que antes.

Al estudiar el movimiento solar es necesario definir conceptos como la meridiana, la cual es una línea imaginaria dirigida en dirección Norte-Sur. Si situamos una estaca en el suelo, en

una superficie plana y horizontal veremos que la sombra proyectada varía a lo largo del día, en el momento en que la sombra tenga una longitud mínima, indicará que el sol está en su punto más alto sobre el horizonte y señalará la dirección de la meridiana (Norte-Sur geográfico). A este momento del día lo llamamos medio día solar como se puede observar en la figura 11.

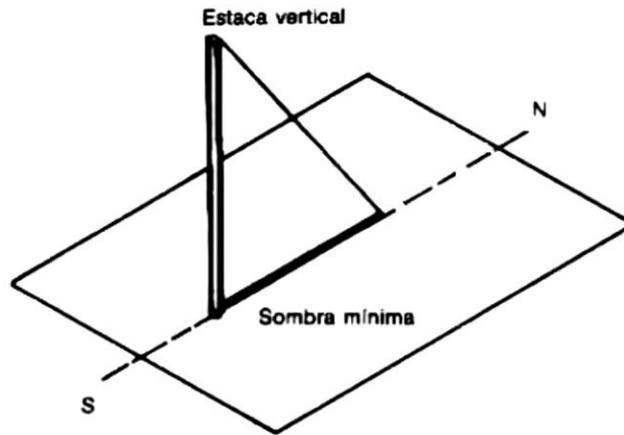


Figura 11. Meridiana, [14].

Al momento de ubicar módulos solares fotovoltaicos, es necesario ubicarlos de tal forma que el ángulo incidente respecto a la perpendicular de dicha superficie sea lo menos posible, para que esto suceda se requiere conocer ciertas variables descritas a continuación.

3.12.1. Declinación (d)

Es el ángulo formado por el sol y el cenit, vistos por un observador situado en el Ecuador al medio día solar. Este ángulo depende del día del año en que se considere ver figura 12.

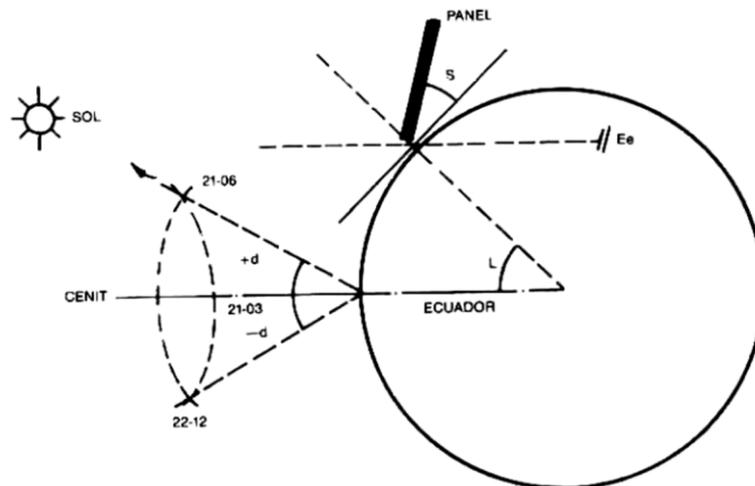


Figura 12. Angulo de Declinación, [14].

3.12.2. Latitud Geográfica (L)

Es un ángulo con vértice en el centro de la tierra y extremos sobre el Ecuador y sobre el lugar donde nos encontramos, a los puntos situados sobre el ecuador les corresponde una latitud 0° y a los polos una de 90° .

La latitud se establece positiva para el hemisferio Norte y negativa para el hemisferio Sur, viene marcada por las líneas horizontales que tiene los mapas, lo cual expresa directamente su valor en grados ver figura 13.

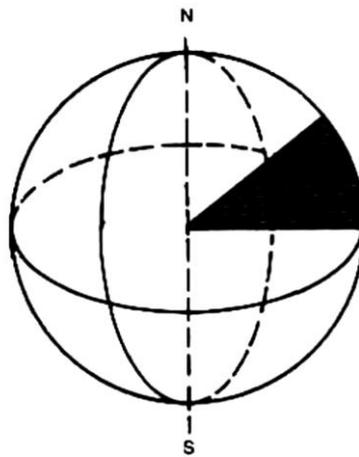


Figura 13. Latitud Geográfica, [14].

3.12.3. Inclinación (S)

La inclinación de los módulos solares es el ángulo formado por este y la horizontal del terreno, por lo general la inclinación de los módulos siempre será en relación con la latitud del lugar donde se vayan a instalar como se puede ver en la figura 14.

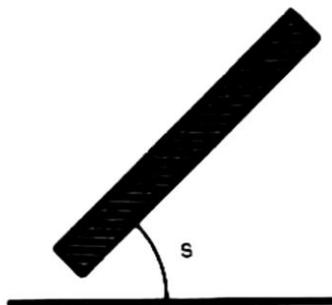


Figura 14. Inclinación, [14].

3.12.4. Orientación (θ)

La orientación es el ángulo formado por la perpendicular de la superficie del módulo y la dirección de la meridiana. Usualmente el origen de este ángulo se toma de la siguiente manera, si nos encontramos en el (hemisferio Norte) hacia el sur y si nos encontramos en el (hemisferio Sur) hacia el Norte, por convenio se considera el ángulo positivo hacia el Este y negativo hacia el Oeste como se puede observar en la figura 15.

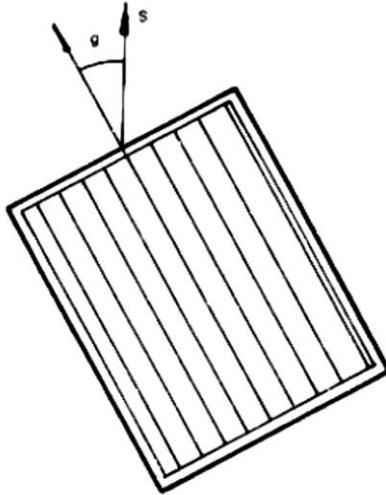


Figura 15. Ángulo de Orientación, vista superior de un módulo solar, [14].

3.12.5. Ángulo Horario (ω)

El ángulo horario es el formado por la dirección de la meridiana y la sombra proyectada por una vertical (reloj solar), el origen se toma al medio día solar en el que el ángulo horario es 0° . Ver figura 16.

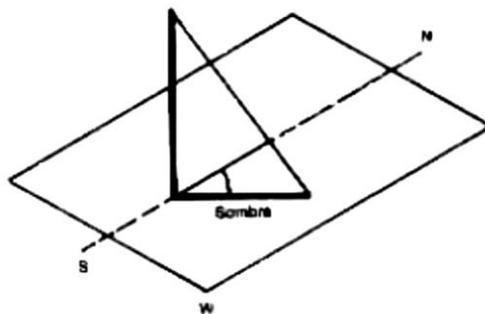


Figura 16. Ángulo Horario, [14].

3.12.6. Angulo de incidencia de la radiación solar (A)

El ángulo de incidencia de la radiación solar es el ángulo formado por la normal de los módulos solares(ñ) y los haces lumínicos provenientes del sol, este ángulo está en función de variables como la Declinación (d), Latitud Geográfica (L), Inclinación (s), Orientación (g), Angulo Horario (w) y se determina por medio de la siguiente expresión matemática:

$$A = \arccos[\text{sen}(d) * \text{sen}(L) * \cos(S)] - [\text{sen}(d) * \cos(L) * \text{sen}(S) * \cos(g)] + [\cos(d) * \cos(L) * \cos(S) * \cos(w)] + [\cos(d) * \text{sen}(L) * \text{sen}(S) * \cos(w) * \cos(g)] + [\cos(d) * \text{sen}(S) * \text{sen}(g) * \text{sen}(w)]$$

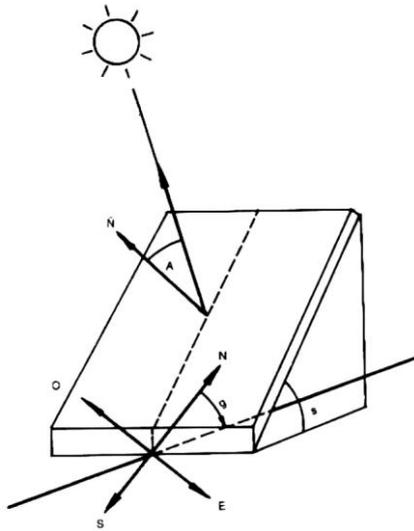


Figura 17. Ángulo de Incidencia, [14].

3.13. Sistemas de bombeo de agua

Los sistemas de bombeo mecanizados son dispositivos para elevar y extraer agua de un punto bajo a uno elevado, de agua superficial, subterránea o de depósitos a sistemas de distribución. Este tipo de bombas pueden ser impulsadas por varias fuentes de energía (electricidad, solar, combustibles, eólica y animal). Este tipo de tecnología requiere de conocimientos técnicos para definir el tipo de instalación, operación y mantenimiento, así como de recursos económicos [18].

3.14. Sistema de Riego por goteo

Este procedimiento se expone cuando el agua ingresa directamente hasta las raíces de la planta, se da mediante un sistema de tuberías de polietileno y trasmisores llamados goteros en donde el caudal ingresa lentamente. Este método es idóneo para áreas cortas y se utiliza con mayor frecuencia en viveros de verduras, legumbres, y frutos. Inclusive ofrece beneficios para

personas que tienen sus propios huertos, y también se suele usar para la cultivación de flores [19].



Figura 18. Sistema de Riego por Goteo, [19].

3.15. Caudalímetro

La medida de caudal en conducciones cerradas, consiste en la determinación de la cantidad de masa o volumen que circula por la conducción por unidad de tiempo.

Los instrumentos que llevan a cabo la medida de un caudal se denomina habitualmente caudalímetros o medidores de caudal, constituyendo una modalidad particular los contadores, los cuales integran dispositivos adecuados para medir y justificar el volumen que ha circulado por la conducción [20].

Los medidores de caudal volumétrico pueden determinar el caudal de volumen de fluido de dos formas:

Directamente: mediante dispositivos de desplazamiento positivo.

Indirectamente: mediante dispositivos de: presión diferencial, área variable, velocidad, fuerza, etc.

3.16. Bombas Hidráulicas

Las bombas hidráulicas son máquinas, que reciben el trabajo mecánico dado por una fuente de accionamiento (motor) y lo transforma en energía de presión y velocidad, permitiendo la captación y elevación del agua desde una fuente de abastecimiento (tajamar, río, etc.) y su conducción hasta el punto de descarga de acuerdo con las necesidades (caudal) y las

características topográficas (desnivel geométrico y distancia desde la bomba) del área a ser regada.

Las bombas hidráulicas utilizadas para riego son clasificadas como bombas hidrodinámicas (turbo-bombas o rotodinámicas), pudiendo ser de tipo centrífugas o radiales (lentas, normales o rápidas), mixtas o diagonales (ultrarrápidas o hélico-centrífugas y helicoidales) y axiales o propulsoras. Presentan características de ser normalmente de caudales medios a altos, presión media y baja, de eje horizontal, vertical e inclinado, succión simple o doble, un único estadio, rotores cerrados, semicerrados y abiertos, carcasas bipartidas verticales u horizontalmente, no son autocebantes y son instaladas de forma sumergidas o no sumergidas, siendo que las segundas pueden ser de succión positiva o de succión negativa [21].

4. METODOLOGÍA

4.1. Diseño de la Investigación

Para la presente propuesta tecnológica se utilizó un enfoque de tipo descriptivo, con investigación de campo y experimental para el desarrollo de la misma y posterior sustentación, existe un número de variables limitadas a tratar; y por consiguiente las tres más importantes son: Suministro de Voltaje, Corriente de arranque, Consumo de Potencia.

4.1.1. Tabla de Variables

Tabla 3: Variable Independiente y Dependiente

Variable Independiente	Variable Dependiente
La radiación solar en horas pico del Ecuador.	Sistema de generación y bombeo de agua para riego por goteo para el beneficio directo del Barrio.

4.1.2. Variables en el Sistema

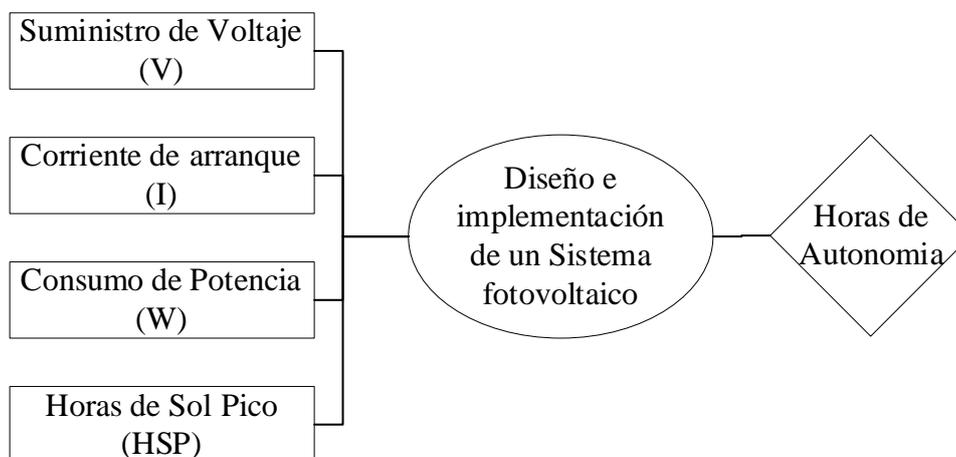


Figura 19: Categorías Fundamentales

4.2. Procedimiento de Campo

En la elaboración de la propuesta tecnológica se utilizó una investigación de campo para conocer antecedentes de funcionamiento de distintos sistemas fotovoltaicos relacionados con la energía eléctrica, las características y procesos para el diseño e implementación del sistema de bombeo de agua por goteo; y así determinar las horas de autonomía de dicho sistema.

Por otro lado, se investigó cada uno de los equipos a utilizar en la propuesta tecnológica, datos de fabricantes y comercializadores, aspectos técnicos importantes tales como: precios, protecciones de los equipos y materiales que van a ser incorporados en la implementación del sistema fotovoltaico.

Adicionalmente, en el trabajo de investigación se utilizó estudios relacionados al ámbito comercial, por cuanto se ha establecido varias relaciones de variables de manera simple, tales como:

- Relación existente entre el diseño de elementos y los instrumentos que van a ser incorporados en el sistema fotovoltaico para la alimentación del sistema de bombeo.
- Relación existente entre costos, beneficios, localización y la evaluación financiera hacia los beneficiarios.

4.3. Procedimiento Experimental

Según [22], en su libro *“Estrategia de la investigación experimental”*, hace referencia que la investigación experimental consiste en la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o porque causa se produce una situación o acontecimiento en particular

Mediante este procedimiento se procede a la descripción y pasos para la toma de decisiones en la propuesta tecnológica, además se detallará cada uno de los equipos y materiales a utilizar, instrumentos de medición y sus características y así estimar cada una de las magnitudes a medir.

4.4. Métodos de Estudio

Según [23], en su libro *“Manual de técnicas de investigación para estudiantes”*, donde define a los métodos de estudio como cualquier procedimiento que aplica cierto orden racional o cierta pauta sistemática a distintos objetos

A continuación, se detalla cada una de ellas:

4.4.1. Método Científico

Según [24], en su artículo *“El método científico y sus etapas”*, donde dice que el método científico es el procedimiento planteado que se sigue en la investigación para descubrir las

formas de existencia de los procesos objetivos, para generalizar y profundizar los conocimientos así adquiridos y llegar a demostrarlos con rigor racional y con ello comprobarlos en el experimento y con las técnicas de su aplicación

En el desarrollo de la tesis se va aplicar el método científico mediante un conjunto de pasos ordenados que se emplean en la obtención de un nuevo conocimiento y así llegar a un resultado determinado.

4.4.2. Método Deductivo

Según [25], en su libro **“Investigación, escritura y publicación”**, menciona que el método deductivo va de un razonamiento general a uno particular, del principio a la consecuencia; infiere una conclusión a partir de una premisa de un principio o de una ley.

La propuesta tecnológica plantea que en el Barrio Rumipamba de Navas Cantón Salcedo no existe el suministro de energía eléctrica para la alimentación del sistema de bombeo, es por ello que se optó por la implementación de un sistema fotovoltaico, además se nos facilitó la obtención de los datos de irradiación solar de todo el año, las características técnicas de los equipos a utilizar, los precios, la infraestructura donde se va a implementar y recursos humanos, comerciales, etc.

