



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD**

TEMA

Diseño de una micro red fotovoltaica de autoconsumo para un sistema sostenible acuapónico.

AUTOR

Chica Tambaco Anibal Javier

**Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de
MASTER EN ELECTRICIDAD MENCIÓN ENERGÍAS RENOVABLES Y
EFICIENCIA ENERGÉTICA**

TUTOR

Ing. Bayardo Bohórquez Escobar, Msc.

Guayaquil, Ecuador

09 de diciembre del 2022



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

MAESTRIA EN ELECTRICIDAD

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Chica Tambaco Anibal Javier**, como requerimiento para la obtención del título de **Magister en Electricidad** mención **Energías Renovables y Eficiencia Energética**.

TUTOR

f.  _____

Ing. Bayardo Bohórquez Escobar, Msc.

DIRECTOR DEL PROGRAMA

f.  _____

Ing. Bayardo Bohórquez Escobar, Msc.

Guayaquil, a los 09 del mes de diciembre del año 2022



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

MAESTRIA EN ELECTRICIDAD

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Chica Tambaco Anibal Javier**

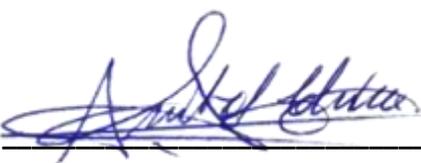
DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Diseño de una micro red fotovoltaica de autoconsumo para un sistema sostenible acuapónico** previo a la obtención del título de **Magister en Electricidad mención Energías Renovables y Eficiencia Energética**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

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

Guayaquil, a los 09 del mes de diciembre del año 2022

EL AUTOR

f. 

Ing. Chica Tambaco Anibal Javier



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

MAESTRIA EN ELECTRICIDAD

AUTORIZACIÓN

Yo, **Chica Tambaco Anibal Javier**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Diseño de una micro red fotovoltaica de autoconsumo para un sistema sostenible acuapónico**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 09 del mes de Diciembre del año 2022

EL AUTOR:

f. 

Ing. Chica Tambaco Anibal Javier

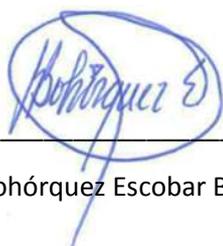
REPORTE URKUND



Document Information

Analyzed document	UCSG PROYECTO ACUAPONICO ANIBAL CHICA TIR (2)(2)[2739].docx (D147171133)
Submitted	10/21/2022 5:08:00 AM
Submitted by	
Submitter email	anibal_chica@hotmail.com
Similarity	2%
Analysis address	efrain.velez.ucsg@analysis.arkund.com

Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación **Diseño de una micro red fotovoltaica de autoconsumo para un sistema sostenible acuapónico**, presentado por el estudiante Ing. Chica Tambaco Anibal Javier, fue enviado al Sistema Anti plagio URKUND, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al 2%, por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación.

f.  _____

Ing. Bohórquez Escobar Bayardo, M.Sc

AGRADECIMIENTO.

Anibal Javier Chica Tambaco

Agradecer a Dios inmensamente por brindarme su guía y fortaleza durante toda mi vida Gracias. A mi Mama Yurina y abuela Milena por su infinito amor y ser pilar fundamental de mis logros profesionales, valores y principios inculcados hacer una mejor persona.

Agradecer a la Universidad Católica Santiago de Guayaquil por fortalecer mis conocimientos en el campo Eléctrico mención Energías Renovables y Eficiencia Energética.

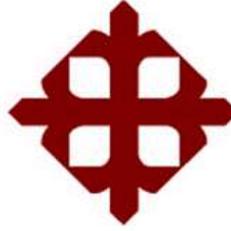
Agradecer de manera especial al Ing. Bayardo Bohórquez Escobar, Msc. tutor de mi proyecto de grado, quien con sus conocimientos académicos supo guiarme en el desarrollo de la tesis y dejarme grandes enseñanzas de valores.

Agradecer a mis amigos y compañeros maestrantes quienes supieron ayudarme directa o indirectamente con la elaboración de este proyecto.
Gracias

DEDICATORIA.

Anibal Javier Chica Tambaco

El presente trabajo va dedicado con mucho amor a Dios y a mi familia, principalmente a mi madre Yurina Dolores, abuela Milena Eugenia y esposa Joselyn Jazmin quienes me han brindado su apoyo incondicional, entendimiento y fortaleza para lograr mis objetivos profesionales y humanos.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRIA EN ELECTRICIDAD**

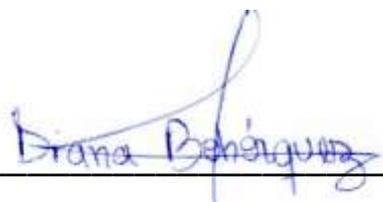
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

Ing. Bayardo Bohórquez Escobar, Msc.
TUTOR

f. 

Ing. Gustavo Mazzini Muñoz, Mgs
REVISOR

f. 

Ing. Diana Bohórquez Heras, Mgs
REVISOR

f. 

Ing. Bayardo Bohórquez Escobar, Msc.
DIRECTOR DEL PROGRAMA

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT	XV
Capítulo I.....	2
Aspectos Generales	2
1.1 Introducción.....	2
1.2 Antecedentes.....	4
1.3 Justificación del problema.....	5
1.4 Definición del problema	5
1.5 Objetivos.....	6
1.5.1 Objetivo General.....	6
1.5.2 Objetivos específicos.....	6
1.6 Hipótesis.....	6
1.7 Metodología de investigación.....	6
CAPITULO II.....	8
Estado del Arte	8
2. Marco teórico	8
2.1. Las energías renovables	8
2.2. Ventaja y desventaja de las energías renovables	9
2.3. Tipos de energías renovables	10
2.3.1 Energía Hidráulica.....	10
2.3.2. Biomasa	11
2.3.3. Energía Geo térmica	12
2.3.4. Energía Eólica	13
2.3.5. Energía Mareomotriz.....	14
2.3.6. Energía solar térmica	15
2.3.7. Energía solar Fotovoltaica	16
2.4.1 Panel monocristalino.....	21
2.4.2 Panel policristalino	22
2.4.3 Eficiencia del panel fotovoltaico	23
2.4.4 Modulo Inversor.....	23
2.4.6 Estructura para módulos solares	25

CAPITULO III	26
3.1. Generalidades del proyecto acuapónico	26
3.2. Ubicación	27
3.3 Diseño isométrico general	28
3.3.1. Sistema de estanquería tecnificado	31
3.3.2. Sistema de filtración y conversión de desechos	32
3.3.3. Aireación y bombeo	33
3.3.4. Esquema de circuito cerrado en Sistema Acuapónico	33
3.3.5. Energía renovable instalada	34
3.3.6. Sistema Acuapónico (motores y elementos)	35
3.4 Capacidad instalada	36
3.5 Diagrama unifilar de bomba de agua	36
3.6 Calculo de generador fotovoltaico	36
3.7 Simulación con software PVsyst 7.2 solar	37
3.8 Diagrama unifilar propuesto	43
3.9 Detalle técnico de los equipos	43
3.9.1 Panel solar	43
3.9.2. Inversor solar	45
3.9.3. Baterías de litio	46
3.10. Marco legal	49
CAPITULO IV	52
4.1 Aspectos generales ambientales	52
4.2 Resumen de impactos ambientales identificados	52
4.3 Valoración de impactos ambientales	53
4.4 Criterios para la calificación de impactos ambientales	54
4.5 Importancia del impacto ambiental	56
4.6 Resumen de evaluación de impacto ambiental	58
CAPTITULO V	59
5.1 Estudio costo/beneficio	59
5.2 Demanda económica del proyecto	59
5.3 Propuesta económica de la red fotovoltaica autónoma	60
5.4 Tabla de amortización	61
5.5 TIR y VAN	63
5.6 Beneficios del sistema FV autónomo	64
CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES	66

BIBLIOGRAFÍA	67
Glosario	69
ANEXOS	71

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS CAPITULO II

Figura 2.1. Fuentes de energía renovable	8
Figura 2.2. Central hidroeléctrica	11
Figura 2.3. Central de biomasa	12
Figura 2.4. Central geotérmica.....	13
Figura 2.5. Central eólica	14
Figura 2.6. Central mareomotriz	15
Figura 2.7. Central mareomotriz	16
Figura 2.8. Paralelos y Meridianos de la corteza terrestre	17
Figura 2.9. Ángulo de acimut (α) de un módulo fotovoltaico	18
Figura 2.10. Ángulo de inclinación (β) de un módulo fotovoltaico	19
Figura 2.11. Panel monocristalino.....	22
Figura 2.12. Panel policristalino	23
Figura 2.13. Inversor solar	24
Figura 2.14. Conjunto de batería	24
Figura 2.15. Soporte para inclinación de paneles solares	25

FIGURAS CAPITULO III

Figura 3.1. Ubicación del proyecto acuapónico	27
Figura 3.2. Diseño isométrico proyecto acuapónico.....	29
Figura 3.3. dimensiones de los tanques	31
Figura 3.4. Diseño isométrico 3D proyecto acuapónico	32
Figura 3.5. Esquema de circuito cerrado proyecto acuapónico.....	34
Figura 3. 6. paneles solares en granjas.....	34
Figura 3. 7. Paneles solares en proyecto acuapónico	35
Figura 3. 8. Diagrama unifilar desde TDP hasta PD-Bomba	36
Figura 3.9. Resumen de instalación fotovoltaica propuesta.....	37

Figura 3.10. Curva de eficiencia panel solar.....	38
Figura 3.11. Curva de eficiencia inversor	38
Figura 3.12. Capacidad de batería en función a conjunto fotovoltaico.....	39
Figura 3.13. Curva de voltaje de carga y descarga en banco de batería	40
Figura 3.14. Diseño de un sistema autónomo	41
Figura 3.15. Energía fotovoltaica generada	42
Figura 3.16. Horas solares de generación fotovoltaica.....	42
Figura 3.17. Diagrama unifilar generador solar autonomo	43
Figura 3.18. Panel solar monocristalino 655W	44
Figura 3.19. integración de elementos a inversor autónomo/hibrido	45
Figura 3. 20. Diagrama de bloque de sistema de batería de litio 24V	47

ÍNDICE DE TABLAS

TABLAS CAPÍTULO III

Tabla 3.1. Área del terreno	27
Tabla 3.2. Distancia y energía	28
Tabla 3. 3. Especificaciones técnicas de panel sola	44
Tabla 3. 4. Características técnicas de inversor.....	45
Tabla 3. 5. Especificaciones de batería de litio 24V 180Ah.....	47
Tabla 3. 6. Especificaciones batería de lito + derivación para banco	48

TABLAS CAPITULO IV

Tabla 4. 1 Tabla de criterios ambientales	54
Tabla 4. 2 Tabla impacto crítico	57

TABLAS CAPITULO V

Tabla 5. 1Propuesta económica red fotovoltaica autónoma.....	60
Tabla 5. 2 Préstamo Bancario	61
Tabla 5. 3 Análisis económico	63

RESUMEN

La tesis de maestría tiene como objeto el “Diseño de una micro red fotovoltaica de autoconsumo para un sistema sostenible acuapónico”. Con el fin demostrar que el actual sistema acuapónico de 3KW puede operar sin el uso de la red eléctrica convencional. El capítulo I menciona los objetivos propuestos, el capítulo II describe los fundamentos teóricos de las energías renovables y sus aplicaciones, el capítulo III corresponde al análisis de la información y el diseño de sistema fotovoltaico autónomo con el uso del programa PVsyst, evaluando la energía anual proyectada, el capítulo IV realiza un estudio de impacto ambiental tomando en cuenta los componentes que conforman el sistema y el posible daño que tenga sobre el entorno de trabajo. El capítulo V realizara un análisis costo beneficio para evaluar los aportes que presente el proyecto.