4.4.3. Método Cuantitativo

Según [26], en su libro **“Metodología de la Investigación Cuantitativa-Cualitativa y Redacción”**, donde habla del enfoque cuantitativo que se caracteriza por utilizar métodos y técnicas cuantitativas y por ende tiene que ver con la medición, el uso de magnitudes, la observación y medición de las unidades de análisis, por otro lado, utiliza la recolección de datos y el análisis de los mismos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis formuladas previamente.

Mediante el método cuantitativo se usará la recolección de datos para probar la hipótesis, con base en la medición numérica y análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

En la implementación de la tesis se evaluaría las horas de autonomía del sistema fotovoltaico, ya que se carece de energía eléctrica en el lugar y es por ello que se beneficiarán muchos invernaderos.

4.5. Técnicas

4.5.1. Instrumentos de medición

Los instrumentos utilizados para la medición de las diferentes magnitudes del Sistema fotovoltaico:

- Paneles Solares
- Regulador de voltaje
- Baterías
- Inversor

Tabla 4: Variables para el sistema fotovoltaico a implementarse.

Variables	Dimensión	Instrumento
Voltaje	Voltios (V)	Multímetro
Corriente	Amperios (A)	Multímetro
Potencia	Vatios (W)	Multímetro
HSP	Irradiación (kWh/m ² /día)	Atlas Solar

4.6. Sistema de Bombeo

4.6.1. Determinación del abastecimiento para el diseño del sistema de bombeo

En el Barrio Rumipamba de Navas Cantón Salcedo se encuentra actualmente sin el abastecimiento de agua para sus invernaderos, los cuales son de tomate de riñón; es por ello que se diseñó un sistema de bombeo para un total de 3 Invernaderos.

El lugar de emplazamiento se puede observar en la figura 20 y la distribución de los invernaderos es la siguiente manera:

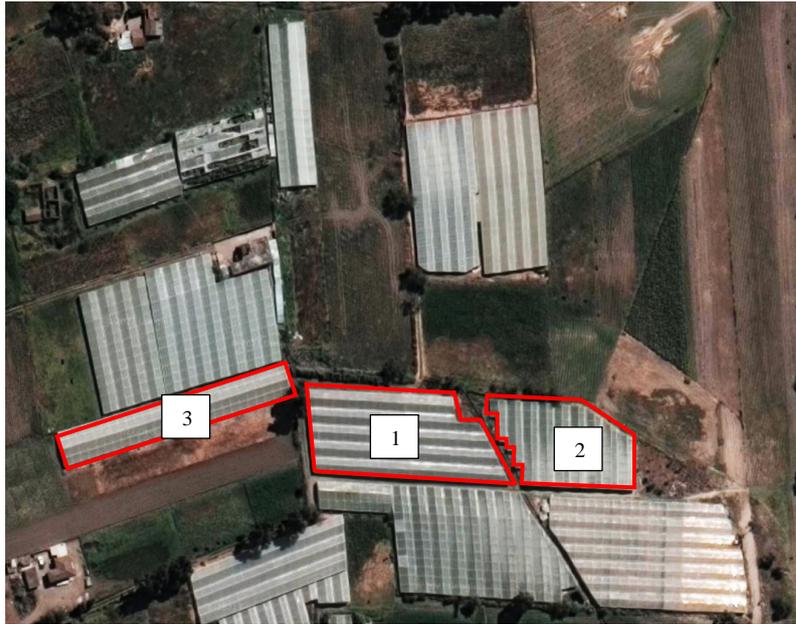


Figura 20. Distribución de los Invernaderos para el sistema de bombeo.

La ubicación del pozo de agua y del sistema de bombeo están situados en el centro de todos los invernaderos como se puede observar en la figura 21.



Figura 21. Localización del Pozo y bomba de agua.

4.6.2. Periodo de diseño del sistema de bombeo

Deben considerarse los siguientes factores:

- ✓ El tiempo durante el cual la implementación dará servicio al barrio.
- ✓ Los costos de implementación.

- ✓ Crecimiento de los Invernaderos incluyendo posibles cambios en los desarrollos del Barrio.
- ✓ Factibilidad o dificultad para hacer ampliaciones o adiciones a los invernaderos existentes, incluyendo una consideración de su localidad.

4.6.3. Número de plantas a regar

Se puede determinar el área que se desea regar mediante las medidas de cada invernadero en estudio, a continuación, se detalla las superficies de cada uno de ellos:

- **Invernadero 1**

$$S_1 = 3000 \text{ m}^2$$

- **Invernadero 2**

$$S_2 = 2000 \text{ m}^2$$

- **Invernadero 3**

$$S_3 = 1300 \text{ m}^2$$

Dentro de los invernaderos, el cultivo sembrado es de tomate de riñón a una distancia de 35 cm:

$$NP = \frac{S}{a}; \text{ donde } a = ds^2 \tag{1}$$

Dónde:

NP= Numero de plantas o árboles.

S= Superficie a sembrar, en [m²].

a= Área ocupada por una planta o árbol, en [m²].

ds= Distancia de siembra entre plantas o árboles, en [m].

4.6.4. Caudal de diseño

Se determinó el caudal mediante los siguientes factores:

- El tipo de lugar: se tiene una densidad en los invernaderos de promedio de 5000 plantas.

- Capacidad de la fuente: la bomba aporta 40 lt/min máximo de acuerdo a los datos de la bomba, pero debido a la altura del pozo la bomba aporta 30lt/min de manera real como se puede observar en la figura 22.
- En el ANEXO XV se puede observar las características de la bomba.

BOMBA DE AGUA ELÉCTRICA IMPELER PERIFÉRICO

POTENCIA (HP)	CODIGO	DESCRIPCIÓN	H max. (mca)	Q max. (LPM)	PVP
1/2	21314	PAOLO MONOFASICO PKM 60 PERIFERICO 1"	40	40	50,59
3/4	21324	PAOLO MONOFASICO PKM 65 PERIFERICO 1"	55	40	79,80
1	21325	PAOLO MONOFASICO PKM 80 PERIFERICO 1"	70	40	119,08

Figura 22. Datos técnicos de la bomba para el sistema de bombeo, [27].

4.6.5. Lámina de agua

Se determina con la siguiente expresión [28]:

$$L = \theta * z \quad (2)$$

Dónde:

L= Lámina de agua, en [mm]

θ = Humedad en volumen del terreno, en [%]

z= Espesor de la capa de la raíz de la planta, en [mm].

4.6.6. Volumen de agua

Por lo tanto, el volumen será:

$$V = Np * Lncp \quad (3)$$

Dónde:

V= Volumen de agua, en [m³].

Np= Numero de plantas.

Lncp=Litros necesarios para cada planta, en [l].

4.6.7. Pérdidas de carga

Para ello se utilizó la siguiente expresión:

$$hf = \frac{(1743,81)*L*(Q_b)^{1,85}}{C^{1,85}*\phi^{4,87}} \quad (4)$$

Dónde:

hf= Pérdidas por fricción en [m].

L= Longitud del tramo de riego en [m].

Q_b= Caudal de bombeo en [l/seg].

C= Coeficiente de rugosidad del material, para PVC=150

Ø= Diámetro interno de la tubería en [pulg].

4.6.8. Potencia de la bomba

Para conocer la potencia de la bomba se utilizó la siguiente expresión:

$$P = \frac{hf*Q_b}{76*\eta} \quad (5)$$

Dónde:

P= Potencia de la bomba, en [HP]

Q_b= Caudal de bombeo, en [lt/seg]

hf= Carga dinámica total promedio de todos los invernaderos, en [m].

η= Eficiencia de la bomba, en [%].

4.6.9. Duración del riego

En esta sección se especifica el volumen referido en tiempo (m³/hora), el mismo que está dado por la siguiente expresión:

$$30 \frac{lt}{min} * \frac{60 min}{1 hora} * \frac{1 m^3}{1000 lt} = 1,8 \frac{m^3}{hora}$$

Entonces el tiempo de riego es el siguiente:

$$t = \frac{V}{V_{referido}} \quad (6)$$

Dónde:

V= Volumen de agua de cada invernadero, en [m³]

V_{referido}= Volumen referido en tiempo, en [m³].

t= tiempo de riego, en [h].

4.7. Diseño del Sistema fotovoltaico

4.7.1. Procedimiento para el diseño

Para el diseño de esta propuesta tecnológica se empleó la técnica de observación de tipo experimental, la misma que se determina para la recolección de las variables que actúan en el sistema y mediante cálculos se determinó los elementos necesarios para la implementación del sistema fotovoltaico.

Seguidamente se instalará un tablero de control en donde se alojarán los equipos y materiales necesarios para el sistema fotovoltaico en el Barrio Rumipamba de Navas Cantón Salcedo.

4.7.2. HSP (Horas Sol Pico en Ecuador)

La información disponible, corresponde al período entre el 1 de Enero de 1985 y el 31 de Diciembre de 1991, y fue publicado en Julio del 2006. Los datos representan la energía solar promedio mensual y anual de los valores diarios la insolación total (Directa y difusa) e insolación global sobre una superficie horizontal y contiene los promedios mensuales (dentro del período mencionado) de cada una de ellas, expresados en Wh/m²/día [7].

Tabulando los valores correspondientes a las radiaciones solares presentes en Ecuador, específicamente en la provincia de Cotopaxi, Cantón Salcedo durante el año, se obtiene la siguiente tabla 5:

Tabla 5. Valores mensuales de Irradiación Solar

MESES	Radiación Solar Mínima (Wh/m ² /día)	Radiación Solar Máxima (Wh/m ² /día)
Enero	3089	5523
Febrero	3315	5817
Marzo	3572	5855
Abril	3188	5421
Mayo	3288	5213

Junio	3107	5474
Julio	3216	5842
Agosto	3117	6254
Septiembre	3835	6492
Octubre	3748	6323
Noviembre	4059	6484
Diciembre	3537	6089
Promedio Anual	3422,58	5898,91

4.7.3. Diseño del Sistema Fotovoltaico

Para la selección y dimensionamiento de los elementos que intervienen en un sistema fotovoltaico, es necesario conocer la carga alimentar y el tiempo que esta carga es utilizada al día, para la realización del módulo solar fotovoltaicos propuesto se estimara una potencia de 560 Wh/día.

4.7.4. Especificaciones de los equipos para el diseño del sistema fotovoltaico

El módulo consta de cuatro equipos principales, como son los paneles solares, el regulador de voltaje, las baterías y el inversor.

4.7.5. Gabinete Metálico

En el gabinete metálico se va alojar todas las conexiones del sistema de control fotovoltaico, así como también el regulador de carga y el inversor; este gabinete se lo puede adquirir en cualquier local de equipos eléctricos, a un bajo costo.

En el **Anexo II** se puede observar el desglose del tablero de control con sus respectivos elementos que lo constituyen.

4.8. Requerimientos del Sistema Fotovoltaico

4.8.1. Requerimientos Generales

El sistema requiere de paneles solares que se detallará a continuación; los cuales funcionarán como el elemento fundamental en el sistema fotovoltaico, además de esto el Inversor deberá funcionar con un voltaje de 12VDC.

El regulador de voltaje y las baterías se deberán adquirir de acuerdo a los cálculos que se realizaron a continuación en la propuesta tecnológica.

4.8.2. Selección del voltaje del sistema

En sistemas DC los criterios principales son:

- Disponibilidad de aparatos de consumo y sus voltajes nominales.
- Las corrientes máximas pico.
- Posibles pérdidas en el cableado.

La mayoría de los aparatos operan a 12V o 24V, siendo más difícil encontrarlos a otras tensiones, las corrientes máximas deben limitarse a 20 A en cada circuito, no superado los 100 A en total. La potencia de cada circuito debe limitarse a 240W (12V), 480W (24V) o 720W (36V), mientras que la potencia total a 1,2 kW, 2,4 kW o 3,6 kW respectivamente.

En los sistemas AC la selección del voltaje de la batería y del sistema depende principalmente de la potencia pico de demanda.

Se puede recomendar:

Tabla 6. Voltaje recomendado para sistemas fotovoltaicos, [29].

Potencia de Demanda AC (kW)	Voltaje de entrada al Inversor (V)
1,5	12
1,5 hasta 5	24 – 48
Mayor a 5	48 o mayores

4.9. Dimensionamiento de los equipos del Sistema Fotovoltaico

Los elementos que intervienen en la implementación del módulo solar no son 100% eficientes por lo tanto se calcula el consumo real teniendo en cuenta las pérdidas en los distintos elementos presenten en el sistema.

Tabla 7. Determinación de las cargas en corriente alterna

EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA (W)	USO (horas/día)	ENERGIA (Wh/día)	CARGA PICO
BOMBA	1	560	2	1120	0

4.9.1. Ángulo de inclinación de los paneles

La orientación y la inclinación del módulo FV (ángulo) afectan de manera significativa la cantidad de irradiación que recibe la superficie, y por lo tanto la cantidad de energía producida por el módulo. En el hemisferio norte, el módulo fotovoltaico debe estar mirando hacia el sur; mientras que en el hemisferio sur que debe estar mirando hacia el norte. Esto garantiza el máximo nivel de radiación sobre el módulo FV durante todo el año. En las regiones cercanas al ecuador, la orientación es menos importante.

Existe una manera muy sencilla de determinar el ángulo de inclinación, la cual es la siguiente: Tome su latitud y agregue 15.

$$\theta = Lat + 15^{\circ} \quad (7)$$

4.9.2. Ángulo Azimut

El ángulo de azimut es la dirección de la brújula que señala de donde proviene la luz del sol. Al mediodía solar, el sol siempre está directamente al sur en el hemisferio norte y directamente al norte en el hemisferio sur. El ángulo de azimut varía durante todo el día como se muestra en la imagen a continuación. En los equinoccios, el sol sale directamente desde el este y se pone directamente al oeste, independientemente de la latitud, con lo que el ángulo azimut es de 90° al amanecer y al atardecer 270° . Sin embargo, en general el ángulo de azimut varía con la latitud y la época del año y las ecuaciones completas para calcular la posición del sol a lo largo del día.

Existe una manera muy sencilla de determinar el ángulo azimut, la cual es la siguiente: Formula estadística basada en la radiación solar.

El Ecuador está orientado perfectamente al sur, por estar en la línea ecuatorial el Ecuador se encuentra más cerca al sol.

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 * \varphi \quad (8)$$

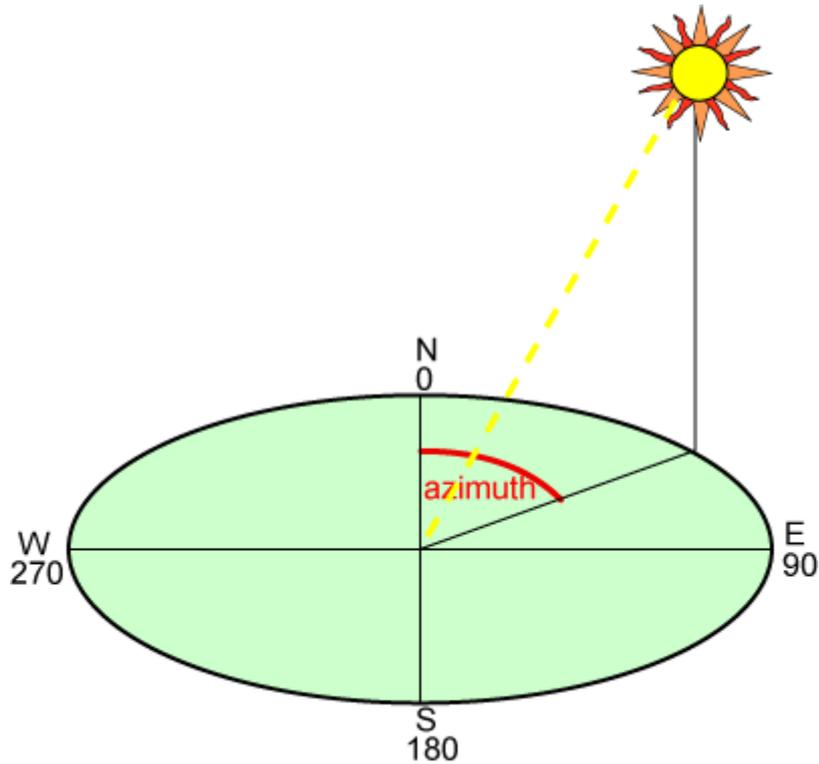


Figura 23. Ángulo del azimut, [19].

4.9.3. Energía real necesaria

La energía real necesaria E_r se calcula con la siguiente expresión:

$$E_r = \frac{E_{dr}}{Rt} \quad (9)$$

Dónde:

E_r = Energía real necesaria, en [Wh]

E_{dr} = Energía diaria requerida, en [Wh/día].

Rt = Total de pérdidas en los elementos.