Palabras claves: Fotovoltaico, Acuapónico, Energía, Ambiental, Micro red, Solar

ABSTRACT

The master's thesis has as its object the "Design of a self-consumption photovoltaic micro-network for a sustainable aquaponic system". In order to demonstrate that the current 3KW aquaponic system can operate without the use of the conventional electrical network. Chapter I mentions the proposed objectives, chapter II describes the theoretical foundations of renewable energies and their applications, chapter III corresponds to the analysis of the information and the design of an autonomous photovoltaic system with the use of the PVSyst program, evaluating the annual energy projected, chapter IV carries out an environmental impact study taking into account the components that make up the system and the possible damage it has on the work environment. Chapter V performs a cost-benefit analysis to evaluate the contributions presented by the project.

Keywords: Photovoltaic, Aquaponic, Energy, Environmental, Micro network, Solar.

Capítulo I

Aspectos Generales

1.1 Introducción

La energía solar como fuente principal en la vida orgánica ha sido un factor importante para que esta prospere y evolucione, de tal manera que esta constituye fuente primaria energética para los seres humanos y el hábitat en el cual existimos y a medida que el progreso económico está relacionado con la tecnología y su tendencia a proteger la naturaleza, para que exista menor impacto en el ecosistema, se ha comprobado que una manera de generar electricidad tanto a nivel mundial como a nivel nacional es mediante el uso de fuentes de energía de origen fósil; sin embargo aumenta el grave problema ambiental debido a las emisiones de CO₂ que se incrementan año tras año; lo cual se considera como primer causante de la contribución de gases de efecto invernadero, es por ello que la sociedad busca alternativas de recursos naturales inagotables para generar energía eléctrica limpia, es decir generando el menor impacto ambiental, mediante el uso de energías renovables.

Adicionalmente, cabe señalar que la energía renovable es obtenida de fuentes naturales inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía existente en el ecosistema, dentro del cual es capaz de regenerarse por medios naturales; es así que el uso de este tipo de energías como la eólica, solar, térmica, fotovoltaica, biomasa, biocarburantes, hidráulica, geotérmica y energías procedentes del mar o mareomotriz, están captando mayor atención al grado de considerarse la creación de políticas públicas en la sociedad en general, en virtud de las dificultades que implica, no solamente por el cambio climático que provocaría, sino por la creciente escasez energética y ante un constante aumento de la población global y aumento de la explotación del sector acuícola, que demanda vías alternativas de energía, cuya obtención no signifique un mayor deterioro del medio ambiente.

En virtud de lo expuesto, en el caso de Ecuador, el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), promueve el uso racional de energía y desarrollo de proyectos de su uso no convencional; es así que también se ha implementado el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables INER, que es el encargado de investigar, desarrollar, innovar y transferir tecnología y conocimiento, en eficiencia energética y energía renovable; orientadas al cambio principal productivo, la diversificación de la matriz energética y la mitigación del cambio climático. (CONELEC)

Por otra parte el incremento exponencial de la demanda eléctrica, así como requerimientos de calidad de suministro, cada vez más exigentes han obligado a que paulatinamente se avance hacia un nuevo concepto de red eléctrica y alternativas de energías renovables, de la misma manera favorece la integración de sistemas energéticos y de almacenamiento a nuevos proyectos estratégicos con la aplicación de energía solar (microred fotovoltaica), que sirven para incorporar varios sistemas de generación híbrida, en este caso al sistema acuapónico.

En donde la Acuaponía es una técnica de cultivo de doble propósito donde el componente principal es el agua que por medio de la acuicultura se crían peces y con el agua residual sirve como nutrientes para el cultivo de diversas hortalizas bajo un mismo sistema de rendimiento. Estos sistemas novedosos de producción eficiente y sustentable fusionados a microredes solares creamos un ciclo combinado sostenible con el menor impacto ambiental, aportando así a las nuevas tendencias de productividad tecnológica orgánica, aprovechamiento de energías renovables y la disminución del consumo de combustible fósil.

En el sistema sostenible acuapónico los peces se encuentran en un estanque, mientras que existe un biofiltro donde viven bacterias que transforman los residuos de los peces en nutrientes para las hortalizas, que crecen sobre camas flotantes. Por su parte, la energía solar permite la recirculación del agua y hace funcionar el aireador, aportando el oxígeno necesario para los peces, que serán parte de la iniciativa desarrollada.

El presente proyecto busca diseñar un sistema acuapónico en la provincia de Esmeraldas para alcanzar un máximo nivel de aprovechamiento de los recursos, a través de su utilización eficiente y cerrando ciclos de nutrientes, agua y energía. Donde buscamos desarrollar un proyecto de producción sustentable de peces y hortalizas amigables con el medio ambiente, que sea eficiente desde el punto de vista energético en el uso del agua y que utilice extensamente la energía solar para los requerimientos térmicos y eléctricos de los procesos del sistema acuapónico.

1.2 Antecedentes

Para realizar el presente trabajo de investigación, se indagó estudios similares referentes al diseño de una microred fotovoltaica de autoconsumo para un sistema sostenible acuapónico, donde en la provincia de Esmeraldas están teniendo un impacto positivo en la generación de energía y procesos autosustentables con el menor impacto ambiental, ya que en los últimos años estamos asistiendo a profundos cambios tecnológicos, sociales y climáticos que nos afectan a escala global; cambios que precisan de nuevos modelos de ahorro energético y respeto al medio ambiente.

Una vez analizado los sectores productivos, tales como: agrícola, piscicultura y energético de la Provincia de Esmeraldas, encontramos que son muy pocos los grupos que utilizan nuevas técnicas como es la Acuaponía, la mayor parte del país aún continúa utilizando los procedimientos convencionales de cultivo y energía donde la única manera de mitigar el impacto negativo de contaminación, calentamiento global, plagas es por medio de productos químicos y mayores inversiones para terrenos y cuerpos de agua. Con estos conceptos y definiciones introductorias, se puede entonces, definir a la Acuaponía como la actividad combinada del cultivo intensivo de peces con el cultivo hidropónico de vegetales, los cuales se mantienen unidos mediante un sistema de recirculación alimentados por energía renovable.

Así pues, la generación de fuentes de energías renovables no convencionales como son la solar fotovoltaica aplicadas al sistema acuapónico,

se enfocará en la implementación de un sistema de micro generación a mediana escala de producción, análisis técnico y económico del método instalado. Según la regulación denominada microgeneración fotovoltaica para abastecimiento de consumidores finales de energía eléctrica, cuyo objetivo es establecer las condiciones para el desarrollo, ejecución y participación del cliente que cuenten con sistema de energía solar hasta 100kw de capacidad nominal instalada. (CONELEC)

1.3 Justificación del problema.

Para el presente proyecto se combinan estrategias tecnológicas amigables con el medio ambiente, demostrando como la Acuaponía es hoy un sistema innovador sostenible que integra de forma eficiente y autosustentable recursos naturales. Donde se planteará un diseño que permita la retroalimentación energética del proceso acuapónico por medio de una microred fotovoltaica solar, aprovechando así energía limpia que sirve para autoconsumo del sistema acuapónico.

Hoy en día, los recursos naturales se han convertido en principales fuentes de energías renovables importantes para la generación energética del Ecuador, permitiendo así disminuir las emisiones de GEI (Gases de efecto invernadero); además en contribuir en otros beneficios para el medio ambiente. Es por ello que en nuestro país se ha creado políticas, estrategias y medidas para lograr incentivar a las personas el uso de energías limpias con microgeneración que promuevan el desarrollo de la sociedad y reducir el consumo de combustible fósil a nivel mundial.

1.4 Definición del problema

La necesidad de implementar la energía solar fotovoltaica al sistema acuapónico, emerge como una estrategia viable que contribuye a diversificar la matriz energética y mitigar el conflicto ecológico distribuido del acceso a la energía, ya que un recurso renovable local donde se va fomentar la autarquía energética de sistemas de producción, mejorando la rentabilidad de los productores como consecuencia de la reducción de los costos energéticos,

reduciendo los impactos ambientales haciendo más autosustentables los sistemas de producción y aprovechamiento de fuentes naturales. Obteniendo un impacto económico social positivo, por cuanto libera el recurso energético convencional que queda disponible para la sociedad.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Diseñar una micro red fotovoltaica que permita el autoconsumo de un sistema sostenible acuapónico en la provincia de Esmeraldas sector San Mateo.

1.5.2 Objetivos específicos

1. Comprender el contexto de las energías renovables orientadas a la generación de energía eléctrica en zonas aisladas.
2. Reducir los requerimientos energéticos de un sistema acuapónico implementando fuente de energía renovable solar.
3. Analizar el impacto ambiental que tenga la implementación de un sistema acuapónico por medio de microred fotovoltaica.
4. Realizar un estudio costo beneficio que justifique la factibilidad del proyecto.

1.6 Hipótesis

Se necesita la implementación de la microred solar fotovoltaica acoplado con el sistema acuapónico, ya que se obtendrán resultados positivos en la solución a los problemas de electrificación, a los altos recibos por consumo eléctrico convencional y al constante consumo de combustible fósil. Es así, que este método de generar energía limpia, silenciosa e inagotable, nos conlleva aportar al medio ambiente del planeta tierra.

1.7 Metodología de investigación

Para sustentar los fundamentos teóricos y científicos se utilizó el método analítico estudiando la lógica de cada uno de sus componentes que serán

necesarios para la etapa de diseño de la red fotovoltaica, el método de la observación viendo la correlación que existe entre la alternativa propuesta vs un sistema convencional mediante el uso de la lógica empírica justificando los beneficios aportables y las diferencias que existen en los tipos de generación para zonas aisladas, finalmente el método hipotético deductivo dejando la posibilidad que se cumplan todos los objetivos planteados dentro de la investigación

CAPITULO II

Estado del Arte

2. Marco teórico

2.1. Las energías renovables

Las energías renovables o también conocidas como energías limpias son aquellas que mediante recursos naturales son capaces de generar energía su dependencia va entorno a la situación climatológica de cada entorno (Ricaurte, 2015). Esta fuente de energía va enlazado al concepto de aprovechamiento energético, toma los recursos que brinda el planeta para la producción y conversión de energía eléctrica o térmica.