Las pérdidas Rt corresponden a las pérdidas presente en elementos como el cableado, regulador, inversor y baterías. Para el cálculo de las pérdidas totales se utiliza la siguiente expresión.

$$Rt = 1 - k_b - k_c - k_r - k_v * \left(1 - \frac{k_a * N}{P_d}\right) \quad (10)$$

Dónde:

k_b = Coeficiente de pérdidas por rendimiento del acumulador, este índice depende de la frecuencia de las descargas. Se determina $k_b= 0,05$ ya que el sistema no estará sometido a excesivos procesos cargas y descargas.

k_c = Coeficiente de pérdidas en el convertidor, estas pérdidas dependen del tipo de señal inyectada al sistema. Se determinó de $k_c=0,1$ debido a que en el sistema utilizara un convertidor de onda senoidal modificada con eficiencia del 90%.

k_r = Coeficiente de pérdidas del regulador, estas pérdidas hacen relación a la energía perdida en el regulado; debido a que el regulador a utilizar tiene una eficiencia del 97% se establece que estas pérdidas serán de $k_r=0,03$.

k_v = Coeficiente de pérdidas varias, Se determinó $k_v=0,1$ de ya que estas agrupan perdidas presentes en los cables, elementos de consumo y conexiones.

k_a = Coeficiente de pérdidas de autodescarga, estas pérdidas hacen a la energía perdida durante el proceso de autodescarga, se determinó $k_a=0,005$.

N = Número de días de autonomía de la instalación, estos serán los días en que el sistema permanecerá con una baja radiación solar, por lo tanto, se consumirá más energía de la que el sistema será capaz de generar $N=1$ día

P_d = Profundidad de descarga diaria de la batería, Se determinó $P_d=75\%$ debido a que la máxima profundidad de descarga para baterías de plomo acido es 80%.

4.9.4. Números de Paneles Fotovoltaicos

El dimensionamiento de los paneles fotovoltaicos, se realiza una vez se conoce el total de la demanda energética requerida por el sistema, los módulos fotovoltaicos se dimensionan a partir de la siguiente expresión, la cual nos brinda la cantidad de módulos fotovoltaicos que se requieren.

$$N_T = \frac{E_r}{P_p * G_{mB} * P_G} \quad (11)$$

Dónde:

N_T = Número total de módulos fotovoltaicos.

E_r = Energía requerida por el sistema, en [Wh].

P_p = Potencia pico del módulo, en [W/kW/m²].

G_{Mb} = Radiación global sobre una superficie, en [kWh/m²].

P_G = Factor de pérdidas, en [%].

F_s = Factor de seguridad [%].

El valor de potencia pico del módulo se obtuvo de la hoja característica del módulo TF Modelo SA.200 - 200W, se determina que para la implementación propuesta se necesita 3 módulo fotovoltaico de 200W. (Ver figura 23 y **Anexo XI**)



Figura 24. Panel solar a implementar 200W, [29].

4.9.5. Sistema de Acumulación (Baterías)

El sistema de acumulación es encargado de almacenar la energía necesaria para que el sistema funcione el número de días requeridos (días de autonomía).

Al diseñar un banco de baterías es necesario tener en cuenta aspectos como la máxima profundidad de descarga y los días de autonomía, por esta razón se establece los conceptos a continuación:

- **Máxima profundidad de descarga:** Es el máximo nivel de descarga que se le permite a la batería antes de la desconexión por medio del regulador, el valor

seleccionado para nuestro caso con una batería de plomo ácido será del 75%, por razones establecidas previamente.

- **Días de autonomía:** Es el número de días consecutivo en ausencia del sol, que el sistema de acumulación proveerá energía a la carga sin sobrepasar la profundidad de descarga. El valor seleccionado para nuestro caso es de 1 día.

La capacidad de almacenamiento de las baterías, está determinada por las siguientes ecuaciones:

$$C_n [Wh] = \frac{E_r * N}{P_d} \quad (12)$$

$$C_n [Ah] = \frac{C_n [Wh]}{V_{Bateria}} \quad (13)$$

Dónde:

C_n(Wh)= Capacidad nominal del sistema, en [Wh o Ah].

C_n(Ah)= Capacidad nominal del banco de baterías, en [Ah].

N= Días de autonomía, en [días].

P_d= Profundidad de descarga, en [%].

V_{Bateria}= Tensión nominal de las baterías, en [V].

Dependiendo de los Amperios-horas de la batería que se seleccione se establece el número de las mismas. Para la aplicación del módulo solar fotovoltaico utilizaremos baterías de 12 voltios a 70Ah por tanto la cantidad de baterías está determinada por la siguiente ecuación:

$$N_{Baterias-paralelo} = \frac{C_n [Ah]}{Ah_{Baterias}} \quad (14)$$

Para satisfacer las condiciones diseño previamente establecidas se requiere de cuatro baterías de 70Ah a 12V en paralelo en el **Anexo III** se puede observar la hoja de datos de las baterías.

4.9.6. Dimensionamiento del regulador de carga

El regulador es el elemento que controla el proceso de cargas y descargas que las baterías requieren. El proceso de carga lo realiza permitiendo fluir la energía proveniente del generador fotovoltaico y el proceso de descarga se realiza a través de la carga o elementos de consumo eléctrico.

Para el dimensionamiento del regulador se debe tener en cuenta la máxima corriente que va circular por el sistema a diseñar, esto es: La suma de las corrientes de cortocircuito de los módulos en paralelo. La corriente que consume la carga en la peor condición.

La corriente de corte a la que deba actuar el regulador será fijada en el propio dispositivo, pero este debe soportar la máxima corriente posible presente en la instalación. Se tiene la siguiente expresión para el dimensionamiento del controlador:

$$I_{SCT} = I_{SC} * N_R * FS \quad (15)$$

$$I_{SCT} < I_{nom_{con}} \quad (16)$$

Dónde:

I_{SCT} = Corriente de corto-circuito generada por el modulo fotovoltaico, en [A].

I_{SC} = Corriente de corto-circuito producida por cada rama en paralelo del generador, en [A].

N_R = Número de ramas en paralelo del generador.

$I_{nom_{con}}$ = Corriente nominal del controlador de carga, en [A].

FS = Factor de seguridad establecido de 1,25, en [%].

4.9.7. Selección del Inversor del Sistema Fotovoltaico

La tensión de entrada en el inversor de una instalación fotovoltaica no será siempre constante, por lo que el inversor debe ser capaz de transformar distintas tensiones continuas de un determinado rango. Este rango suele ser de un 10%.

Para la determinación del Inversor se deberá conocer carga máxima en corriente alterna del sistema la cual es de **1555,56 Wh/día** por ende se tiene que multiplicar por un factor inversor para la seguridad del sistema antes mencionado, mediante la siguiente ecuación se determina la capacidad del inversor a ser instalado en el sistema fotovoltaico.

$$C_{Inv} = E_r * FI \quad (17)$$

Dónde:

C_{Inv} = Carga máxima del Inversor

E_r = Energía real necesaria

FI = Factor Inversor, este factor será de 1,3 para la determinación del Inversor.

4.9.8. Selección del Calibre del conductor

Para determinar el dimensionamiento de los conductores, se deben tener en cuenta la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC Instalaciones Eléctricas, la cual estipula: que “La capacidad de corriente de los conductores y la corriente nominal o ajuste de disparo de los dispositivos de protección contra sobrecorriente en un circuito de un sistema solar fotovoltaico no debe ser menor al 125 % de la corriente calculada.”

Formula de caída de tensión

$$S = \frac{2 * I * L}{\sigma * \Delta V} \text{ (Formula caída de tensión)} \quad (18)$$

Dónde:

S: Sección de cable (mm²)

I: Corriente (A)

L: Largo del cable (m)

σ = Conductividad (cobre =59)

ΔV = Caída de tensión (Para corriente continua 1V)

Una vez determinado la sección de cada tramo del sistema, se debe seleccionar el calibre del conductor mediante el **Anexo VI**, el cual es una tabla con los distintos calibres.

Para corriente alterna

$$S = \frac{2 * I * L * \cos\varphi}{\sigma * \Delta V} \text{ (Formula caída de tensión)} \quad (19)$$

Dónde:

$\cos\varphi$ = Factor de potencia (0.85 considerar para el cálculo)

σ = Conductividad (cobre =59)

ΔV = Caída de tensión (Para corriente alterna 5V)

$S = 0.0058 * I * L$

4.9.9. Dimensionamiento de las Protecciones del Sistema Fotovoltaico

Para determinar el dimensionamiento de los conductores, se deben tener en cuenta la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC Instalaciones Eléctricas, la cual estipula: **Las protección contra sobrecorriente** en un circuito de un sistema solar fotovoltaico no debe ser menor al 125 % de la corriente calculada”.

4.10. Conexiones del Sistema Fotovoltaico

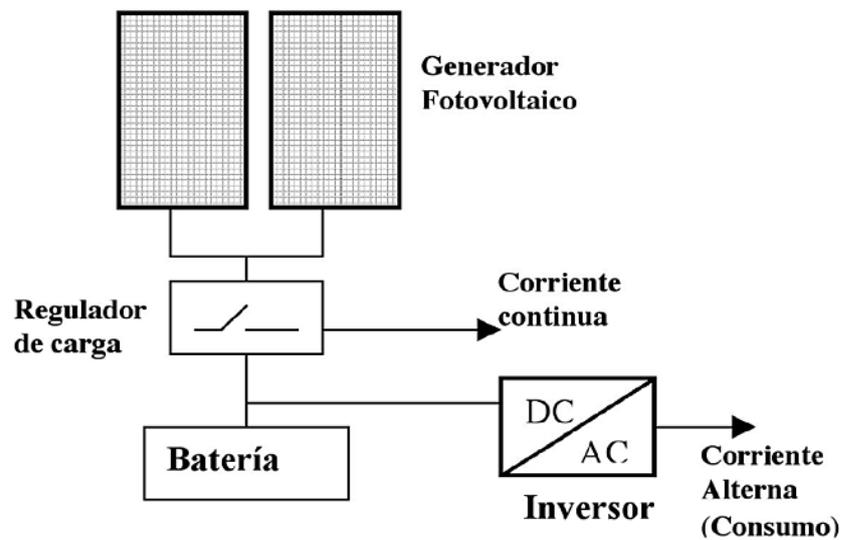


Figura 25: Conexión del sistema fotovoltaico.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Cálculos del Sistema de bombeo

A continuación, se detalla y se calcula todas las ecuaciones descritas anteriormente y por ende los valores necesarios para el dimensionamiento del sistema de bombeo de agua y del sistema fotovoltaico.

5.1.1. Cálculo del número de plantas a regar

Para el cálculo del número de plantas a regar se utilizó la ecuación 1, y después de reemplazar los valores se obtuvo el siguiente resultado:

$$NP = \frac{S}{a}; \text{ donde } a = ds^2$$
$$a = ds^2$$
$$a = 0,35 \text{ m}^2$$

Invernadero 1

$$NP1 = \frac{S1}{a}$$
$$NP1 = \frac{3000 \text{ m}^2}{0,4 \text{ m}^2}$$

$$NP1 = 7500 \text{ plantas de tomate de riñón}$$

Invernadero 2

$$NP2 = \frac{S2}{a}$$
$$NP2 = \frac{2000 \text{ m}^2}{0,35 \text{ m}^2}$$

$$NP2 = 5000 \text{ plantas de tomate de riñón}$$

Invernadero 3

$$NP3 = \frac{S3}{a}$$
$$NP3 = \frac{1300 \text{ m}^2}{0,35 \text{ m}^2}$$

$$NP3 = 3250 \text{ plantas de tomate de riñón}$$

5.1.2. Cálculo de la lámina de agua

Para el cálculo de la lámina de agua se utilizó la ecuación 2, y después de reemplazar los valores se obtuvo el siguiente resultado:

$$L = \theta * z$$

$$L = 0,50 * 200 \text{ mm}$$

$$L = 100 \text{ mm}$$

5.1.3. Cálculo volumen de agua

Para el cálculo del volumen de agua necesaria se utilizó la ecuación 3, y después de reemplazar los valores se obtuvo los siguientes resultados:

$$V = Np * Lncp$$

Invernadero 1

$$V1 = Np * Lncp$$

$$V1 = 7500 * 0.75l$$

$$V1 = 5,625 \frac{m^3}{Invernadero}$$

Invernadero 2

$$V2 = Np * Lncp$$

$$V2 = 5000 * 0.75l$$

$$V2 = 3,750 \frac{m^3}{Invernadero}$$

Invernadero 3

$$V3 = Np * Lncp$$

$$V3 = 3250 * 0.75l$$

$$V3 = 2,4375 \frac{m^3}{Invernadero}$$

5.1.4. Cálculo de las pérdidas de carga

Para el cálculo de las pérdidas de carga se utilizó la ecuación 4, y después de reemplazar los valores se obtuvo los siguientes resultados:

Invernadero 1 - Tramo de impulsión o bombeo

- ✓ Caudal de bombeo = 30 lt/min = 0,7 lt/seg
- ✓ Longitud del tramo= 100 m

$$hf = \frac{(1743,81) * L * (Q_b)^{1,85}}{C^{1,85} * \varnothing^{4,87}}$$
$$hf1 = \frac{(1743,81) * L * (Q_b)^{1,85}}{C^{1,85} * \varnothing^{4,87}}$$
$$hf1 = \frac{(1743,81) * 100 \text{ m} * (0,7 \text{ lt/seg})^{1,85}}{(150)^{1,85} * (1,5)^{4,87}}$$

$$hf1 = 34,28 \text{ m}$$

Invernadero 2 - Tramo de impulsión o bombeo

- ✓ Caudal de bombeo = 30 lt/min = 0,7 lt/seg
- ✓ Longitud del tramo= 100 m

$$hf2 = \frac{(1743,81) * L * (Q_b)^{1,85}}{C^{1,85} * \varnothing^{4,87}}$$
$$hf2 = \frac{(1743,81) * 100 \text{ m} * (1,67 \text{ lt/seg})^{1,85}}{(150)^{1,85} * (1,5)^{4,87}}$$

$$hf2 = 34,28 \text{ m}$$

Invernadero 3 - Tramo de impulsión o bombeo

- ✓ Caudal de bombeo = 30 lt/min = 0,7 lt/seg
- ✓ Longitud del tramo= 200 m

$$hf3 = \frac{(1743,81) * L * (Q_b)^{1,85}}{C^{1,85} * \varnothing^{4,87}}$$
$$hf3 = \frac{(1743,81) * 200 \text{ m} * (0,7 \text{ lt/seg})^{1,85}}{(150)^{1,85} * (1,5)^{4,87}}$$

$$hf3 = 68,57 \text{ m}$$

5.1.5. Cálculo de la potencia de la bomba

Para el cálculo de la potencia de la bomba se utilizó la ecuación 5, y después de reemplazar los valores se obtuvo el siguiente resultado:

El cálculo siguiente se determinó la potencia de la bomba necesaria para el Invernadero 1:

$$P1 = \frac{hf * Q_b}{76 * \eta}$$
$$P1 = \frac{34,28 \text{ m} * 0,7 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}}{76 * 0,90}$$
$$P1 = 0,35 \text{ HP} \cong 0,5 \text{ HP}$$

El cálculo siguiente se determinó la potencia de la bomba necesaria para el Invernadero 2:

$$P2 = \frac{hf * Q_b}{76 * \eta}$$
$$P2 = \frac{34,28 \text{ m} * 0,7 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}}{76 * 0,90}$$
$$P2 = 0,35 \text{ HP} \cong 0,5 \text{ HP}$$

El cálculo siguiente se determinó la potencia de la bomba necesaria para el Invernadero 3:

$$P3 = \frac{hf * Q_b}{76 * \eta}$$
$$P3 = \frac{68,57 \text{ m} * 0,7 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}}{76 * 0,9}$$
$$P3 = 0,70 \text{ HP} \cong 0,75 \text{ HP}$$

Según los cálculos realizados se determinaron que la potencia de la bomba debe de ser de $\frac{3}{4}$ **HP** para cada uno de los invernaderos, por otro lado, los invernaderos están interconectados uno con otro y solo se utilizará una bomba para todos, pero no al mismo tiempo el funcionamiento del mismo.

5.1.6. Cálculo de la duración de riego

Para el cálculo de la duración de riego se utilizó la ecuación 6, y después de reemplazar los valores se obtuvo los siguientes resultados:

$$t = \frac{V}{V_{referido}}$$

Invernadero 1

$$t1 = \frac{V1}{V_{referido}}$$

$$t1 = \frac{5,625 \frac{m^3}{Invernadero}}{1,8 \frac{m^3}{hora}}$$

$$t1 = 3,13 \frac{horas}{Invernadero}$$

Invernadero 2

$$t2 = \frac{V2}{V_{referido}}$$

$$t2 = \frac{3,750 \frac{m^3}{Invernadero}}{1,8 \frac{m^3}{hora}}$$

$$t2 = 2,08 \frac{horas}{Invernadero}$$

Invernadero 3

$$t3 = \frac{V3}{V_{referido}}$$

$$t3 = \frac{2,4375 \frac{m^3}{Invernadero}}{1,8 \frac{m^3}{hora}}$$

$$t3 = 1,35 \frac{horas}{Invernadero}$$

5.2. Cálculos del Sistema Fotovoltaico

5.2.1. Cálculo del Ángulo de inclinación del panel solar

Para el cálculo del ángulo de inclinación se necesita de la latitud y longitud del lugar a implementar, a continuación, se detalla esos datos:

Coordenadas geográficas de Salcedo

Latitud: 1.0455° Longitud: 78.5906° 45' 28" Norte, 11° 34' 6" Este

$$\theta = 1,04^\circ + 15^\circ$$

$$\theta = 16,04^\circ$$

5.2.2. Cálculo del ángulo azimut

$\varphi = \text{latitud del lugar de estudio}$

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 * \varphi$$

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 * 1.04$$

$$\theta = 4.41^\circ$$

5.2.3. Cálculo de la Energía Real Necesaria

Para el cálculo de la energía real necesaria se utilizó las ecuaciones 9, 10, y después de reemplazar los valores se obtuvo los siguientes resultados:

$$Rt = 1 - k_b - k_c - k_r - k_v * \left(1 - \frac{k_a * N}{P_d}\right)$$

$$Rt = 1 - 0,05 - 0,1 - 0,03 - 0,1 * \left(1 - \frac{0,005 * 1}{0,75}\right)$$

$$Rt = 0,72$$

$$E_r = \frac{E_{dr}}{Rt}$$

$$E_r = \frac{1120 \text{ Wh/día}}{0,72}$$

$$E_r = 1555,56 \text{ Wh/día}$$

5.2.4. Cálculo del número de paneles fotovoltaicos

Para el cálculo del número de paneles fotovoltaicos se utilizó la ecuación 11, y después de reemplazar los valores se obtuvo el siguiente resultado:

$$N_T = \frac{E_r}{P_p * G_{mB} * P_G}$$
$$N_T = \frac{1555,56 \frac{Wh}{día}}{200 \frac{W}{m^2} * 5,89 \text{ kWh/m}^2 * 0,9}$$

$$N_T = N_{tp} * F_s$$

$$N_T = 1,46 \text{ Paneles} \cong 2$$

$$N_T = 2 * 0,3 = 0,6 \cong 1 \text{ panel}$$

$$N_T = 2 + 1 = 3 \text{ Paneles necesarios}$$

5.2.5. Cálculo del número de baterías

Para el cálculo del número de baterías se utilizó las ecuaciones 12, 13, 14, y después de reemplazar los valores se obtuvo los siguientes resultados:

$$C_n[Wh] = \frac{E_r * N}{P_d}$$

$$C_n[Wh] = \frac{E_r * N}{P_d}$$

$$C_n[Wh] = \frac{1555,56 \text{ Wh/día} * 1}{0,75}$$

$$C_n[Wh] = 2074,08 \left[\frac{Wh}{día} \right]$$

$$C_n[Ah] = \frac{C_n[Wh]}{V_{Bateria}}$$

$$C_n[Ah] = \frac{C_n[Wh]}{V_{Bateria}}$$

$$C_n[Ah] = \frac{2074,08 \text{ Wh/día}}{12 \text{ V}}$$

$$C_n[Ah] = 172,84 [Ah]$$

$$N_{\text{Baterias-paralelo}} = \frac{C_n[Ah]}{Ah_{\text{Baterias}}}$$

$$N_{\text{Baterias-paralelo}} = \frac{172,84 [Ah]}{70 \text{ Ah}}$$

$$N_{\text{Baterias-paralelo}} = 2,45 \text{ baterias} \cong 3 \text{ baterias necesarias en paralelo}$$

5.2.6. Cálculo del Regulador de Carga

La variable I_{SC} se obtiene de la hoja de datos del fabricante del panel solar seleccionado anteriormente, se verifica en el Anexo II y reemplazando en la ecuación 15 se tiene:

$$I_{SCT} = I_{SC} * N_R * FS$$

$$I_{SCT} = 12,82 \text{ A} * 1 * 1,25$$

$$I_{SCT} = 16,025 * 3 = 48.075 = 60[A]$$

Se calcula la corriente hacia la carga en el caso más crítico, en nuestro caso esto será cuando se conecte una carga 560W entonces la corriente queda establecida de la siguiente manera mediante la ecuación 16:

$$I_{\text{carga}} = \frac{E_R * FS}{V_{\text{func}_{sal}}}$$

$$I_{\text{carga}} = \frac{1555,56 \text{ W} * 1,25}{110 \text{ V}}$$

$$I_{\text{carga}} = 17,67 \text{ A}$$

Como se mencionó anteriormente para el dimensionamiento del controlador se debe tomar la corriente mayor ya sea la producida por el generador fotovoltaico o la máxima que demande la carga, por lo tanto, ya que la corriente de corto circuito del generador es mayor a la corriente pico demandada por el sistema, se opta por tomar la I_{carga} para dimensionar el controlador de carga.

Teniendo en cuenta el diseño se selecciona el regulador SOLAR CHARGE CONTROLLER Modelo: BSC6024, 60A, 12V/24V. (Ver **Anexo XII**).

5.2.7. Cálculo del Inversor

A la hora de dimensionar el inversor se tendrá en cuenta la potencia que demanda la carga AC, de forma que se elegirá un inversor cuya potencia nominal sea algo superior a la máxima demandada por la carga, en nuestro caso el inversor a utilizar será de 2500W Marca MAXX sst Modelo: Vector 2500 Watts. Ver hoja de características del inversor en el **Anexo XIV**.

$$C_{Inv} = E_r * FI$$

$$C_{Inv} = 1555,56 W * 1,3$$

$$C_{Inv} = 2022,22 W \cong 2500 W \text{ Inversor necesario}$$

5.2.8. Cálculo del Calibre de conductor

La selección de los conductores requeridos por tramos serán calculados por la ecuación 17 y posteriormente tabulado en la tabla 8, se realizara como ejemplo el tramo correspondiente al circuito 1 panel-regulador.

Longitud: 4m

I: 34.26 A

$$S = \frac{2 * I * L}{\sigma * \Delta V}$$

$$S = 0.0339 * 34,26A * 4m = 4,65 mm^2$$

Entonces la corriente del conductor (I_c) será la corriente calculada por el 120% que estipula la norma quedando de la siguiente manera:

$$S = 4.65 mm^2 * 1.25$$

$$S = 5,81 mm^2$$

La selección de los conductores requeridos por tramos serán calculados por la ecuación 17 y posteriormente tabulado en la tabla 8, se realizara como ejemplo el tramo correspondiente al circuito 2 Baterías-Regulador.

Longitud: 4m

I: 43,48 A

$$S = \frac{2 * I * L}{\sigma * \Delta V}$$

$$S = 0,0339 * 43,48A * 4m = 5,89 \text{ mm}^2$$

Entonces la corriente del conductor (Ic) será la corriente calculada por el 125% que estipula la norma quedando de la siguiente manera:

$$S = 5,89 * 1,25 \text{ mm}^2 =$$

$$S = 7,37 \text{ mm}^2$$

La selección de los conductores requeridos por tramos serán calculados por la ecuación 17 y posteriormente tabulado en la tabla 8, se realizara como ejemplo el tramo correspondiente al circuito 3 Regulador-Inversor.

Longitud: 4m

I: 22,72 A

$$S = \frac{2 * I * L}{\sigma * \Delta V}$$

$$S = 0.0339 * 22,72A * 4m = 3,08 \text{ mm}^2$$

Entonces la corriente del conductor (Ic) será la corriente calculada por el 125% que estipula la norma quedando de la siguiente manera:

$$S = 3,08 * 1,25 \text{ mm}^2 =$$

$$S = 3,85 \text{ mm}^2$$

La selección de los conductores requeridos por tramos serán calculados por la ecuación 17 y posteriormente tabulado en la tabla 8, se realizara como ejemplo el tramo correspondiente al circuito 4 Inversor-Carga.

L: 15m

I: 22.73 A

$$S = \frac{2 * I * L * \cos\phi}{\sigma * \Delta V}$$

$$S = 0.0058 * 22.73A * 15m = 1.96 \text{ mm}^2$$

Entonces la corriente del conductor (Ic) será la corriente calculada por el 125% que estipula la norma quedando de la siguiente manera:

$$S = 1,96 * 1,25 = 2,45 \text{ mm}^2$$

5.2.9. Cálculo de protecciones

Protecciones en corriente continúa

Protección panel

$$P_{max} = 3 * 200W_p = 600W$$

$$V_{mp} = 18V$$

$$I_{mp} = 11.42 A$$

$$I_{cc} = 3 * 11.42 A = 34.26 A$$

Protección Regulador

$$V_{cc} = 12/24 V$$

$$P_{max} = 600W$$

$$V = 12V * 1.15 = 13.8 V$$

$$I_{cc} = \frac{P_{max}}{V_{cc}}$$

$$I_{cc} = \frac{600W}{13.8V} = 43.48 A$$

Protección Inversor

$$12V_{cc} = 110V_{ca}$$

$$P_{mas} = 600W$$

$$I_{cc} = \frac{P_i}{V_{cc}}$$

$$I_{cc} = \frac{600W}{12V} = 50 A$$

Protecciones en corriente alterna

Protección Carga

$$I_{ca} = \frac{P_i}{V_{ca}}$$

$$I_{ca} = \frac{2500 W}{110 V} = 22.73 A$$

Tabla 8. Selección de conductores eléctricos para cada circuito

CIRCUITO	TENSION (V)	SECCIÓN TRANSVERSAL (mm²)	CONDUCTOR
PANEL-REGULADOR	12	5,81	10
BATERIA-INVERSOR	12,8	7,34	6
REGULADOR-BATERIA	110	5,89	10
INVERSOR-CARGA	110	2,45	14

Por ende, se selecciona un conductor calibre número 10, ya que este soporta una corriente de 35 A y se selecciona un calibre número 6 para las baterías ya que soporta hasta una corriente máxima de 100 A.

5.2.10. Cálculo de las Protecciones del Sistema Fotovoltaico

Las protecciones necesarias para los circuitos existentes en el sistema fotovoltaico se establecen en la tabla 8 y los resultados de las protecciones se detallan en la tabla 9.

Tabla 9. Protecciones de circuitos en módulo solar fotovoltaico

CIRCUITO	CORRIENTE MAXIMA (A)	PROTECCIONES
PANEL-REGULADOR	34,26	40 A
BATERIA-INVERSOR	50	60 A
REGULADOR-BATERIA	43,48	50A
INVERSOR-CARGA	6,37	25 A

6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

Tabla 10. Tabla de Presupuesto global del Proyecto por tipo de recurso

RUBROS	Tipo de recurso		TOTAL
	Efectivo	En especie	
MATERIALES Y SUMINISTROS. (Gastos Directos)	135,00	-	135,00
COMPRA DE EQUIPOS PARA USO DIRECTO DEL PROYECTO (Gastos Directos)	1485,00	-	1485,00
IMPREVISTOS (Gastos Indirectos)	165,00	-	165,00
TOTAL:			1785,00
<p>Observaciones: Los tesistas aportaron el gasto total del proyecto. En los Anexos se puede apreciar los elementos que van hacer incorporados en el sistema fotovoltaico a implementarse.</p>			

Tabla 11. Tabla de Materiales y Suministros (Gastos Directos)

MATERIALES	JUSTIFICACIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR
Paneles solares	Sistema de Control	116,67	350,00
Inversor	Sistema de Control	250,00	250,00
Baterías	Sistema de Control	95,00	380,00
Regulador de Carga Solar	Sistema de Control	70,00	70,00
Estructura para paneles solares	Estructura	150,00	150,00
Gabinete metálico para el sistema fotovoltaico	Sistema de Control	60,00	60,00
Cables de cobre 6 AWG	Conexiones Eléctricas	1,50	15,00
Cables de conexión	Conexiones Eléctricas	2,00	60,00
Bomba de agua ¾ HP	Sistema de bombeo	90,00	90,00

Adaptaciones para la bomba de agua	Adaptaciones	5.00	40.00
Protecciones	Tablero de control	10.00	40.00
IMPREVISTOS (Gastos Indirectos)	Acabados e imprevistos	300,00	300,00
TOTAL:			1785,00
Observaciones: En los anexos se puede apreciar el costo de los elementos que van hacer incorporados en el sistema fotovoltaico a implementarse.			

6.1. Análisis de Impactos

A continuación, se detalla los impactos necesarios en la presente propuesta tecnológica:

6.1.1. Impacto Social

Cuando se habla de Impacto Social se refiere al ámbito de la sociedad, en otras palabras, el impacto social con esta propuesta tecnológica es muy grande, ya que beneficia al Barrio Rumipamba de Navas para el desarrollo productivo en el ámbito del cultivo de tomate de riñón.

6.1.2. Impacto Tecnológico

Con esta propuesta Tecnológica se aprovechó el avance de la tecnología referente al área de las energías renovables, mediante la aplicación de equipos fundamentales para el diseño del sistema fotovoltaico y con ello fortalecer en el Barrio el ámbito de la energía eléctrica, ya que se carece de la misma.

6.1.3. Impacto Ambiental

Este aspecto engloba a todo lo que se refiere a contaminación hacia el ambiente, por otro lado, la implementación de esta propuesta es muy beneficiosa para el medio ambiente, ya que no se produce ningún tipo de contaminación en el proceso de la transformación de energía.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

- Para el sistema de bombeo se investigó a través de fuentes bibliográficas y se determinó que puede ser suministrado de un módulo de energía solar fotovoltaica, mediante la utilización de cálculos se determinó la potencia de la bomba a utilizar y con ello poder abastecer a todos los invernaderos del Barrio Rumipamba de Navas del Cantón Salcedo.
- El sistema de bombeo se lo realizó mediante la utilización de cálculos para la determinación de la bomba a utilizar y con ello poder abastecer a todos los invernaderos del Barrio Rumipamba de Navas del Cantón Salcedo.
- Con los resultados obtenidos con los dos analizadores se pudo evidenciar que el arranque de la bomba fue normal, con una corriente de arranque de 6 A, los paneles entregan una corriente máxima de 12,82 A c/u en hora pico de sol al medio día, y las baterías tienen una autonomía de un día para el riego por las noches.
- En el manual de funcionamiento se especificó todos los pasos necesarios para que el Barrio pueda manipular el sistema fotovoltaico implementado mediante una capacitación y así beneficiar de riego a todos los invernaderos del lugar.

7.2. Recomendaciones

- Se recomienda presentar esta propuesta tecnológica a los sectores estratégicos o entidades gubernamentales con el fin de buscar capital para el desarrollo y mejoramiento del sistema fotovoltaico y así poder abastecer a más invernaderos del Barrio Rumipamba de Navas del Cantón Salcedo donde carecen de servicios básicos como agua y energía eléctrica.
- Es importante tener en cuenta cada una de las configuraciones de funcionamiento del sistema fotovoltaico para evitar problemas en la generación de energía eléctrica para el abastecimiento de agua en los invernaderos en el Barrio Rumipamba de Navas.
- Para la correcta manipulación del tablero de control se recomienda utilizar el equipo de protección personal ya que se está expuesto a riesgo eléctrico lo cual podría causar algún tipo de accidente.
- Se recomienda elevar la altura de los paneles solares para evitar la sombra causada por los invernaderos.