Las energías renovables también son consideradas energías antiguas, desde la interacción del sol con el planeta tierra, el cual dio origen a una serie de procesos como el movimiento de las olas, el sentido del viento, la aparición de ríos, la luz. Sin embargo, la necesidad de encontrar otros medios que sustituyan las fuentes energéticas que utilizan la quema de combustible para la obtención de energía eléctrica se ha vuelto una prioridad, estudios e investigaciones destacan que los recursos naturales como medios energéticos son auto sostenibles y para la obtención y conversión de energía el impacto es mínimo por lo que se lo considera depreciable (Garzon, 2010).



*Figura 2.1. Fuentes de energía renovable
Fuente: Energypower, 2012*

Las energías renovables son las siguientes:

- Energía hidráulica
- Energía solar fotovoltaica
- Energía solar térmica
- Energía Eólica
- Energía mareomotriz
- Energía Geotérmica

2.2. Ventaja y desventaja de las energías renovables

Ventajas:

- Son consideradas como energías ilimitadas, ya que los recursos de su generación son fuentes naturales consideradas casi inagotables, la versatilidad de recursos es lo que da paso a la generación de diferentes tipos de energías.
- No contaminan el medio ambiente, al usar como fuente de generación los recursos naturales del planeta se vuelven una solución a la emisión de gases de efecto invernadero para la generación de energía.
- No generan residuos en sus procesos, muchos de sus sistemas son de fácil instalación y no emiten residuos que afecten al ecosistema o se degraden en millones de años.
- Las energías renovables no contaminan ni ponen en riesgo la salud de los seres vivos.

Desventajas:

- Inversión inicial de un sistema con energías renovables suele ser costosa, lo que lo vuelve poco satisfactorio en la implementación de zonas rurales o sitios de difícil acceso a la red eléctrica.
- Su baja popularidad, el desconocimiento de la información sobre las aplicaciones y facilidades que puede presentar un sistema con energías renovables sobre un sistema convencional.

2.3. Tipos de energías renovables

2.3.1 Energía Hidráulica

El agua es uno de los recursos principales utilizados por los seres vivos, este recurso en la actualidad es uno de los principales medios de generación de energía eléctrica, la energía hidráulica aprovecha la caída del agua a una cierta altura para mover una turbina, el movimiento constante del agua genera energía cinética.

Los sistemas con energía hidráulica para generar energía eléctrica cuentan con un grupo de turbinas las cuales con la caída del agua generan energía mecánica la cual es transformada en energía eléctrica, sin embargo, la implementación de una central hidráulica genera mas gastos en la instalación y mantenimientos.

Este aprovechamiento de esta energía depende de algunos factores como: las circunstancias del terreno; el cauce del rio, y la configuración de los canales y tuberías. En la figura 2.2. se muestra un perfil longitudinal de un salto con tubería (CENTRTOSUR, 2012)

Una central hidráulica está conformada por los siguientes elementos; la presa, embalse, canal de derivación, chimenea, tuberías de aspiración y presión, casa de máquinas donde está ubicado la turbina y tubería de desagüe (Vargas, 2010).

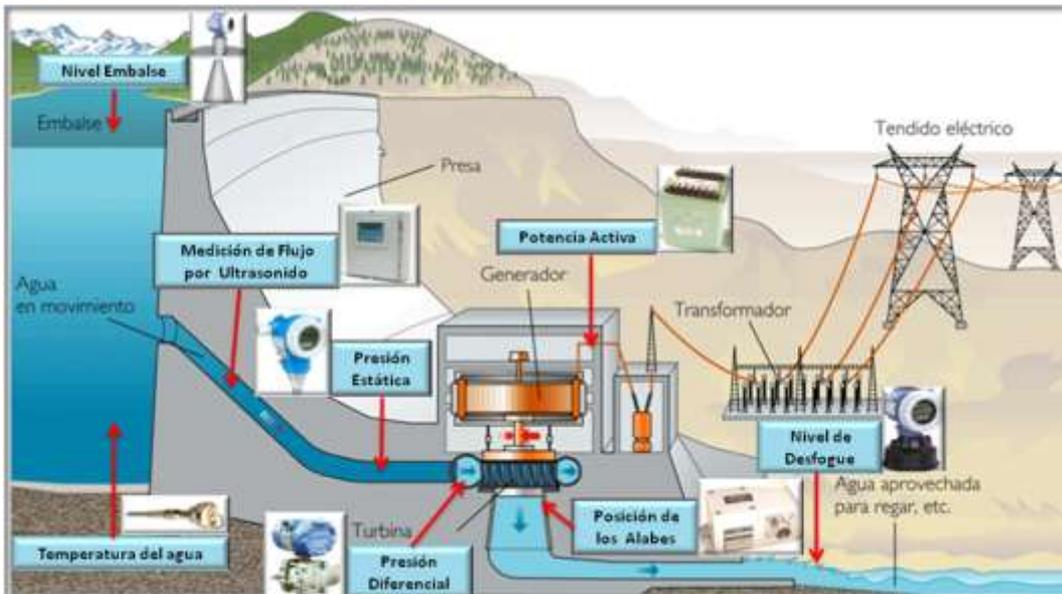


Figura 2.2. Central hidroeléctrica
Fuente: Foronuclear, 2015

Características generales

- Al ser una fuente de energía renovable, no produce sustancias contaminantes de ningún tipo.
- Utiliza los ríos disponibles en zonas que presentan suficiente cantidad de agua, y una vez utilizada, es devuelta a su cauce.
- El trabajo generado es mediante el movimiento de las turbinas con el flujo de agua que circula, por lo que no es necesario ningún sistema de refrigeración o calderas.
- La energía generalmente va en función al volumen del embalse, la pluviometría y la potencia a la que fue diseñado el sistema.

2.3.2. Biomasa

La biomasa ha sido desde siempre la mayor fuente de energía para el ser humano y se ha estimado que actualmente contribuye un 14 % al abastecimiento de la energía mundial.

Podemos definir a la biomasa como toda sustancia orgánica de origen vegetal o animal que puede ser convertida en energía. Dicha biomasa es una materia orgánica no fósil, en la que la radiación solar ha reducido el hidrogeno y

el carbono mediante el proceso básico de fotosíntesis, permitiendo así un aprovechamiento energético. (Lopez, 2013)



Figura 2.3. Central de biomasa
Fuente: ecologíaverde, 2012

Características generales

- Pueden ser utilizadas para la producción de energía térmica, eléctrica y sus residuos usados como generación de gases, alcohol, etc.
- Puede ser utilizada como un sistema mixto para potenciar su capacidad.

2.3.3. Energía Geo térmica

La energía geotérmica se relaciona con la emanación de calor que sale desde el interior de la tierra. Una de sus aplicaciones para el uso es la localización de ciertos yacimientos que se forman de manera natural, estos a través del agua caliente que se produce entre placas tectónicas, todo esto se utiliza para la generación de energía eléctrica, en calefacción entre otros procesos.

El calor que se genera entre la corteza, a través de los mantos superiores de la tierra por fundición de elementos con contenido radioactivo, es lo que hace que la energía geotérmica se siga desarrollando.

Este tipo de energía va directo hacia la superficie por diversos movimientos que produce el magma y a través de la circulación de aguas subterráneas, lo que lo hace segura debido a su aplicación bajo tierra, una de las manifestaciones hidrotérmicas de carácter superficial esmanantiales, géiseres entre otros. (Pantoja & Paracan, 2016)

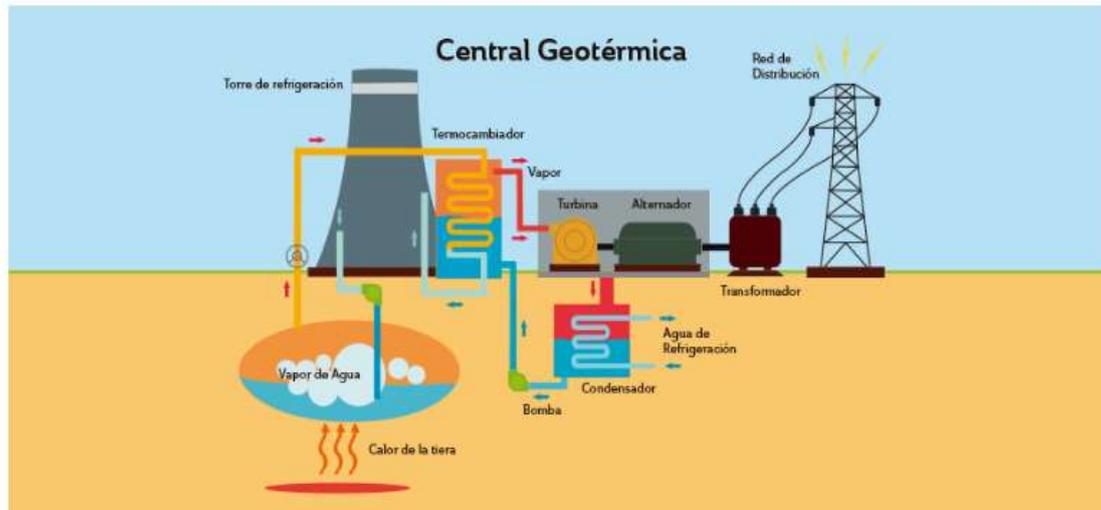


Figura 2.4. Central geotérmica
Fuente: renoenergy, 2014

Características generales

- Energía es aprovechada de la temperatura y presión natural de las aguas del subsuelo terrestre.
- Obtención del recurso por medios naturales, renovable y limpia.
- Energía a aprovechable para distintos usos.
- Energía aprovechable por medio del vapor producido por el calor de la tierra.
- No afecta al medio ambiente.
- Robusta.
- Segura.

2.3.4. Energía Eólica

Es la energía cinética o de movimiento contenida en las masas de aire en la atmosfera, y que se capta por medio de aerogeneradores o molinos de viento. Para poder aprovechar la energía eólica es importante conocer las variaciones

de los vientos, etc. Para poder utilizar la energía del viento es necesario que este alcance una velocidad mínima de 12 km/h, y que no supere los 65 km/h (Cevallos & Gaucho, 2013).