8. REFERENCIAS

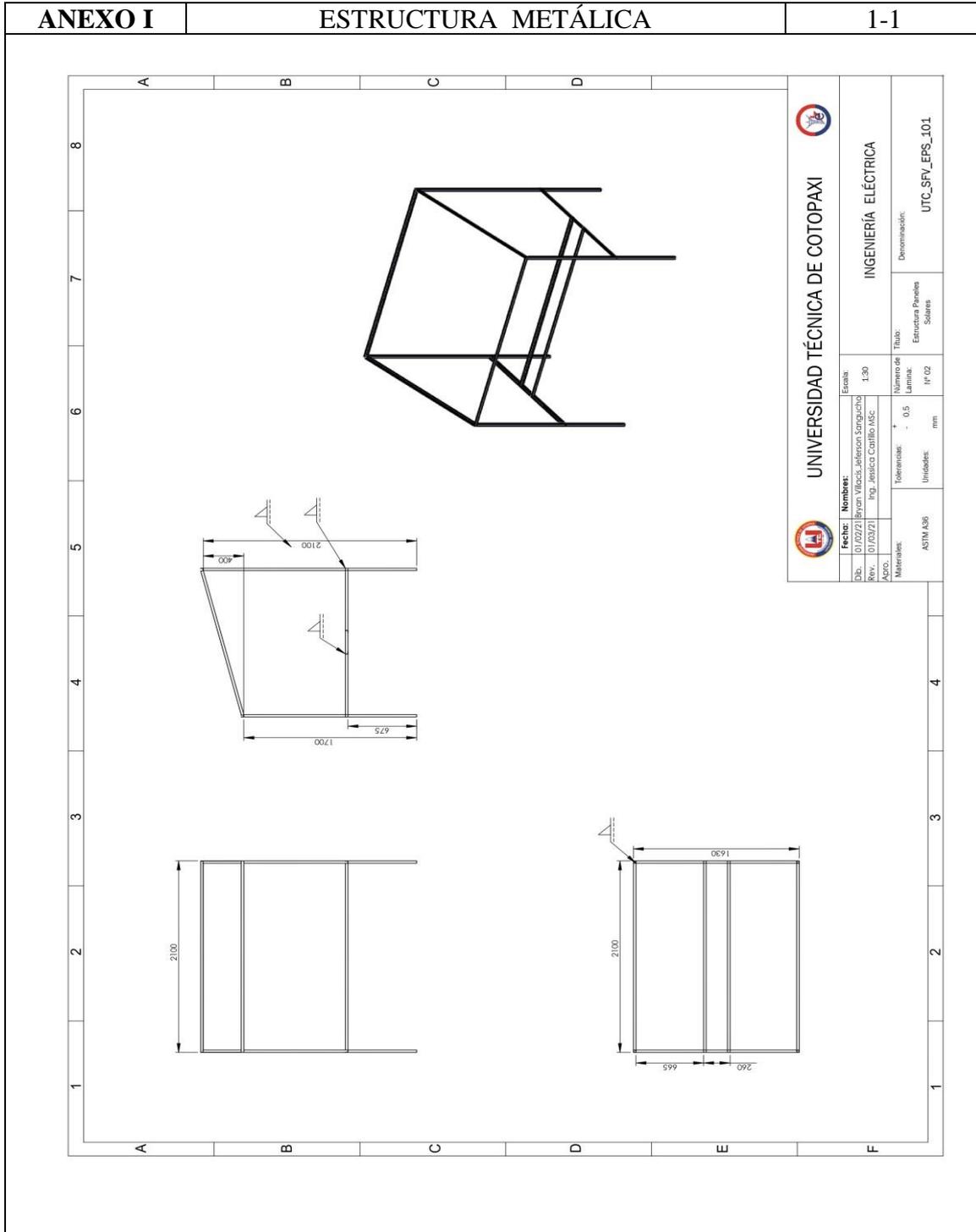
- [1] D. Arija González, *PROTOTIPO DE SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO PARA PROYECTOS DE COOPERACIÓN AL DESARROLLO CON TECNOLOGÍAS APROPIADAS*, Madrid: Universidad Carlos III de Madrid, 2010.
- [2] M. Alonso Abella y F. Chenlo Romero, *Sistemas de Bombeo Fotovoltaico*, Madrid : CIEMAT, 2015.
- [3] D. Gualancañay y H. Jaguaco , *DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO PARA ALMACENAMIENTO DE AGUA DE RIEGO EN LOS SECTORES DE CHAN CHICO Y TIOBAMBA DE LA PARROQUIA ELOY ALFARO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI*, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi, 2017.
- [4] A. Álvarez, *Análisis de un sistema de riego automatizado alimentado por energía fotovoltaica utilizando PLC*, Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2017.
- [5] Corporación para la investigación energética, *Energía Solar*, Quito: CIE, 2020.
- [6] J. Méndez Muñiz y R. Cuervo García, *Energía Solar Fotovoltaica*, Segunda ed., FC EDITORIAL, 2007.
- [7] CONELEC, *Atlas Solar del Ecuador*, Quito: Cooperación para la Investigación Energética, 2008.
- [8] T. c. p. o. A. Einstein, "The swiss years: Writting," vol. volumen 2, p. Primcenton University Press , 1900_1909.
- [9] L. V. Montse, «Instalación de sistema de bombeo fotovoltaico para riego en terreno cultivable,» julio 2018. [En línea]. Available: <https://repositori.udl.cat/bitstream/handle/10459.1/64674/mlamanav.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: Enero 2021].
- [10] Electricidad gratuita, «electricidad-gratuita.com,» 11 Enero 2020. [En línea]. Available: <http://www.electricidad-gratuita.com/paneles-solares-fotovoltaicos/>. [Último acceso: 02 Enero 2021].
- [11] L. Suarez, S. Merchan y G. Ruben, *Evaluación sobre paneles solares e implementación de prototipo con interfaz para medición de parámetros mediante minicomputadora raspberry PI*, Guayaquil: espol.edu.ec, 2016.
- [12] Ingemecánica, *Instalación Solar Fotovoltaica para bombeo de agua para Riego*,

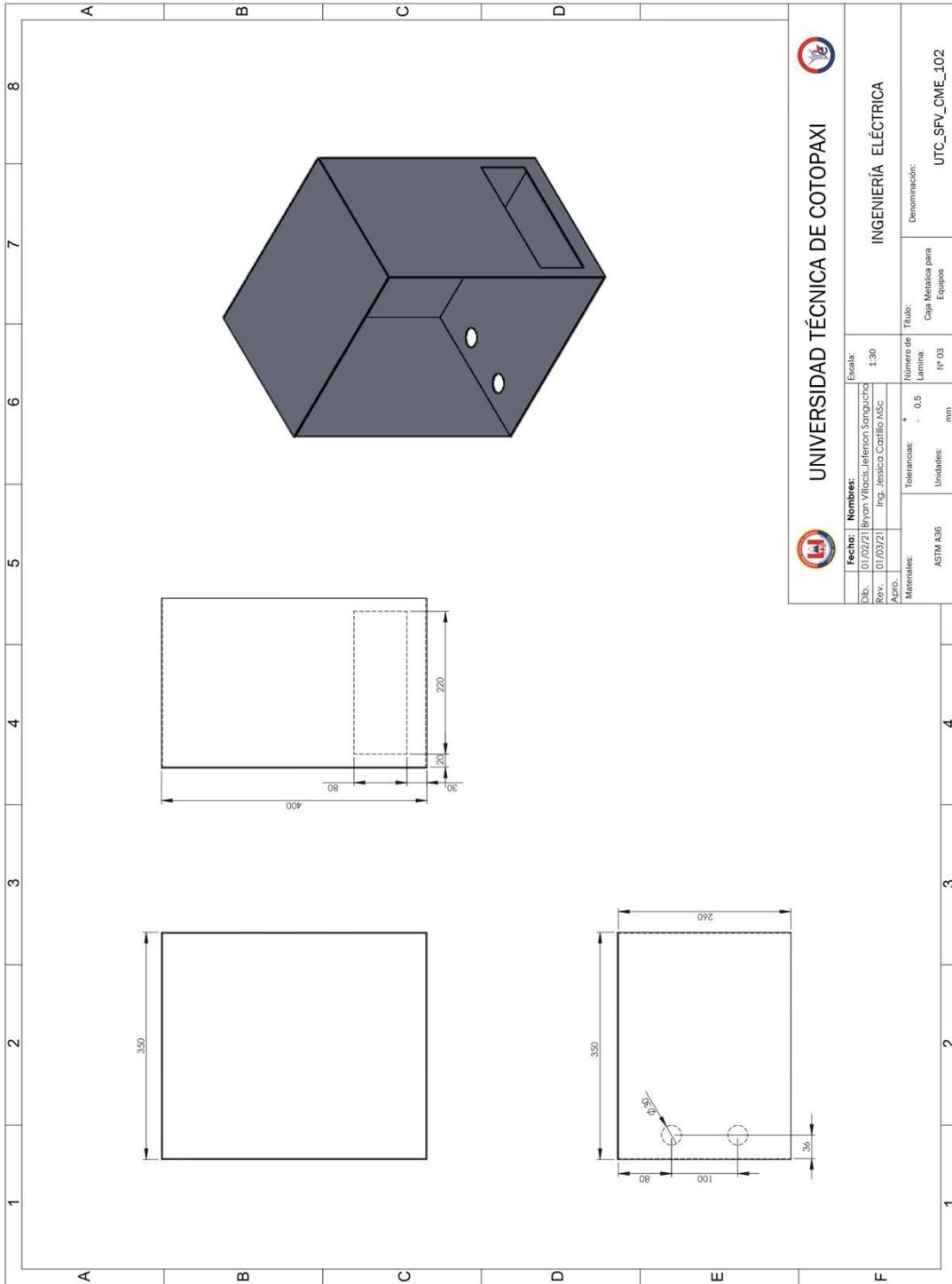
Mexico D.F.: INGEMECÁNICA.COM, 2020.

- [13] C. G. M. Alejandra, «Proyecto de factibilidad para uso de paneles solares en generación fotovoltaica de electricidad en Riobamba,» 2012. [En línea]. Available: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/2478/1/15T00522.pdf>. [Último acceso: Enero 2021].
- [14] J. Camacho Molina, *IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO MÓVIL de 1000W*, Cartagena: Universidad Tecnológica de Bolívar, 2012.
- [15] DAMIASOLAR, *Regulador solar*, Madrid: info@damiasolar.com, 2019.
- [16] J. C. Roé, «Diseño e Implementación de un Inversor multinivel para sistemas fotovoltaicos conectados a red,» 04 Enero 2009-2010. [En línea]. Available: file:///C:/Tesis_Master_J_Chavarria.pdf. [Último acceso: 02 Enero 2021].
- [17] Punto Solar, *Bateria AGM*, Santiago de Chile: Punto Solar, 2019.
- [18] M. Bruni, *Bombeo de agua motorizado*, Mexico D.F.: sswm.info, 2018.
- [19] L. Ciotti, *Sistemas de riego por goteo*, Madrid: Articulos ABC, 2011.
- [20] J. F. J. L. G. A. Ballester, *Medida y evaluación de las extracciones de agua subterránea*, Madrid: Grafistaff, 1999.
- [21] A. D. R. M. C. Claudio García, *Selección de bombas para riego*, Montevideo, Uruguay: Unidad de agronegocios y difusión de INIA Andes , 2003.
- [22] D. B. Van Dalen, *Estrategia de la Investigación Experimental*, Madrid: marcombo, 2015.
- [23] A. Garza Mercado, *Manual de técnicas de investigación para estudiantes*, Septima ed., Mexico D.F.: El colegio de Mexico, 2009, pp. 3-4.
- [24] R. Ruíz, *El Método Científico y sus Etápas*, Mexico D.F.: Grijalbo, 2007.
- [25] M. Á. Gomez Mendoza, *Investigacion, escritura y publicación*, Primera ed., Bogotá: Ecoe Ediciones, 2010, p. 170.
- [26] H. Ñaupas Paitán y E. Mejía , *Metodología de la Investigación Cuantitativa-Cualitativa y Redaccion de la Tesis*, Cuarta ed., Bogotá: ediciones de la U, 2014, p. 97.
- [27] Rong Long, «Rong Long,» 03 Enero 2020. [En línea]. Available: <https://ronglong.com.ec/bombas/bombas-agricolas/w4075-1-detail>. [Último acceso: 15 Enero 2021].

- [28] R. Gil, «El agua del suelo,» Profertil nutrientes, Buenos Aires, 2018.
- [29] M. Alonso Abella, *Dimensionado de Sistemas Fotovoltaicos*, Madrid: CIEMAT, 2017.
- [30] Solutechnia S.A.S, «Solutechnia,» 02 Enero 2020. [En línea]. [Último acceso: 14 Enero 2021].

9. ANEXOS





 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI			
		INGENIERÍA ELÉCTRICA	
Fecha: 01/02/21 Dib.: Byron Vilcás, Jefferson Sanguchico Rev.: 01/03/21 Apr.: Ing. Jessica Castillo MSc.	Nombres:	Escala: 1:30	Denominación:
Materiales: ASTM A36	Tolerancias: + 0.5 - 0.5	Número de Láminas: N° 03	Título: Caja Metálica para Equipos
	Unidades: mm		Denominación: UTC_SFV_CME_102

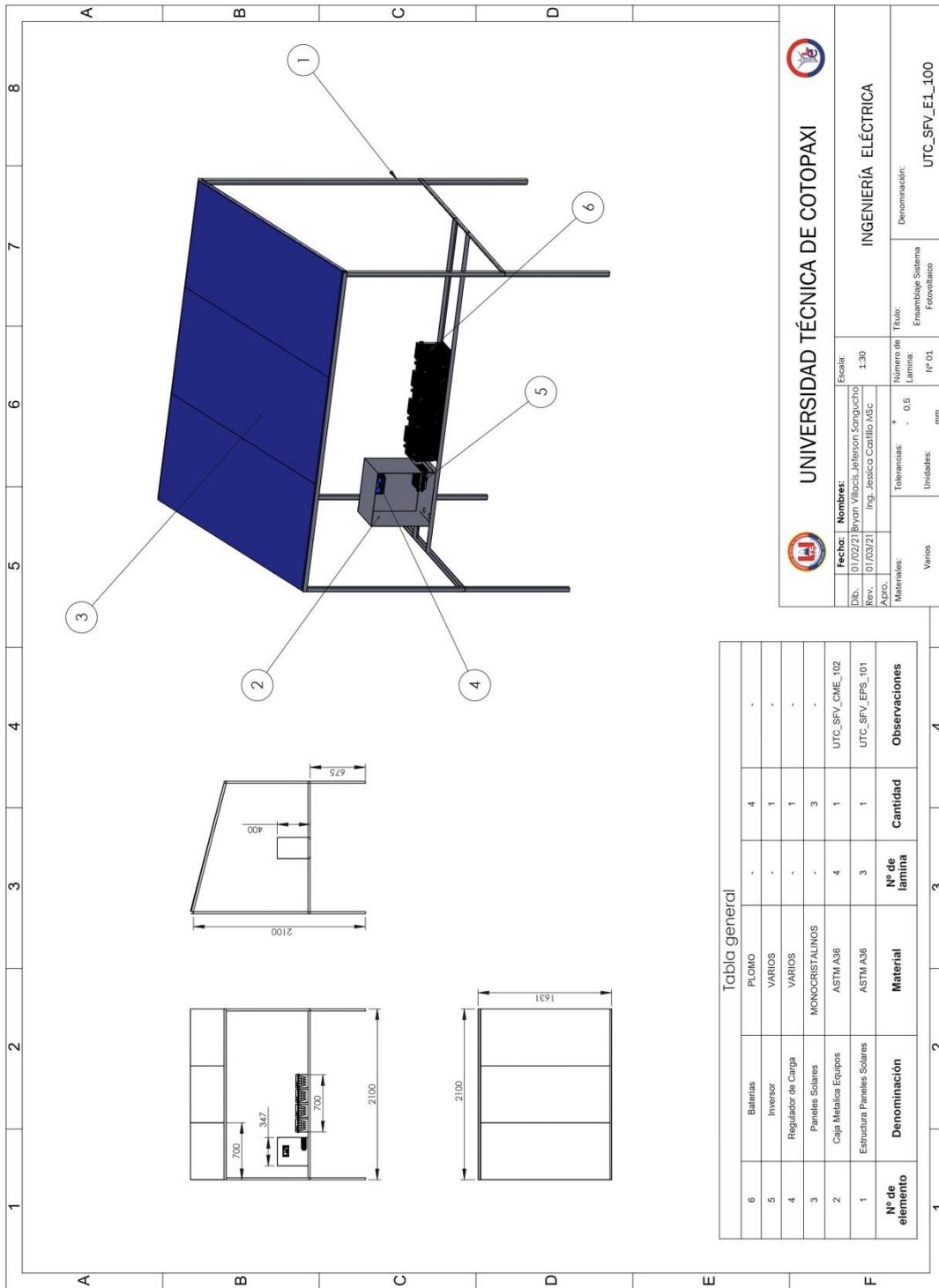


Tabla general

N° de elemento	Denominación	Material	N° de lamina	Cantidad	Observaciones
6	Baterías	PLOMO	-	4	-
5	Inversor	VARIOS	-	1	-
4	Regulador de Carga	VARIOS	-	1	-
3	Panels Solares	MONOCRISTALINOS	-	3	-
2	Caja Metálica Equipos	ASTM A36	4	1	UTC_SFV_CME_102
1	Estructura Panels Solares	ASTM A36	3	1	UTC_SFV_EPS_101

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

INGENIERÍA ELÉCTRICA

Fecha: 01/02/22
 Dib.: Bryan Villacís, Jefferson Sanguucho
 Rev.: 01/03/21
 Ing. Jassica Castillo MSc

Escala: 1:30

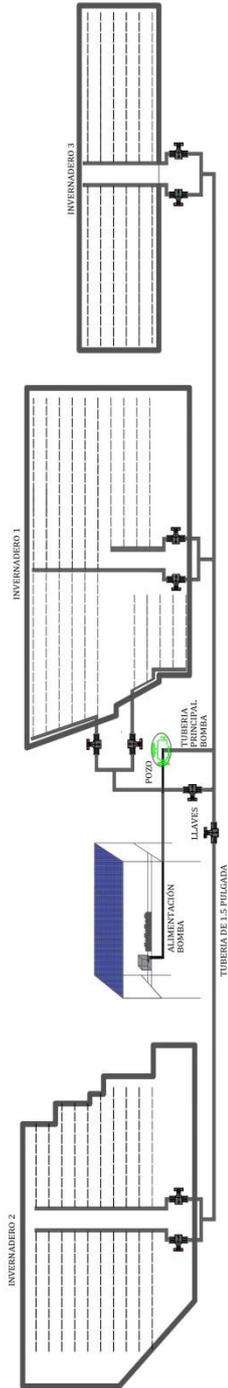
Tolerancias: + 0.5
 - 0.5

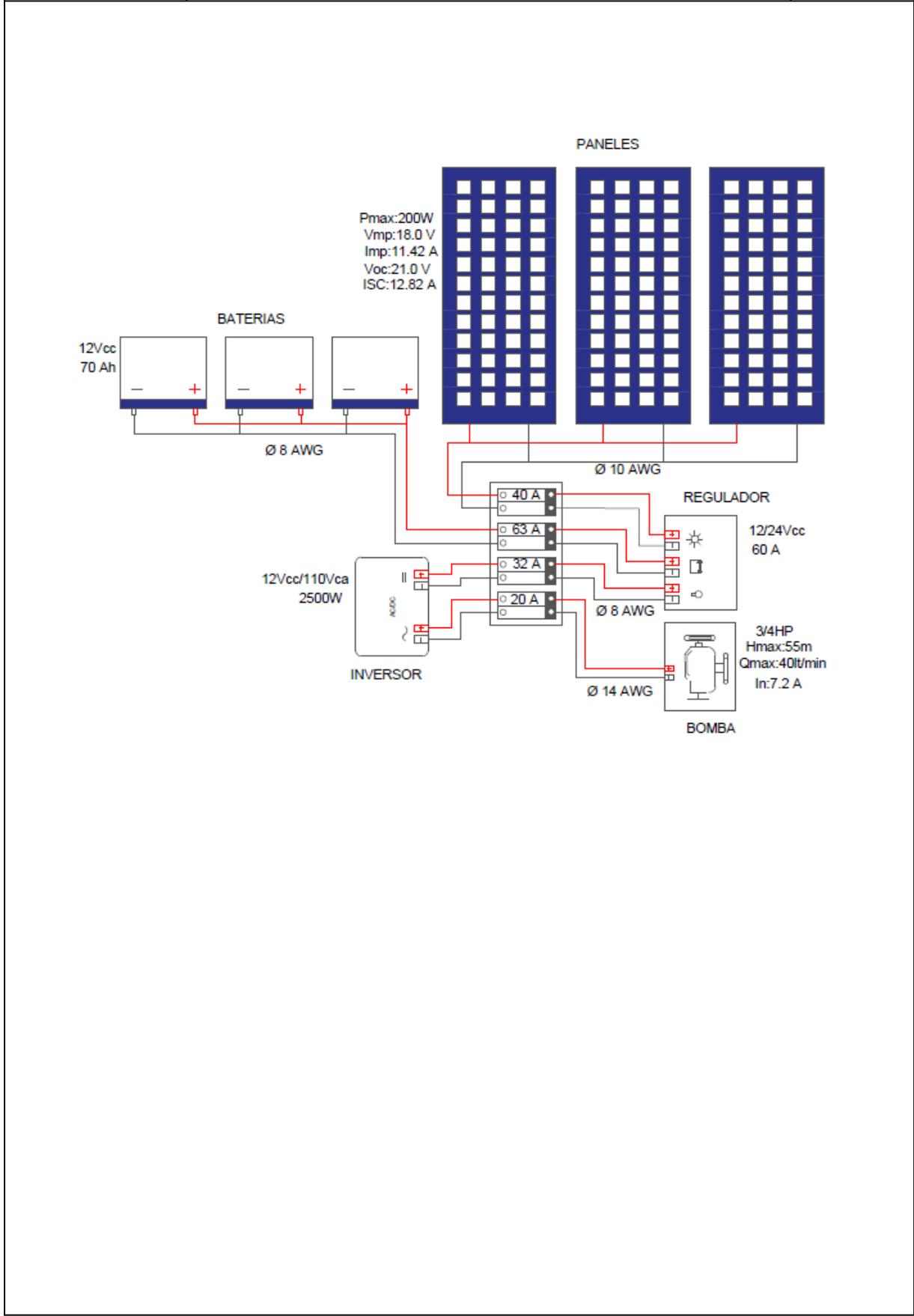
Unidades: mm

Denominación: UTC_SFV_E1_100

Título: Ensamblaje Sistema Fotovoltaico

Nº 01





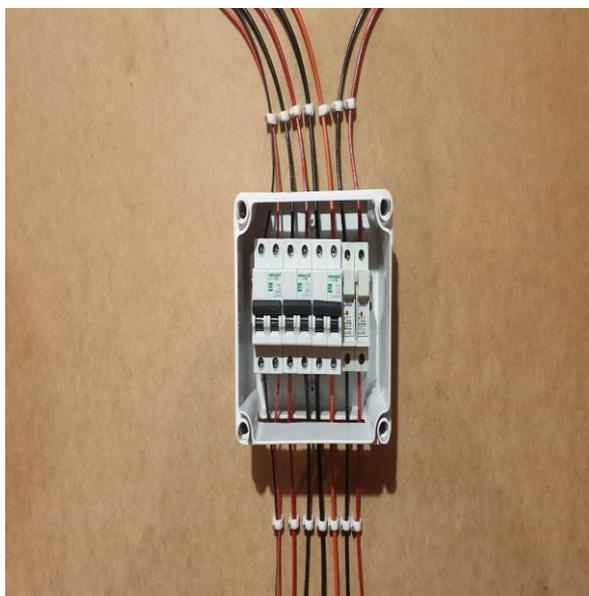
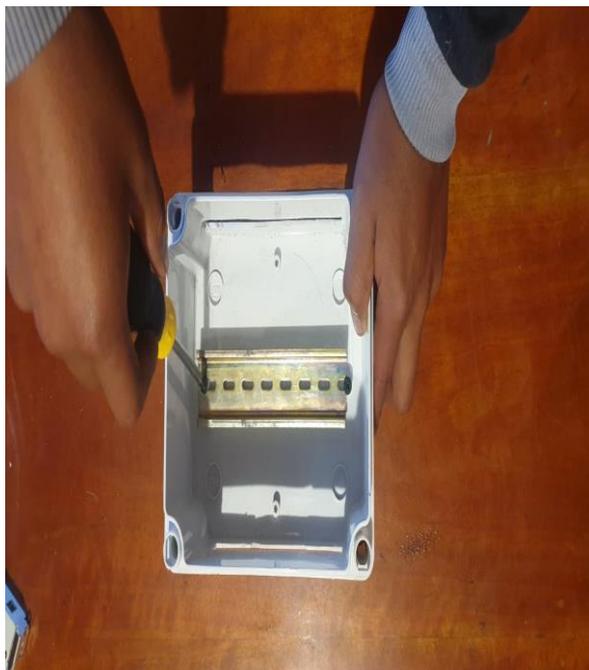
Conductor de cobre para 600 V. aislado con policloruro de vinilo (PVC) 60°C resistente a la humedad.

CONDUCTOR			Espesor de Aislamiento (mm)	Diámetro Externo Aprox. (mm)	Peso total Aprox. (kg / km)	*Capacidad de Corriente (A)
CALIBRE (AWG o kcmil)	Sección Transversal (mm ²)	No. Hilos				
FORMACIÓN SÓLIDO Y CABLEADO CONCÉNTRICO						
14	2,08	1	0,76	3,15	26,30	15
12	3,31	1	0,76	3,57	38,62	20
10	5,261	1	0,76	4,11	57,72	30
8	8,367	1	1,14	5,54	95,99	40
8	8,367	7	1,14	5,98	101,89	40
6	13,3	7	1,52	7,70	164,63	55
4	21,15	7	1,52	8,92	245,90	70
FORMACIÓN UNILAY						
14	2,08	19	0,76	3,32	27,58	15
12	3,31	19	0,76	3,82	40,60	20
10	5,261	19	0,76	4,41	60,56	30
8	8,367	19	1,14	5,90	100,61	40
6	13,3	19	1,52	7,60	162,56	55
4	21,15	19	1,52	8,79	242,87	70
2	33,62	19	1,52	10,29	367,85	95
1	42,4	19	2,03	12,20	480,40	110
1/0	53,49	19	2,03	13,21	591,62	125
2/0	67,44	19	2,03	14,33	730,21	145
3/0	85,02	19	2,03	15,59	903,58	165
4/0	107,2	19	2,03	17,01	1120,73	195
FORMACIÓN CABLEADO CONCÉNTRICO						
250	126,7	37	2,41	19,44	1350,37	215
300	162	37	2,41	20,82	1599,11	240
350	177	37	2,41	22,12	1844,34	260
400	203	37	2,41	23,31	2097,39	280
500	253	37	2,41	25,48	2583,14	320
600	304	61	2,79	28,26	3117,04	355
750	380	61	2,79	30,93	3822,35	400
1000	507	61	2,79	34,84	5033,71	455

* Capacidad máxima de corriente, para no más de 3 conductores en tensión en ducto, cable o tierra (directamente enterrados), para temperatura ambiente de 30°C. Ref NEC (Tabla 310.16).









A continuación, se detalla la cantidad de insolación global total por meses en el Ecuador:

Mes de Enero

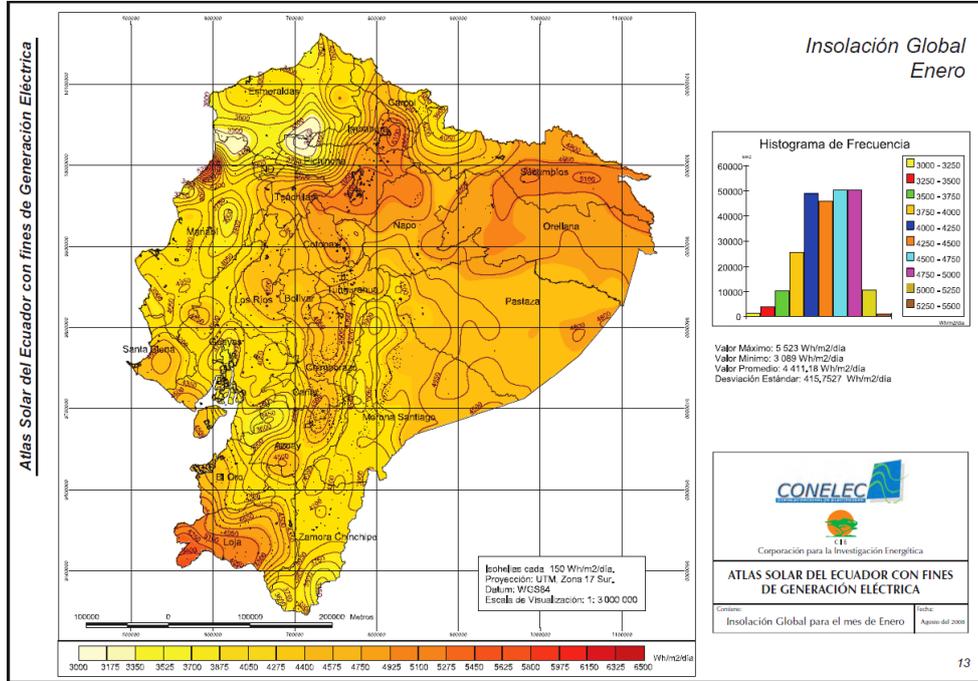


Figura 26. Irradiación Solar del mes de Enero – Ecuador

Fuente: [7].

Mes de Febrero

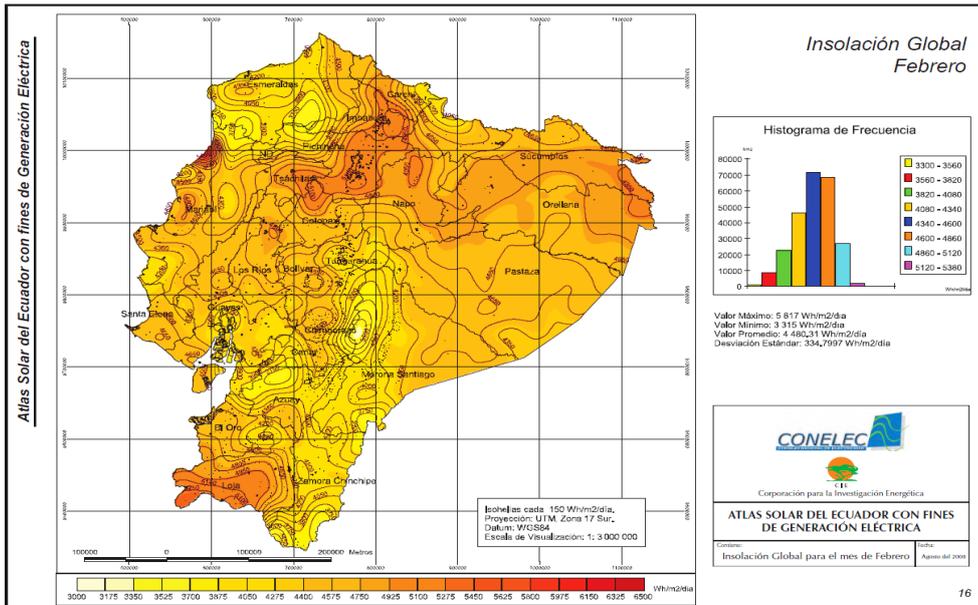


Figura 27. Irradiación Solar del mes de Febrero – Ecuador

Fuente: [7].

Mes de Marzo

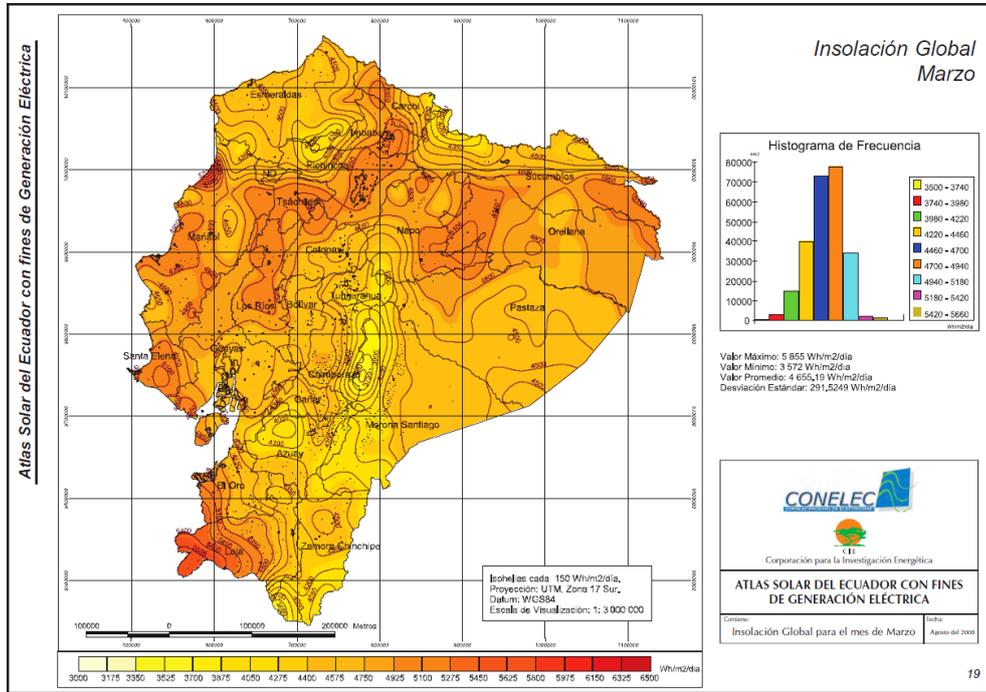


Figura 28. Irradiación Solar del mes de Marzo – Ecuador

Fuente: [7].