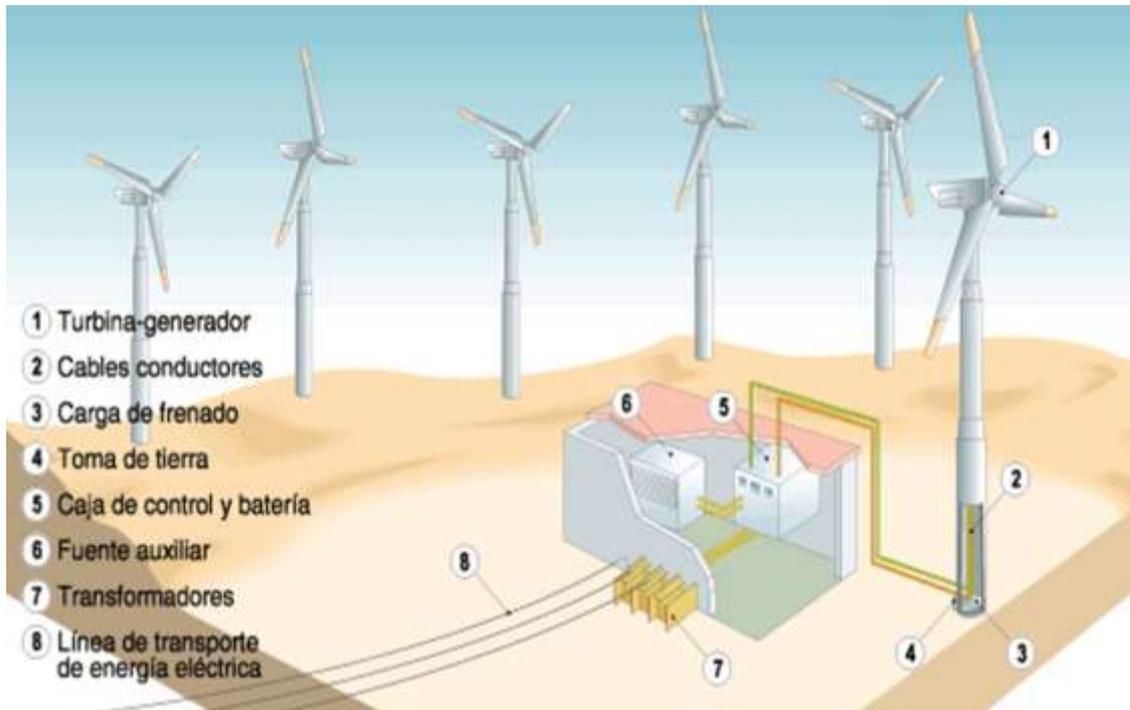


Figura 2.5. Central eólica
Fuente: globalelectric, 2012

Características generales

- Cuenta como sistema autónomo.
- No emite gases de efecto invernadero.
- Su fuente de generación es inagotable.
- Puede trabajar como un sistema híbrido para suplir la energía faltante.

2.3.5. Energía Mareomotriz

Recientemente, se han creado nuevos dispositivos de los que se obtiene generación eléctrica renovable y libre de contaminantes a partir de la utilización de la fuerza que ejercen las corrientes marinas. Estos dispositivos son de dos tipos: los de eje vertical y los de eje horizontal. Esto obedece a la orientación de un eje submarino. Dicho eje gira una caja de cambios conectada a una turbina.

El funcionamiento de este tipo de dispositivos es análogo al de los aerogeneradores, sólo que en este caso, la fuerza de las corrientes marinas es

captada por los alabes, los cuales provocan un movimiento giratorio que se transmite al generador eléctrico.

Este tipo de energía no necesita de construcción de diques, pero necesita condiciones especiales de instalación. Es decir, necesitan ser colocadas a profundidades específicas y en lugares donde las corrientes marinas sean lo suficientemente fuertes para producir energía. (Hernandez & Leyva, 2005)

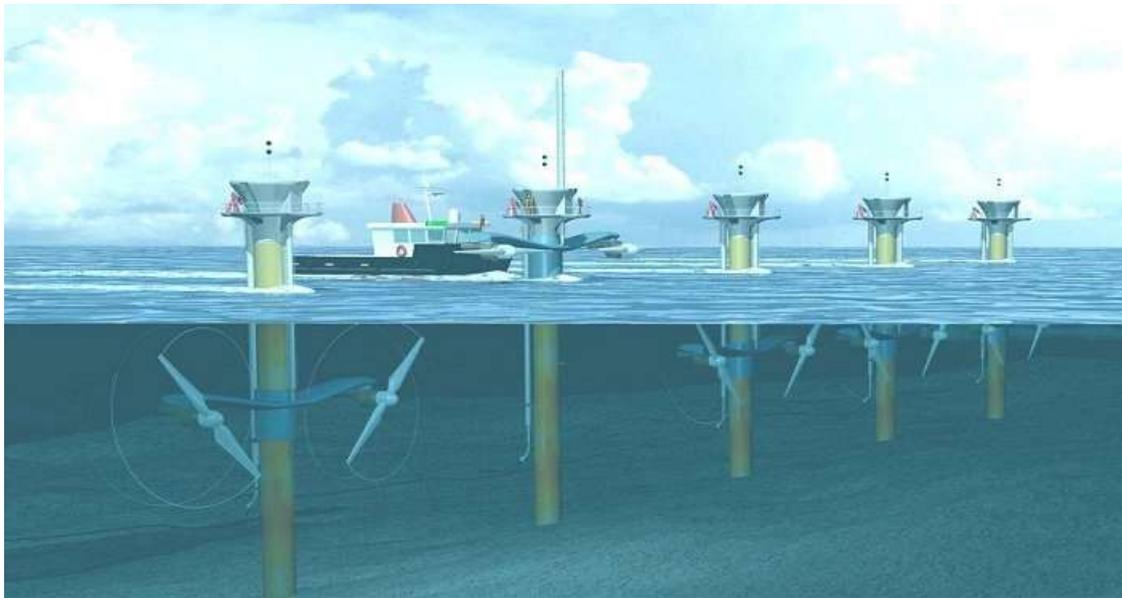


Figura 2.6. Central mareomotriz
Fuente: globalelectric, 2010

Características generales

- Energía obtenida por el movimiento de las olas.
- No contamina al medio ambiente.
- Puede generar energía eléctrica.
- Sistema de generación en cadena.

2.3.6. Energía solar térmica

La energía solar térmica es aquella que utilizar la radiación solar para calentar un fluido y este generar un gradiente térmico según el tipo se usó esta energía puede ser utilizada para procesos de calefacción y enfriamiento. Las centrales termo solares pueden ser usadas para procesos industriales en los que se demanden torres de enfriamiento cumpliendo el ciclo de enfriamiento por etapas. Los sistemas termo solares están compuestos por módulos térmicos donde circula un fluido, cuentan con un reservorio o acumulador donde por medio de un serpentín le fluido que recircula baja su temperatura generando dentro del reservorio una diferencia de temperatura que es utilizada para el principio de los

procesos, para generar mayor potencia estos cuentan con un sistema de bombas y válvulas que le ayudan a la recirculación

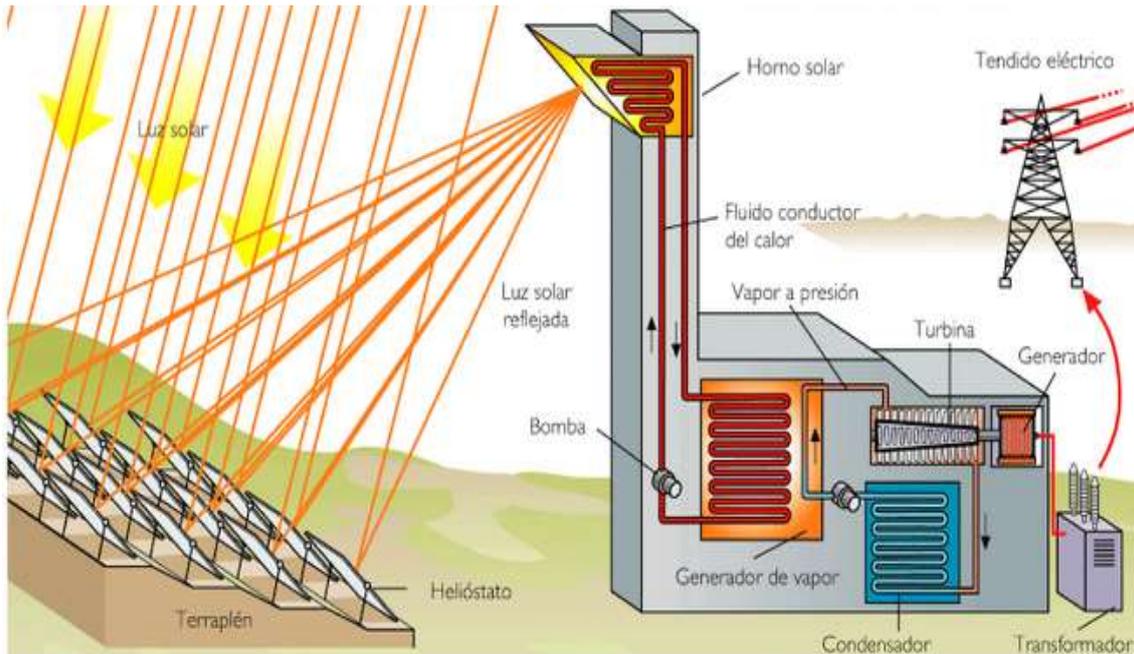


Figura 2.7. Central mareomotriz
Fuente: solasystem, 2008

Características generales

- Utilizadas para procesos de calificación y enfriamiento
- Energía obtenida por fuente inagotable.
- Vida útil superior a los 20 años.

2.3.7. Energía solar Fotovoltaica

El sol es considerado una fuente de energía masiva que por medio de fusión nuclear convierte átomos de hidrogeno en helio liberando una gran cantidad de energía en forma de onda, misma que es absorbida por el planeta tierra, el principio de absorción de esta radicación es lo que da origen a los sistemas solares fotovoltaicos, el principio transformar la energía emitida en forma de radiación en energía eléctrica, según (Castillo, 2020) las tecnologías empleadas en el efecto fotovoltaico se busca incidir radiación sobre una célula fotovoltaica y esta produce una diferencia de potencial eléctrico entre ambas caras del panel generando por consecuencia corriente eléctrica.

Según (Castillo, 2020) La energía emitida por el sol es considerada como

una fuente ilimitada, la masiva energía que emite el sol viaja por el espacio en forma de onda lo que origina el movimiento de los planetas. El efecto de onda que incide en la corteza terrestre origina los cambios climáticos, el desarrollo de la vida, también esta energía puede ser convertida en energía aprovechable como energía térmica y energía eléctrica.

La energía solar fotovoltaica ha tenido una representación marginal por lo que se le ha considerado como sistemas emergentes. En el periodo del 2010 hubo una mayor demanda de esta tecnología debido las tendencias de fuentes energéticas renovables orientadas al ahorro energético y el cuidado del medio ambiente.

2.3.7.1 Horas solares

Las horas solares establece el tiempo operativo del sistema solar en función a la rotación del planeta. La inclinación y la orientación solar son factores imprescindibles que pueden ser estimados mediante coordenadas angulares, posicionamientos que tiene el sol, la figura 2.8 muestra el movimiento que tiene la corteza terrestre (Dominguez, 2012).