Mes de Abril

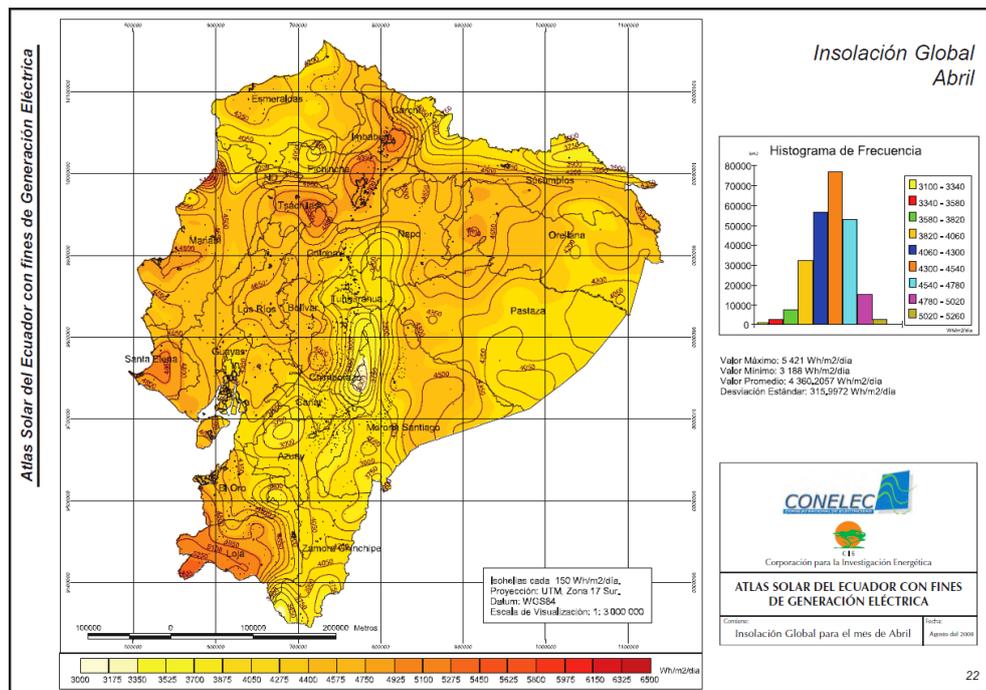


Figura 29. Irradiación Solar del mes de Abril – Ecuador

Fuente: [7].

Mes de Mayo

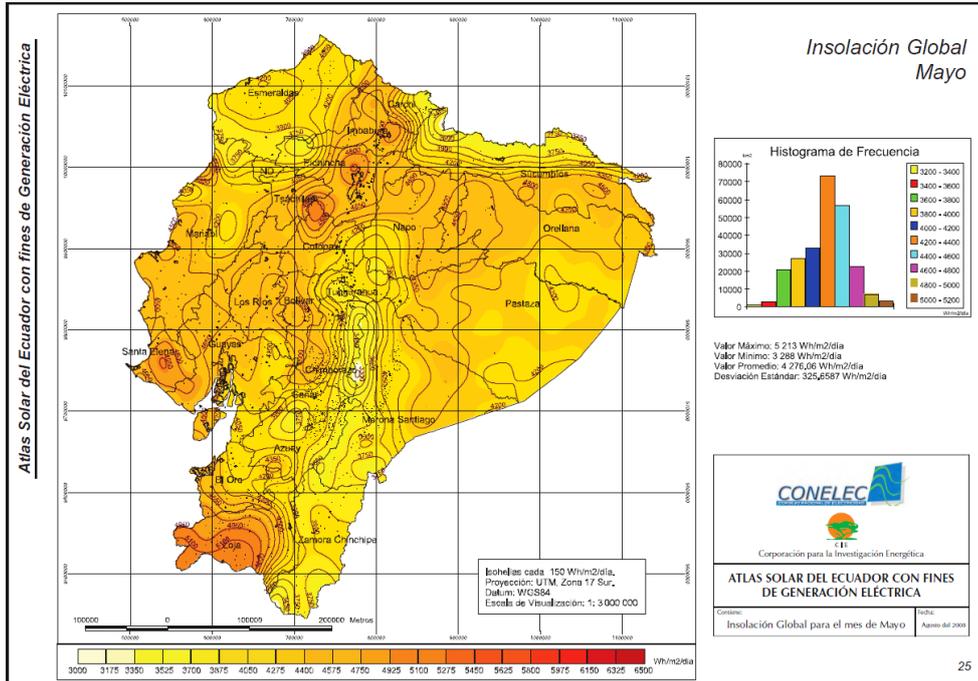


Figura 30. Irradiación Solar del mes de Mayo – Ecuador
Fuente: [7].

Mes de Junio

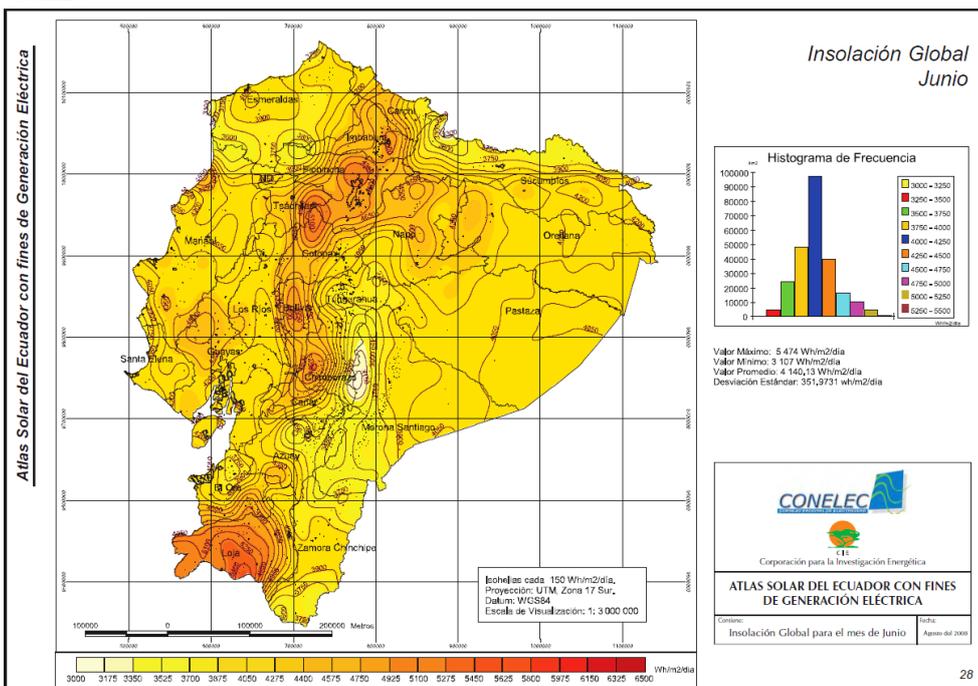


Figura 31. Irradiación Solar del mes de Junio – Ecuador
Fuente: [7].

Mes de Julio

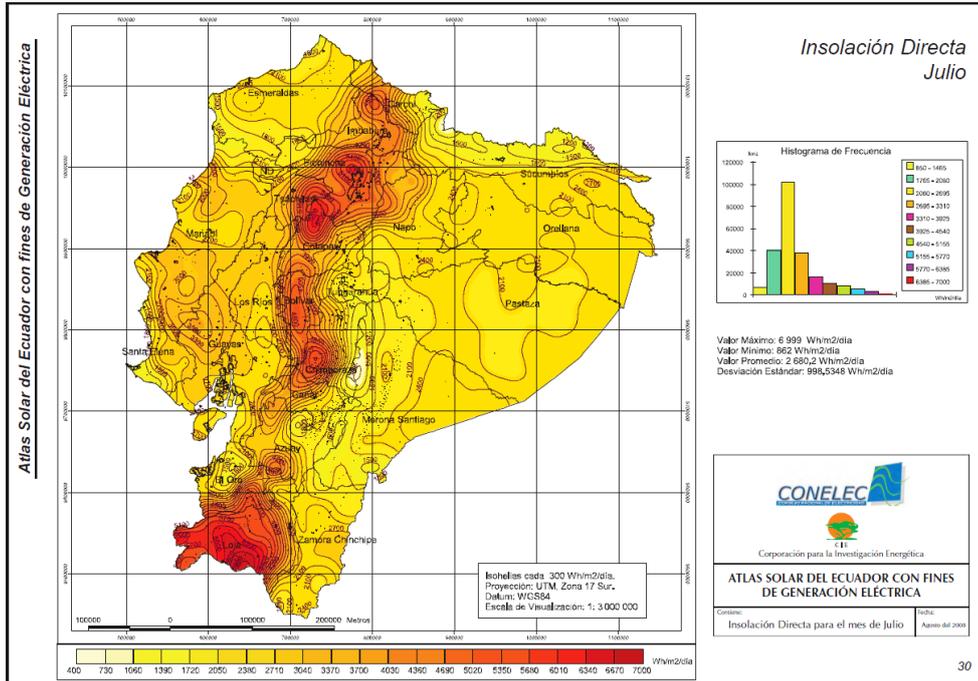


Figura 32. Irradiación Solar del mes de Julio – Ecuador

Fuente: [7].

Mes de Agosto

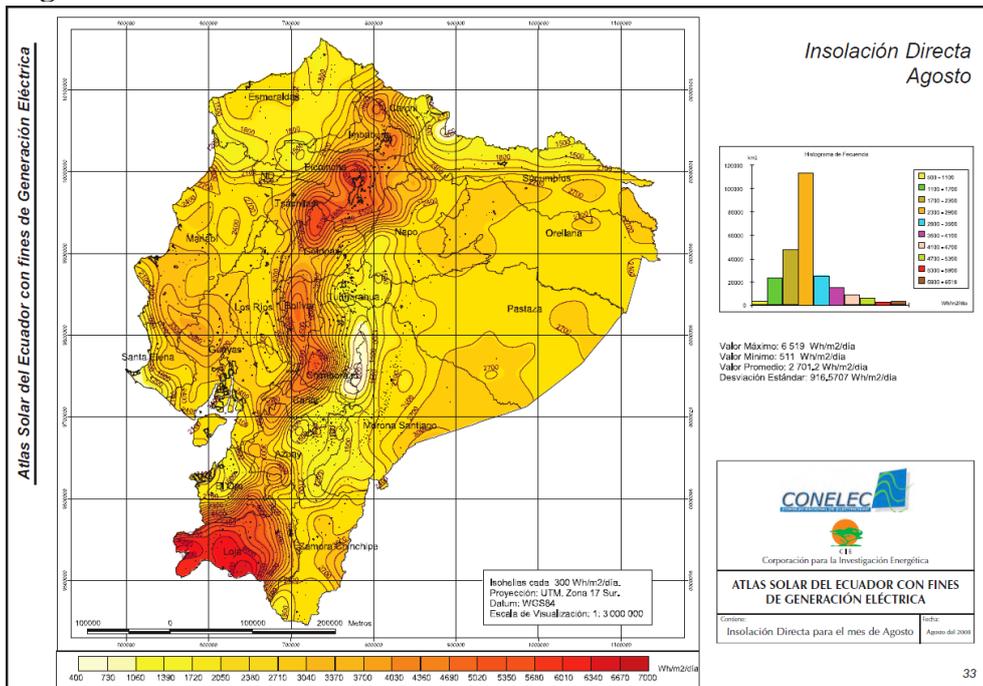


Figura 33. Irradiación Solar del mes de Agosto – Ecuador

Fuente: [7].

Mes de Septiembre

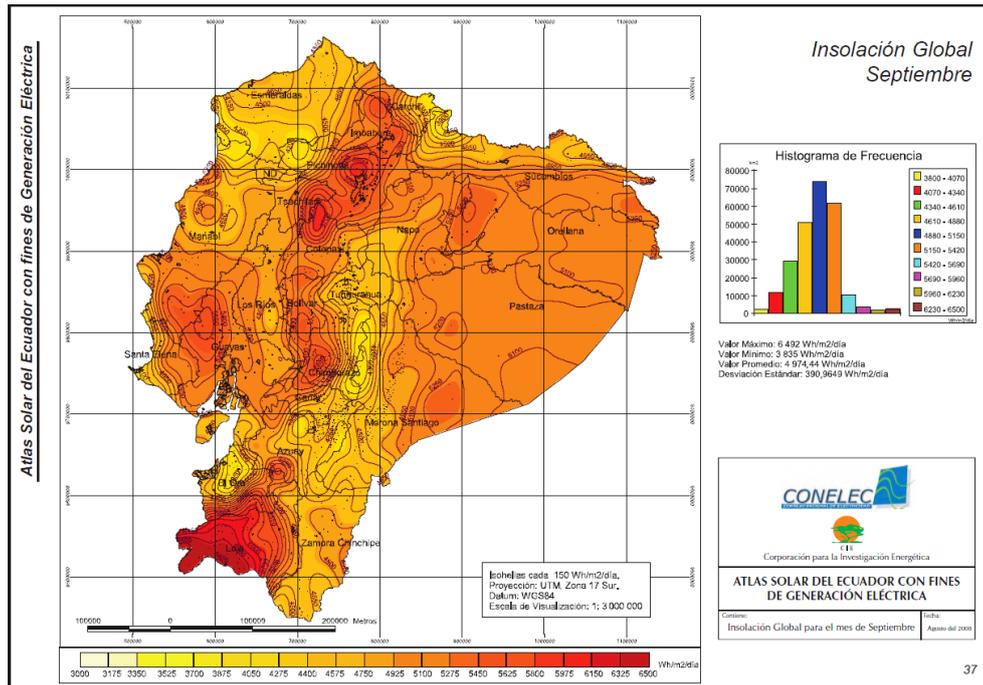


Figura 34. Irradiación Solar del mes de Septiembre – Ecuador
Fuente: [7].

Mes de Octubre

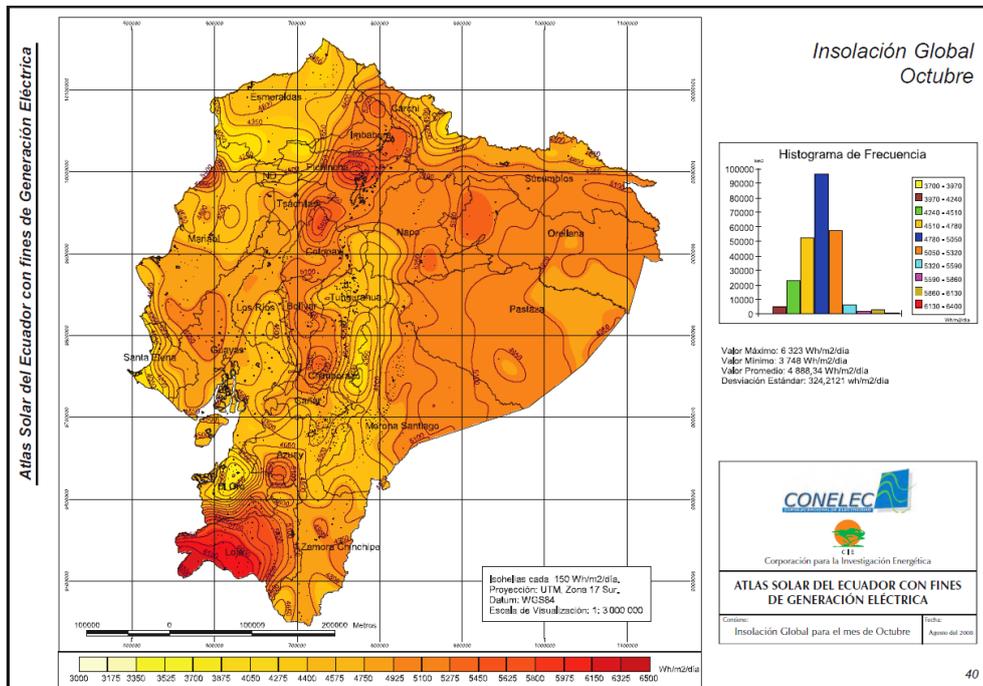


Figura 35. Irradiación Solar del mes de Octubre – Ecuador
Fuente: [7].