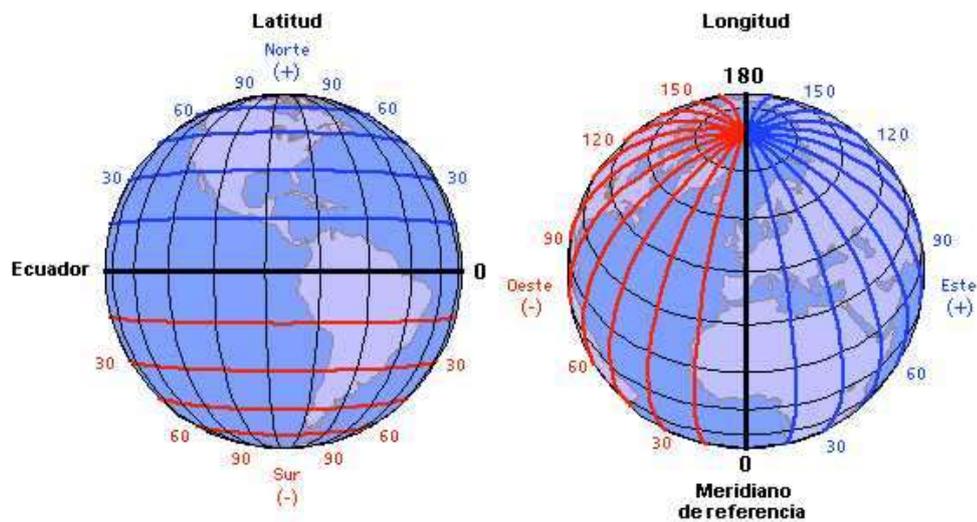


Figura 2.8. líneas de referencia geográfica del planeta tierra
Fuente: Geosolar, 2010

La tierra está fue seccionada en coordenadas geográficas establecidas en latitud y longitud para geo referenciar una locación específica. La orientación norte se considera latitud positiva y esta oscila entre $0 \pm$ y $90 \pm$, la orientación sur

es considerada como latitud negativa por ser su opuesto y oscila entre $0\pm$ y $-90\pm$. En el paralelo de $0\pm$ es considerado Ecuador terrestre (Dominguez, 2012).

Las coordenadas al ser definidas indican la posición más idónea para montar panel fotovoltaico de manera que permita situar el sol en el cielo y pueda captar mayor cantidad de radiación solar (Dominguez, 2012). Las definiciones usadas para observar la superficie terrestre son las siguientes:

Ángulo de acimut(γ): se conoce como el Angulo formado cuando la radiación incidente del sol pasa sobre una superficie plana en sentido Sur partiendo de 0° a 180° y en dirección al movimiento del sol partiendo su jornada diurna este a oeste partiendo de 0 a 180° (Dominguez, 2012).

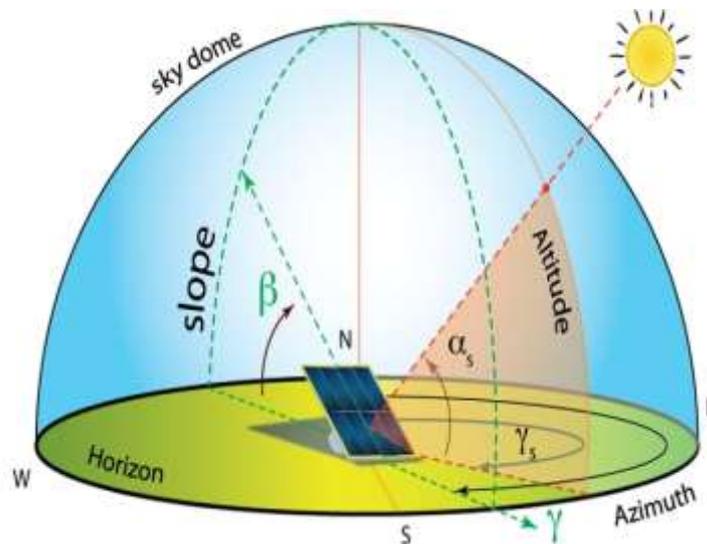


Figura 2.9. Azimut que un panel fotovoltaico en una superficie plana
Fuente: Módulos Fotovoltaicos (2010).

Ángulo de inclinación (β): Es el ángulo formado por la perpendicular entre la superficie del módulo fotovoltaico y la irradiancia emanada por el sol al eje vertical del terreno (Dominguez, 2012).

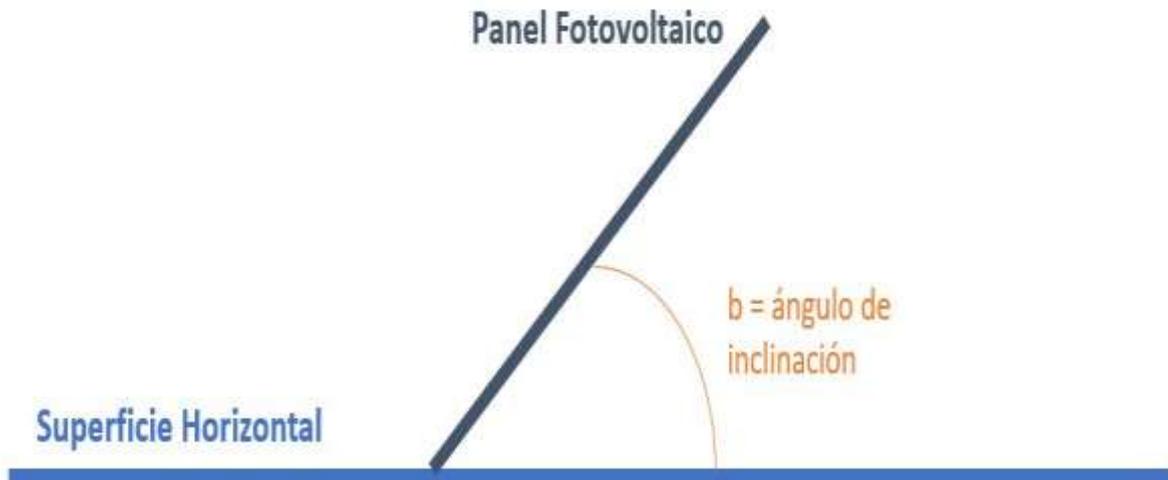


Figura 2.10. Ángulo de inclinación de un panel fotovoltaico sobre una superficie plana
Fuente: Módulos Fotovoltaicos (2010).

Los módulos fotovoltaicos al ser colocados de manera perpendicular en acorde a la orientación sol con un Angulo de inclinación de 10 a 15° consiguen el máximo aprovechamiento de captación solar, no obstante, sin embargo, la inclinación dependerá directamente del movimiento del sol. Si el sol cambia su rotación en el transcurso del día, la posición óptima de la superficie incluso tendrá que ser variable en todo el periodo del año. Es importante considerar el grupo de ángulos formados sobre la superficie del módulo ya que depende de manera directa de la radiación solar (Dominguez, 2012).

La latitud (I): es conocida como distancia angular, donde convergen la recta vertical zenit y la línea Ecuatorial. Estas presentan un signo positivo y negativo que indican la dirección de Norte a sur. Como punto de partida se encuentra la latitud del Ecuador su valor es cero grados (Dominguez, 2012).

Ángulo zenital (θ_{zs}): Es el ángulo formado por el recorrido del sol y el eje vertical, exponiendo al ángulo complementario que corresponde a la altura que tiene el sol la cual se calcula utilizando la siguiente ecuación (Castillo, 2020).

Ecuación 2.1 ángulo cenital

$$\theta_{ZS} = \text{acos}(\text{sen}(\phi) * \text{sen}(\delta) + \text{cos}(\phi) * \text{cos}(\omega)) \quad (2.1)$$

Nadir: Es el vector formado por el opuesto de la esfera terráquea donde se considera cenital como vector (Castillo, 2020).

Interpretándose de la siguiente forma:

Ecuación 2.2 nadir

$$\theta_{ZS} = (90 - \alpha) \quad (2.2)$$

Altura solar (γ_s): es conocido como el Angulo complementario a trayecto cenital, formado por el rayo que cruza sobre la horizontal (Castillo, 2020).

Declinación: es conocido como la orientación angular producto del recorrido que toma el sol desde el punto centro sobre la superficie terrestre, en el trascurso de su movimiento el Angulo formado presentara una declinación de 30° y esta variara según la rotación del planeta en función al sol. (Cabrero, 2015).

La declinación de δ (Delta); se expresa con la siguiente fórmula en grados.

Ecuación 2.3 declinación

$$\text{sen}\delta = 0.398 \text{ sen} \left(\# \text{ Dias} \times \frac{360}{365} \right) \quad (2.3)$$

Ejemplo: Hallar la declinación angular del sol en la temporada de verano en los meses de mayo hasta diciembre de acuerdo en la tabla 1.

Tabla 1. Meses en temporada de verano.

Meses	Cantidad de días
Enero (promedio superior)	31
Febrero (promedio superior)	28
Marzo (promedio superior)	31
Abril (promedio superior)	30
Mayo (mayor captación)	30
Junio (mayor captación)	30
Julio (mayor captación)	31
Agosto (mayor captación)	30
Septiembre (promedio inferior)	30
Octubre (menor captación)	31
Noviembre (menor captación)	30
Diciembre (menor captación)	31
Cantidad de días	365

Fuente: Autor

Consideran que la estación donde se puede captar un mejor aprovechamiento

de la radiación solar, se consideran los meses de mayo hasta diciembre teniendo un periodo en días de 243.

Ecuación 2.4 radicación solar

$$\text{Sen}\delta = 0.398 \text{ seno} \left(\# \text{Dias} \times \frac{243}{365} \right) = 0.34 \text{ rad} \quad (2.4)$$

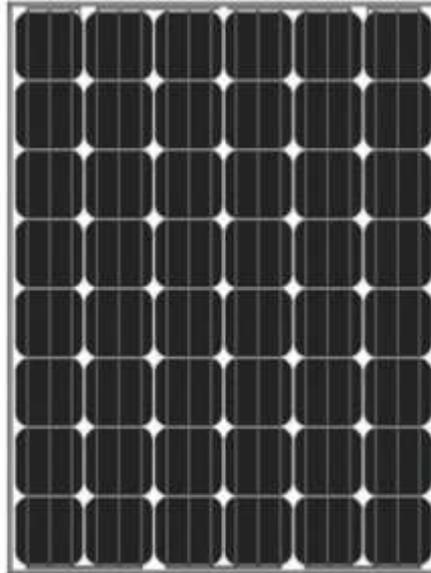
2.4 Sistema fotovoltaico

2.4.1 Panel monocristalino

Este tipo de celda que tiene una estructura ordenada cristalina, se caracteriza por ser la celda con el comportamiento más uniforme y predecible. Están construidas con silicio que al estar derretido se vierte para su enfriamiento formando cristales de grandes dimensiones al solidificarse, posteriormente se corta el cristal en capas delgadas con las cuales se construyen las celdas, en la figura 2.5 se muestra un módulo de silicio monocristalino.

Durante la construcción el silicio atraviesa varios ciclos de lenta filtración intensiva donde la mayor parte de los contaminantes y otros elementos son retirados, este proceso de purificación hace que este tipo de celdas tengan un mayor costo.

Regularmente los constructores de estas placas dejan las células en una forma redonda u octogonal sin embargo mediante a los avances tecnológicos, las células se están cortadas de forma en cuadrada o rectangular evitando las esquinas para maximizar la consistencia de empaquetamiento de los módulos. (Aguilera González & Sandoval Espinosa, 2015, p. 23)

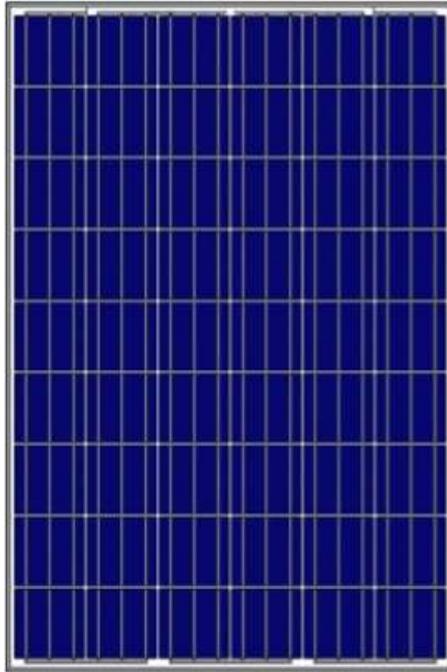


*Figura 2.11. Panel monocristalino
Fuente: Deltaglobal, 2009}*

2.4.2 Panel policristalino

Este tipo de celdas al enfriar el silicio del que están construidas en un molde, se crean diferentes regiones de cristales separados por “límites de grano” que se mantienen unidas por un enlace covalente, esta celda posee un aspecto azulado que no es uniforme, se pueden distinguir varios tonos creados por las diferentes regiones de los cristales.

En estas celdas el silicio no pasa por tantos ciclos de filtración intensivos como los procesos de separación de las celdas monocristalinas, lo que convierte a las celdas policristalinas más accesibles debido a su menor costo. En la figura 2.6 se muestra un módulo de silicio policristalino. (Aguilera González & Sandoval Espinosa, 2015, p. 24)



*Figura 2.12. Panel policristalino
Fuente: Deltaglobal, 2009*

2.4.3 Eficiencia del panel fotovoltaico

La eficiencia es el cociente entre la potencia eléctrica producida por el módulo y la irradiación incidente sobre el mismo. Es decir, es el cociente entre la potencia máxima ($P_{m\acute{a}x.}$) de la celda con la potencia luminosa (PL) recibida por la celda. En la figura 2.8 se muestran los valores de eficiencia en relación al material con el que se ha fabricado el panel solar. (Martínez Borges, 2013, p. 22)

2.4.4 Modulo Inversor

Dispositivo electrónico que tiene la función de transformar la corriente continua (de 12, 24 o 48 V) generada por las placas fotovoltaicas y es acumulada en las baterías para que después sea entregada, en corriente alterna (127 V y 60 Hz) a los aparatos eléctricos que la necesitan. En la figura 2.11 se muestran varios inversores. (González Salazar & Francisco Javier, 2016, p. 20)



*Figura 2.13. Inversor solar
Fuente: Deltaglobal, 2009*

2.4.5 Baterías

Son el almacén de la energía eléctrica generada, permitiendo disponer de la energía eléctrica fuera de las horas de luz o días nublados.

En este tipo de aplicaciones normalmente se utilizan baterías estacionarias, las que tienen como característica de operación más importante el ciclado; durante un ciclo diario, la batería almacena energía captada por los módulos solares durante el día y durante la noche sirve como fuente de energía; sobrepuesto al ciclado diario hay un ciclo estacional, que está asociado a períodos de reducida disponibilidad de radiación. En la figura 2.10 se muestra como se ve un acumulador. (González Salazar & Francisco Javier, 2016, p. 19)



*Figura 2.14. Conjunto de batería
Fuente: Deltaglobal, 2009*

2.4.6 Estructura para módulos solares

Las estructuras soporte de los paneles fotovoltaicos son un componente que debe ser elegido con criterios de seguridad y de cumplimiento con la normativa sobre este tipo de instalaciones. En la figura 2.12 se muestra un ejemplo del tipo de estructura que puede utilizarse.

Es de considerar especialmente el parámetro de resistencia del soporte, ya que debe mantenerse estable entre vientos fuertes y soportar el sobrepeso que puede provocar la caída de nieve sobre paneles fotovoltaicos.

El número de puntos de sujeción para módulos fotovoltaicos debe ser el suficiente para asegurar su instalación sin que se produzca flexiones en los módulos de valor superior a las especificadas por el fabricante. Así mismo permitirá fijar el ángulo de inclinación que corresponda de un modo seguro y sin alteraciones ante vientos. (González Salazar & Francisco Javier, 2016, p. 22)



*Figura 2.15. Soporte para inclinación de paneles solares
Fuente: Deltaglobal, 2009*

CAPITULO III

Implementación de generación fotovoltaica en proyecto acuapónico

El capítulo III recopilara la información necesaria para la implementación de un generador fotovoltaico aislado. La primera etapa evaluara la carga instalada, las condiciones ambientales y la radiación solar difusa promedio ubicada en la parroquia San Mateo provincia de Esmeraldas.

3.1. Generalidades del proyecto acuapónico

La Acuaponía surge como estrategia para ayudar a contrarrestar problemas de hambre y sobreexplotación de recursos vitales, ya que permite generar vegetales frescos, abundantes y sanos en espacios pequeños de las viviendas ubicadas en las urbes, con un consumo reducido de agua y trabajo físico mínimo, además de fortalecer la economía familiar reduciendo egresos e incorporando a este sistema fuentes de energías renovables solar. A nivel del Ecuador este tipo de proyectos son importantes debido a que la evolución y el crecimiento de la superficie destinada para el cultivo están estrechamente relacionados con la desaparición de las masas forestales, usos urbanos y residenciales, infraestructuras, entre otras. Donde el enfoque es reducir el consumo de combustible fósil implementando sistemas híbridos como es la Acuaponía y energía solar, dando en efecto el aprovechamiento de energías alternativas de bajo impacto ambiental y autosustentables.

Este proyecto contempla el uso de un sistema acuapónico energizada por una microred fotovoltaica, el cual consiste en la producción de peces y plantas. Donde la recirculación del agua por medio de una bomba eléctrica y las plantas en camas flotantes, se aprovecha al máximo los desechos o nutrientes de los peces y se reduce la cantidad de este líquido vital obteniendo, además, un subproducto orgánico de alto valor en el mercado. Lo cual fusionando estos dos sistemas sustuiremos el consumo de la energía convencional por energía renovable solar.

La Acuaponía, los sistemas de producción sustentable y las fuentes de energías renovables se han convertido en un negocio para productores, comerciantes, prestadores de servicios y hoy más que nunca para

consumidores, ya que, en tiempos de crisis sanitaria, la producción local toma mayor importancia. Dando así este sistema híbrido una reducción del costo del consumo de energía fósil y la liberación de CO2.

3.2. Ubicación

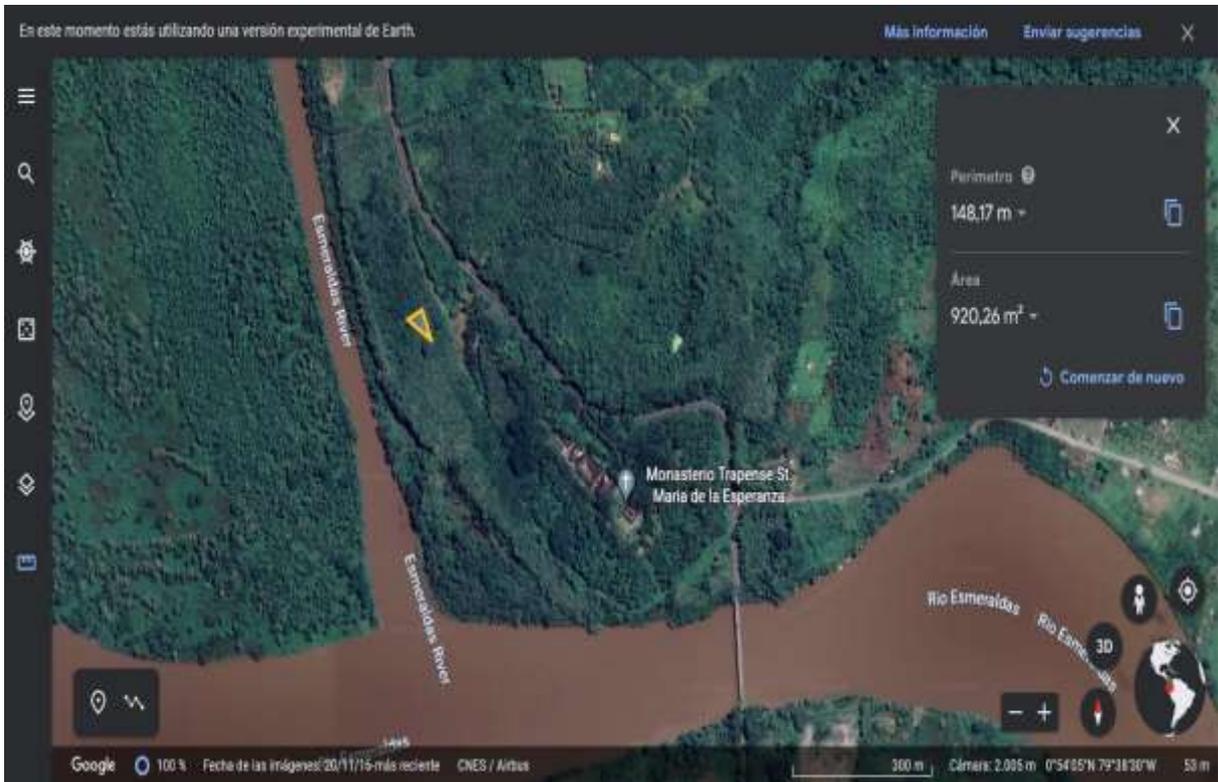


Figura 3.1. Ubicación del proyecto acuapónico
Fuente autor

La figura 3.1 muestra que el proyecto se encuentra ubicado en la provincia de esmeraldas con coordenadas 0°54'05"Norte y 79°38'30"Oeste que se también se muestran en las tabla 3.1. y tabla 3.2. las cuales cuenta con el área total del terreno, distancia del proyecto y capacidad instalada.

Tabla 3.1. Área del terreno

AREA DEL TERRENO:	3825 m2	Espacio Disponible:	3800 m2
--------------------------	---------	----------------------------	---------

Desnivel (pendiente):	0%	Tipo de Suelo:	Franco arenoso
------------------------------	----	-----------------------	----------------

Fuente autor

Tabla 3.2. Distancia y energía

FUENTE DE AGUA:	POTABLE Y RIO	FLUJO DE AGUA (CANT):	0.543 L/s
Disponibilidad al año:	TOTAL	Distancia al sitio:	32 m
¿Cuenta con Energía?	Si	Capacidad (KVA):	1,875 KVA
FASES:	2	Distancia al proyecto:	50 m

Fuente autor

3.3 Diseño isométrico general

En este proyecto se considera una producción de planta de bajo porte como es la lechuga, acelga, albahaca, entre otros. En el invernadero de planta baja, se utilizará una técnica de producción hidropónica en balsa o “deep pool technique”, en la cual las plantas se encuentran completamente flotando sobre balsas de poliestireno de alta densidad, y sus raíces completamente sumergidas en el agua. Esta técnica resulta excelente para plantas de baja altura que no requieren de “tutoreo” o sujeción, ya que en ella se mueven las balsas de un extremo a otro facilitando así el trasplante y la cosecha. Actualmente es alimentado desde la red eléctrica sin embargo al estar cercano a un manglar la acometida tiene un tramo de difícil acceso por lo que se propone un sistema autónomo mediante una micro red fotovoltaica, la figura 3.2 muestra el diseño en vista superior del proyecto acaponado.