Mes de Noviembre

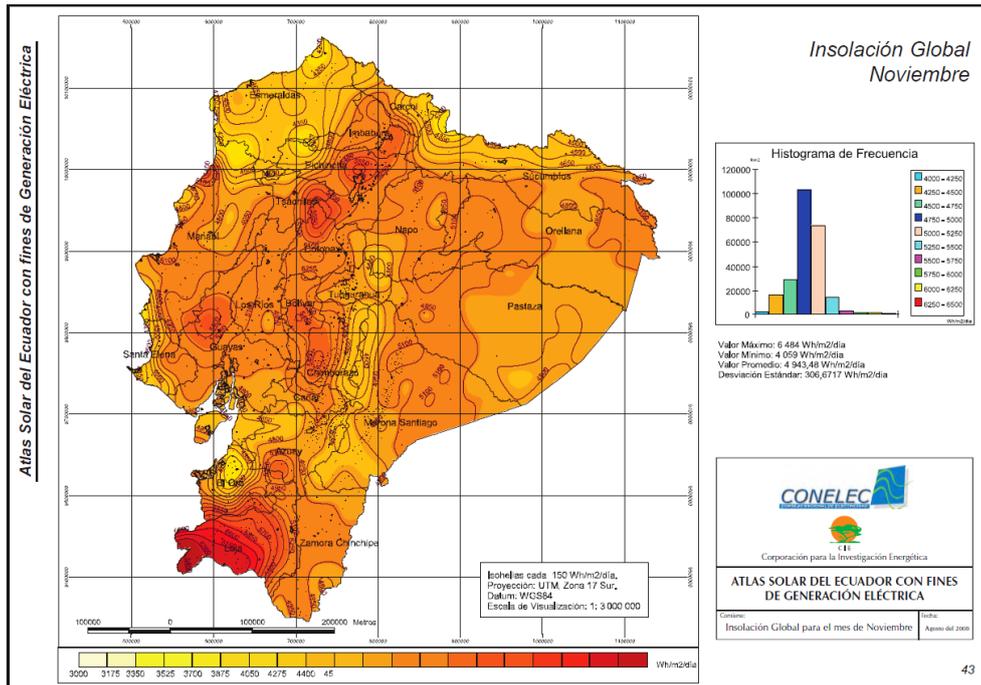


Figura 36. Irradiación Solar del mes de Noviembre – Ecuador

Fuente: [7].

Mes de Diciembre

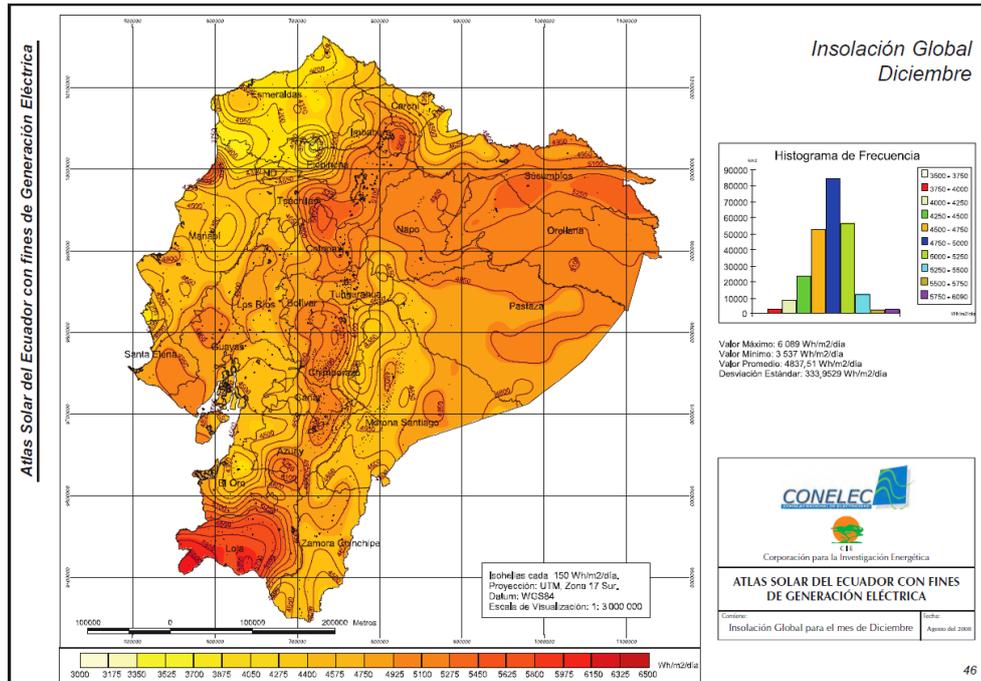


Figura 37. Irradiación Solar del mes de Diciembre – Ecuador

Fuente: [7].

PANEL SOLAR 200W 72 CÉLULAS POLICRISTALINO

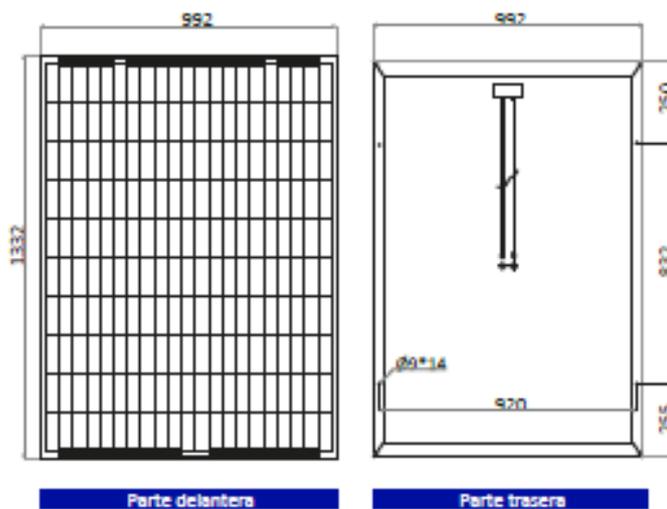
BSP200P

Características

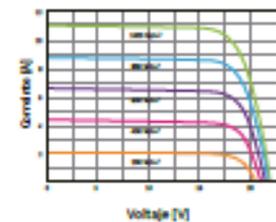
Tamaño del módulo	1332 x 992 x 35 mm
Células	72 piezas policristalinas (104 x 156 mm)
Potencia máxima (Wp)	200W
Cable	90cm, 4mm ²
Voltaje en circuito abierto (Voc)	22.7V
Intensidad en cortocircuito (Isc)	11.86A
Voltaje a máxima potencia (Vm)	18.2V
Intensidad a máxima potencia (Im)	11A
Condiciones del test	1000W/m ² , 25°C, AM 1.5
Voltaje máximo sistema	1000Vdc
Coefficiente temperatura - Isc	+0.08558%
Coefficiente temperatura - Voc	-0.29506%
Coefficiente temperatura - Pmpp	-0.38001%
Temperatura normal trabajo célula	45°C
Eficiencia del módulo	15.1%
Certificados de producto	TUV(IEC 61215, IEC 61730), CE, ROHS
Certificados de la empresa	ISO9001, ISO14001, ISO18001
Peso	14.2Kg
Garantía del producto	10 años
Garantía de potencia	25 años



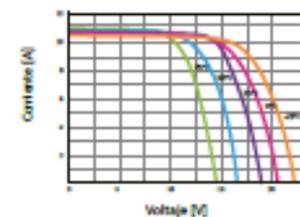
Esquemas



Curvas



Características de los módulos a temperaturas constantes de 25°C y niveles variables de irradiación



Características de los módulos a temperaturas variables e irradiación constante de 1000W/m²

Fabricado por ERA SOLAR





BSC6024 PWM 60A Solar Charge Controller 12V 24V Auto with USB and Backlight

FOB Price:	USD \$9 - \$11 / Piece Get Latest Price
Min. Order Quantity:	1 Piece / Pieces
Supply Ability:	10000 Piece / Pieces per Month
Port:	Wuhan/Shanghai/Guangzhou/Shenzhen/Yiwu/Ningbo
Payment Terms:	T/T PayPal Western Union Cash
Delivery Detail:	7 days

Product Details

Brand Name:	BLKCSOLAR	Place of Origin:	China	Model Number:	BSC6024
Application:	Solar System Controller	Rated Voltage:	Other, 12V/24V Auto	Maximum Current:	60A

This series controller is a PWM charge controller with built in LCD that adopts the most advanced digital technique. The multiple load control modes enable it can be widely used on solar home system, traffic signal, solar street light, etc.

1. System voltage 12V/24V automatic recognition;
2. Intelligent 4 stages PWM charging: Bulk, Absorption, Equalizing, Floating;
3. LCD display with Back-lighting shows device's operating data and working condition;
4. Humanized simple button operation; Adjustable charge-discharge control parameters;
5. Support more kinds of battery: Lead-acid battery (AGM, Gel, Flooded) and Lithium battery (LiCoMnNiO₂, LiFePO₄);
6. Multiple load control modes: 24Hours Working Control, Light Control, Light and Dual Time Control;
7. Automatic temperature compensation and accumulated function of charge and discharge KWH;
8. Double USB output 5V/2A;
9. Perfect electronic protections;
10. Warranty One year.



Ficha Técnica de Baterías



34 HP S4

Mejor desempeño y durabilidad a toda prueba

Características Eléctricas		Características Generales	
Voltaje (V)	12	Largo (mm)	278
Capacidad (Ah)	70	Ancho (mm)	167
Reserva (Min)	144	Alto (mm)	200
CCA -18°C (A)	570	Tecnología	SLI - FB
CCA 0°C (A)	680	Peso (Kg)	23.5
CCA 27°C (A)	810	Polaridad	⊕ ⊖ ⊖ ⊕

E0823Colección 34 HP S4(1,1) © Ficha técnica elaborada en marzo de 2010.



Sello de Calidad IEC- SIC 80090-1

Batería fabricada por Tecnova S.A.
 Guayaquil, Edificio Hamburgo, Av. Las Monjas 10 y Carlos Julio Arosemena.
 Quito: Av. Galo Plaza Lasso N59-94 y Manuel Zambrano.
 Contactos: info.tecnova@grupoberlin.com



boschecuador.com

VEC049D
VEC050D
VEC061D
VEC053D
VEC054D
VEC056D

VECTOR
The Freedom of POWER™
MAXX SST™
Compact Power Inverters
Converts 12 Volt DC to 120 Volt AC
Advanced MOSFET Technology



USER'S MANUAL & WARRANTY INFORMATION

IMPORTANT SAFETY INFORMATION, SAVE THESE INSTRUCTIONS
TO REDUCE THE RISK OF INJURY, USER MUST READ AND UNDERSTAND THIS INSTRUCTIONAL MANUAL. THIS MANUAL CONTAINS IMPORTANT INFORMATION REGARDING THE OPERATION AND WARRANTY OF THIS PRODUCT. PLEASE RETAIN FOR FUTURE REFERENCE.

4140 S.W. 30th Ave., Ft. Lauderdale, FL 33312
Toll Free: (866) 584-5504
www.vectormfg.com

SPECIFICATIONS

1. These models feature multiple U ground 120 volt AC outlets.
2. All of these inverters meet North American Standard Requirements.

Power Inverter Model	VEC049D	VEC053D	VEC050D	VEC064D	VEC051D	VEC056D
Maximum Continuous Power	1000 watts	1200 watts	1500 watts	2000 watts	2500 watts	3000 watts
Surge Capacity (Peak Power)	2000 watts	2400 watts	3000 watts	4000 watts	5000 watts	6000 watts
Input Voltage	12.8 - 13.2 volts					
Output Voltage	106 - 125 volts					
Output Frequency	58 - 62 Hz					
Output Voltage Regulation	±1%	±1%	±1%	±1%	±1%	±1%
Maximum Efficiency	≥87%	≥87%	≥87%	≥87%	≥87%	≥87%
Full Load Efficiency	≥82%	≥82%	≥82%	≥82%	≥82%	≥82%
No-Load Current Draw	<0.5 amp					
Over Voltage Protection	15.5 ± 0.5 volts DC					
Low Voltage Alarm	10.5 ± 0.3 volts DC					
Low Voltage Shutdown	10.0 ± 0.3 volts DC					
Thermal Shutdown/Alarm Point	YES	YES	YES	YES	YES	YES
North American Standard Outlets	2	2	3	3	4	4
ANSI Fuse Rating for Direct Connection	200	280	300	500	500	500
Power Cable Gauge (AWG) @ 8 FT.	#3	#3	#2	1/0	2/0	2/0
Physical Dimensions (WxDxH) @ 101°F	4.1	1.0	2.0	3/0	3/0	250 mm

*For complete specifications, please refer to the Vector website at www.vectormfg.com

BOMBA PAOLO

PAOLO USO GENERAL ELECTRICA

Voltaje de Operación: 115-230VAC



Impeler Periférico



Centrifuga

BOMBA DE AGUA ELÉCTRICA IMPELER PERIFÉRICO

POTENCIA (HP)	CODIGO	DESCRIPCIÓN	H max. (mca)	Q max. (LPM)	PVP
1/2	21314	PAOLO MONOFASICO PKM 60 PERIFERICO 1"	40	40	50,59
3/4	21324	PAOLO MONOFASICO PKM 63 PERIFERICO 1"	55	40	79,80
1	21325	PAOLO MONOFASICO PKM 80 PERIFERICO 1"	70	40	119,08

BOMBA DE AGUA ELÉCTRICA CENTRÍFUGA

POTENCIA (HP)	CODIGO	DESCRIPCIÓN	H max. (mca)	Q max. (LPM)	PVP
3/4	21320	PAOLO MONOFASICA CENTRIFUGA 1 1/2"	14,5	170	113,73
1	21321	PAOLO MONOFASICA CENTRIFUGA 1 1/2"	15	220	167,98
2	21322	PAOLO MONOFASICA CENTRIFUGA 2"	20	260	254,81
3	21323	PAOLO MONOFASICA CENTRIFUGA 3"	20	700	306,47

	21314	21324	21325
lpm	Mca	mca	mca
0	40	55	70
5	38	50	66
10	33,5	45,5	61
15	29	40,5	56
20	24	36	51
25	19,5	31	46
30	15	26	41
35	10	22	36
40	5	17	31



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

Carrera de Ingeniería Eléctrica

**MANUAL DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA
RIEGO POR GOTEO EN EL BARRIO RUMIPAMBA
DE NAVAS - SALCEDO**

LATACUNGA – COTOPAXI – ECUADOR

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Bryan Villacis Jeferson Sangucho	Ing. Jessica Castillo M.Sc	
Firmas: _____ _____	Firma: _____	Firma: _____

1	OBJETIVO
----------	-----------------

Realizar la puesta en marcha del equipo, basándose en la conexión de encendido para así visualizar el funcionamiento de todos los elementos que interactúan en el sistema.

2	INTRODUCCIÓN
----------	---------------------

En el presente manual se podrá comprender los diferentes pasos para el correcto funcionamiento y puesta en marcha del sistema de adquisición de datos y monitoreo.

Con la ayuda de un REGULADOR DE CARGA y el respectivo conjunto de elementos, se dará una explicación de cómo se procede a dar funcionamiento al mismo.

3	PASOS PARA LA PUESTA EN MARCHA DEL TABLERO DE CONTROL
----------	--

1) Cerciorarse que las conexiones de las baterías estén correctamente y que no exista en las borneras presencia de pasta acida, ya que podría causar daño a las mismas



2) Ver si todas las protecciones y conexiones se encuentran completamente encendidas.

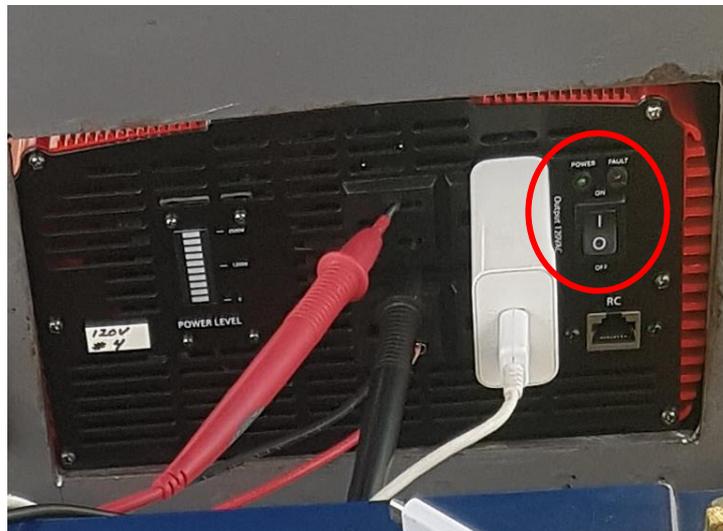


3) Ver si el REGULADOR DE CARGA se encuentra encendido, además visualizar en la pantalla si los paneles están aportando d energía solar y ver si las baterías están siendo cargadas.



4) Visualizar que el voltaje del REGULADOR, que debe ser de 12,5 V, para poder cargar las baterías y arrancar el INVERSOR.

5) En la parte posterior del INVERSOR, se encuentra un botón de encendido el cual se deberá accionar para el funcionamiento del mismo.



5) Finalmente observamos si la luz piloto del INVERSOR está encendida para proceder a la conexión del BOMBA y arranque de la misma.

4**RECOMENDACIONES**

- En el presente manual se podrá comprender los diferentes procedimientos que se deberá realizar dentro del funcionamiento del sistema fotovoltaico.
- El tablero de control funciona automáticamente, lo único que se debe realizar es la visualización de la bomba.
- El usuario puede detener en cualquier momento el funcionamiento del tablero de control.
- Tener precaución al momento de encender el medidor de energía, ya que se está expuesto a riesgo eléctrico y altos voltajes.