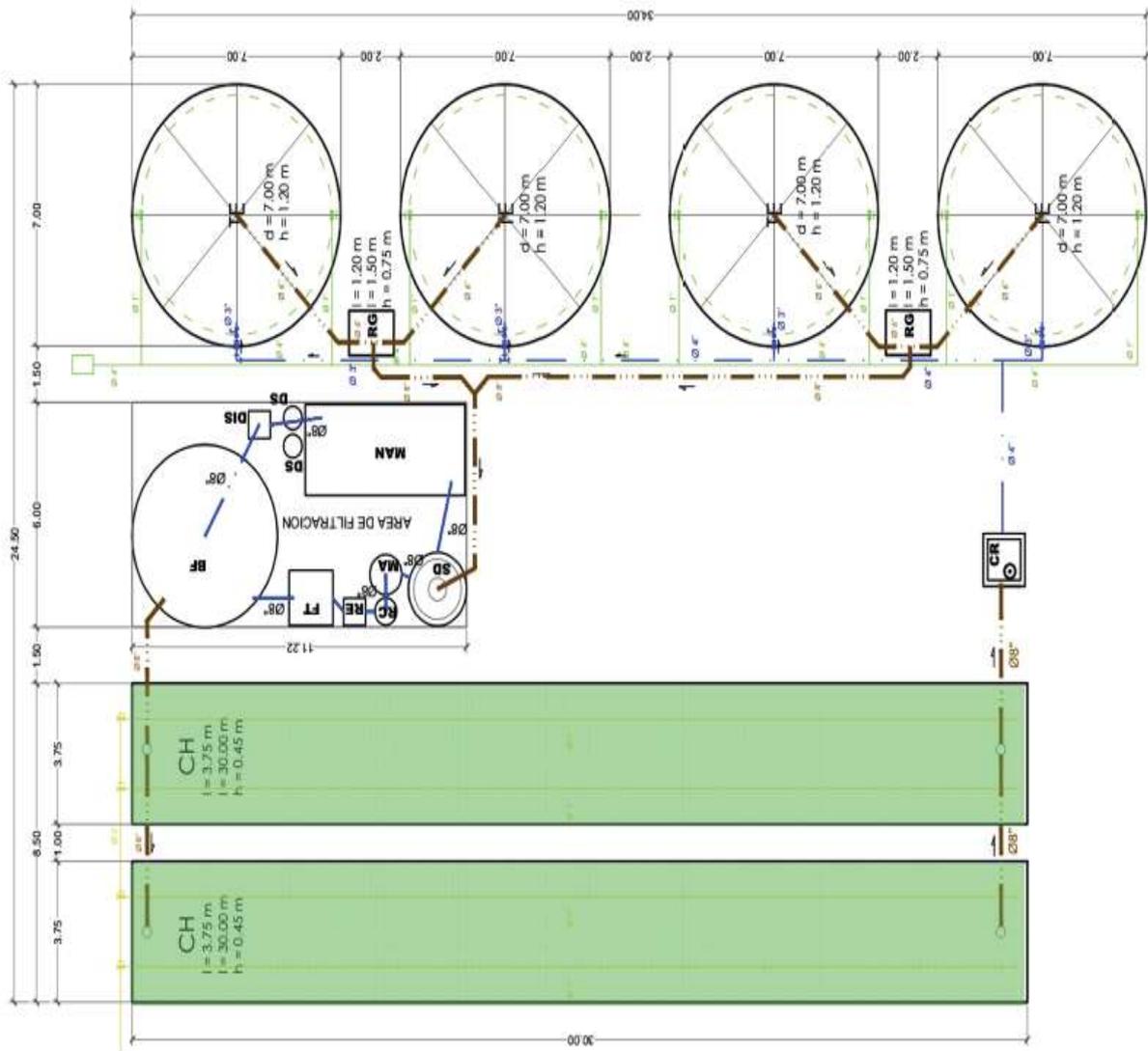


Figura 3.2. Diseño isométrico proyecto acuapónico
Fuente autor

El proyecto cuenta con 4 tanques y un sistema sedimentador, a continuación se explicara los detalles y características técnicas de los equipos que complementan el proyecto acuapónico.

- Los Tanques serán construidos con geo membrana 100% virgen HDPE cal 40 de 1 mm de espesor, con uniones termo fusionadas a doble costura y soldadura por extrusión.
- La estructura será de malla de acero electrosoldada y galvanizada, reforzada con postes tubulares galvanizados con tapón plástico y fleje de acero.
- Recubrimiento térmico de 2.0".

Componentes de proyecto acuapónico:

TE – Tanque engorda

TL – Tanque levante

CS– Cuarto sanitario

CS– Registros

SD– Sedimentador

MA– Mineralizador aeróbico

MAN– Mineralizador anaeróbico

RC– Recuperador

TA– Tanque de almacenamiento

BF– Biofiltro

CR– Cisterna de recuperación

La figura 3.3 muestra las dimensiones de los tanques con una separación de 2 metros entre ellos, el sistema sedimentador que trabaja en conjunto con la cisterna y reutiliza el agua del estanque de peces, donde actualmente cuenta con un aireador de 2HP.

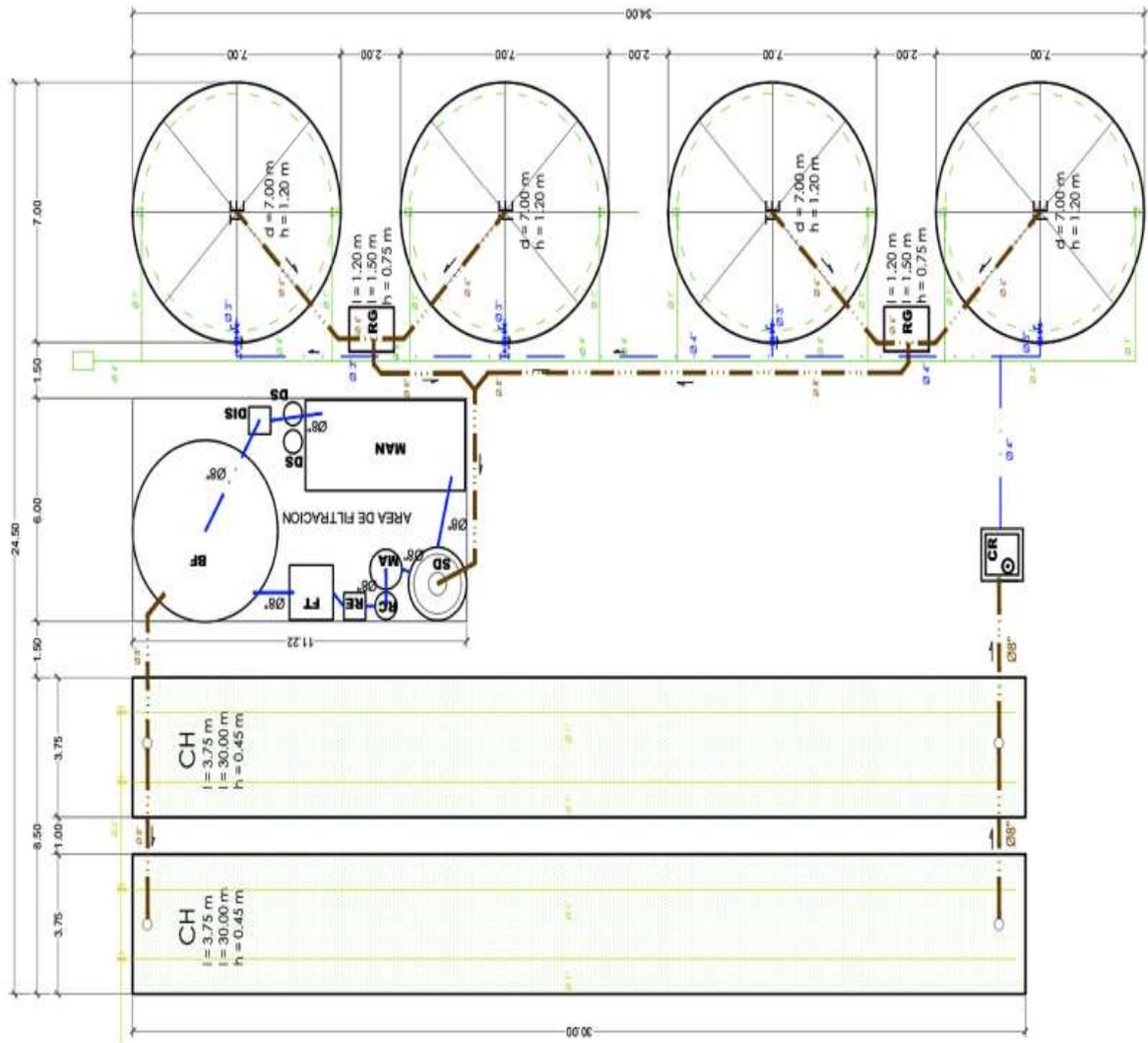


Figura 3.3. Dimensiones de los tanques
Fuente autor

3.3.1. Sistema de estanquería tecnificado

Al ser un proyecto integrativo se pretende interconectar las tres áreas principales:

- Área de Plantas con invernadero tipo central (azul y verde).
- Área de filtración con cubierta (azul y negro).
- Áreas de peces con cúpulas (rojo y negro).

TE -	Tanque Engorda
TL -	Tanque Levante
CH -	Canaleta Hidroponía
CS -	Cuarto Sanitario
RG -	Registros
SD -	Sedimentador
MA -	Mineralizador Aeróbico
MAN -	Mineralizador Anaeróbico
RC -	Recuperador
TA -	Tanque de Almacenamiento
BF -	Biofiltro
CR -	Cistema de Recuperación

Área: 833 m²

24.5 m x 34.0 m

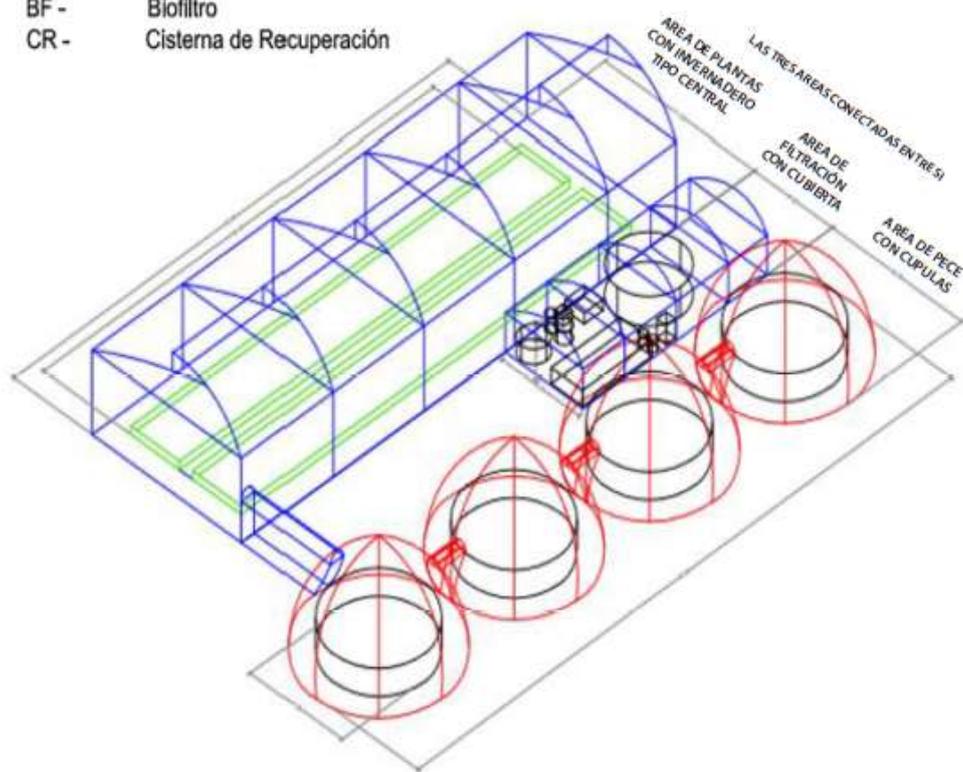


Figura 3.4. Diseño isométrico 3D proyecto acuapónico
Fuente autor

El Área del proyecto acuapónico cuenta con un área de 833 m² misma que será considerado como dato para el diseño del generador fotovoltaico.

3.3.2. Sistema de filtración y conversión de desechos

El componente de recirculación se realizará por un sistema acoplado que brindará estabilidad al sistema y beneficios en cuanto a la reducción de la cantidad de alimento, energía y agua que se requiere aportar.

El sistema filtración cuenta con dispositivos de separación de sólidos y conversión de estos, todo desecho es convertido en un útil biofertilizante. El

sistema de conversión utiliza 2 microorganismos principales en este proceso, las bacterias nitrificantes y las bacterias heterótrofas.

El sistema de filtración consiste en un proceso de separación de sólidos sedimentables y suspendidos por medio de un Clarificador radial. Los desechos sólidos serán enviados a las camas de plantas para el aprovechamiento de los nutrientes que contienen y su posterior disposición en el sistema de absorción.

3.3.3. Aireación y bombeo

El sistema de aireación se realizará por sistema de “venturías”, optimiza el uso de la energía, toda vez que solo entrega la demanda de oxígeno que los peces requieren en el momento que se necesita.

La recirculación de agua se realizará a través de una bomba altamente eficiente alimentada por una microred fotovoltaica. El diseño del sistema está pensado en el menor consumo energético con la mayor productividad posible.

3.3.4. Esquema de circuito cerrado en Sistema Acuapónico

- El agua del tanque de los peces se pasa al sedimentador donde se retiran los sólidos.
- El agua se mineraliza con bacterias nitrificantes (aeróbicas y anaeróbicas).
- El agua se impulsa al sistema de cultivo vegetal (raíz flotante, canalización piramidal, etc.)
- El agua regresa ya tratada al cultivo de los peces en los tanques (geomembrana, PVC, etc.)

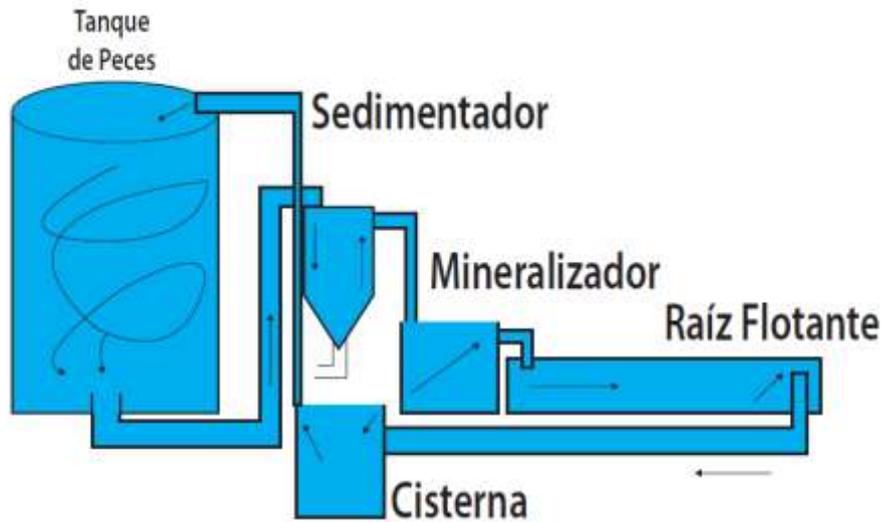


Figura 3.5. Esquema de circuito cerrado proyecto acuapónico
Fuente autor

3.3.5. Energía renovable instalada

Este sistema permite la integración de energías renovables como los paneles solares, que te permiten reducir el costo energético, la huella de carbono y por ende el impacto ambiental.



Figura 3. 6. paneles solares en granjas
Fuente autor



Figura 3. 7. Paneles solares en proyecto acuapónico
Fuente autor

3.3.6. Sistema Acuapónico (motores y elementos)

- **Mecanismo de alimentación de peces:** Este se instaló en el sistema con el fin de proporcionar el alimento necesario para que los peces se nutran diariamente. El momento de alimentación depende de la temperatura y se hace 46 en el momento que los peces estén más activos. El sistema usa un motor paso a paso 0.5HP, su función es girar un tornillo sin fin con lo cual se consigue que el alimento se distribuya en todo el volumen del estanque de los peces (Arbeláez & Roldan, 2021).
- **Bomba de agua:** Al sistema cuenta 2 bomba de agua de 0.5HP la cual uno de ellos se instaló en el tanque de los peces y a la lecho de siembra y su elección depende de las electroválvulas Se la segunda bomba de 0.5HP ubicado en el mineralizador aeróbico este retorna el agua al sistema luego de completar la mineralización (Arbeláez & Roldan, 2021).
- **Bomba de aire (sistema neumático):** En el sistema se instalaron dos bombas de aire de 0.25HP. La primera inyecta el aire que necesitan los peces, las plantas y el biofiltro mientras la segunda ubicada en el mineralizador aeróbico (Arbeláez & Roldan, 2021).

3.4 Capacidad instalada

El sistema cuenta con una bomba de 2HP, donde el sistema de control que comprende PD-Bomba, la bomba y el sistema de control se encarga de la recirculación del agua. La capacidad instalada es del sistema es 1.5kW.

3.5 Diagrama unifilar de bomba de agua

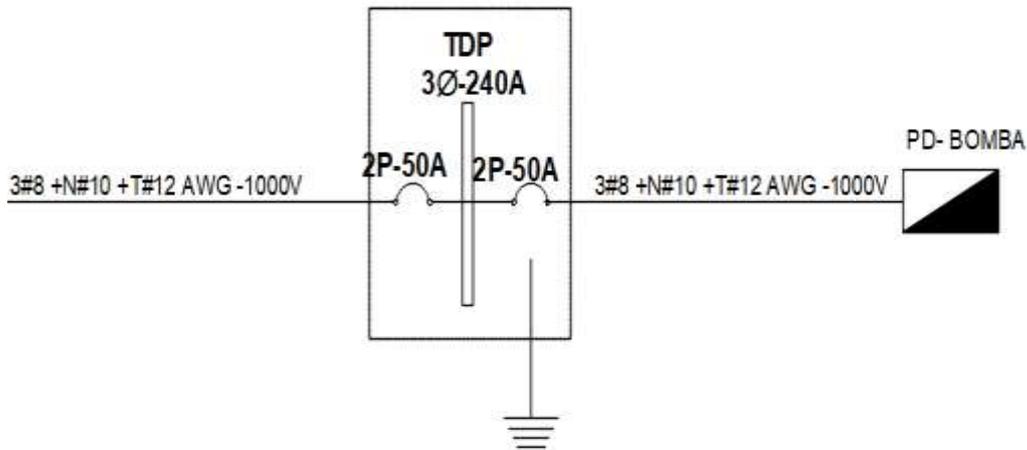


Figura 3. 8. Diagrama unifilar desde TDP hasta PD-Bomba
Fuente autor

El panel de la bomba va adentro del tablero del TDP, ya que el sistema se encuentra en un lugar de difícil acceso. Donde el TDP reparte a la bomba de recirculación del agua, a una garita de monitoreo con tomas y puntos de luz en baja tensión.

3.6 Calculo de generador fotovoltaico

Teniendo en cuenta que la carga instalada es de 1.5kW y tendrá una expansión hasta 3kW, se calculara el número de paneles solares con el siguiente calculo.

Ecuación 3.1 calculo generador fotovoltaico
$$Energia = Carga * Numero_{Horas} * Numero_{Dias\ al\ mes} \quad (3.1)$$

$$Energia = 2 * 8 * 30 = 5040 kWh$$

Con la energía diaria de 16kWh se puede obtener la potencia solar a considerar para el proyecto, la figura 3.15. Muestra la radiación difusa promedio para la provincia de esmeralda de 2.9 kWh/m2/día. Recordando que la irradiación es considerada como 1000 Wm2/día por tanto, quedaría como resultado 2.9 h, misma que indican el número de horas sol pico aprovechable con máximo rendimiento del sistema.

Ecuación 3.2 calculo potencia solar

$$Potencia\ solar = \frac{Consumo\ diario(KWh)}{HSP} = \frac{16\ KWh}{2.9\ h} = 5.52kW \quad (3.2)$$

Ecuación 3.3 calculo números de paneles

$$\#Panel\ solar = \frac{5517W}{600W} = 8.48 \quad (3.3)$$

3.7 Simulación con software PVsyst 7.2 solar

Se realizó el diseño del sistema fotovoltaico autónomo. La figura 3.9. Muestra el resumen del sistema fotovoltaico el cual por la capacidad indicada actuaría como un generador para la red inyectando un excedente de energía.

Resumen de resultados	
Tipo de sistema	Sistema independiente con baterías
Producción del sistema	7817 kWh/año
Producción específica	1326 kWh/kWp/año
Proporción de rendimiento	0.695
Producción normalizada	3.04 kWh/kWp/día
Pérdidas del conjunto	1.06 kWh/kWp/día
Pérdidas del sistema.	0.27 kWh/kWp/día

Figura 3.9. Resumen de instalación fotovoltaica propuesta
Fuente autor

La figura 3.10. Muestra la curva de eficiencia de los paneles solares propuestos, esta curva está basada en las características técnicas de los paneles mostrando que en condiciones óptimas cada módulo contaría con una capacidad de 611.15kW si la irradiancia incidente es de 1000W/m2.

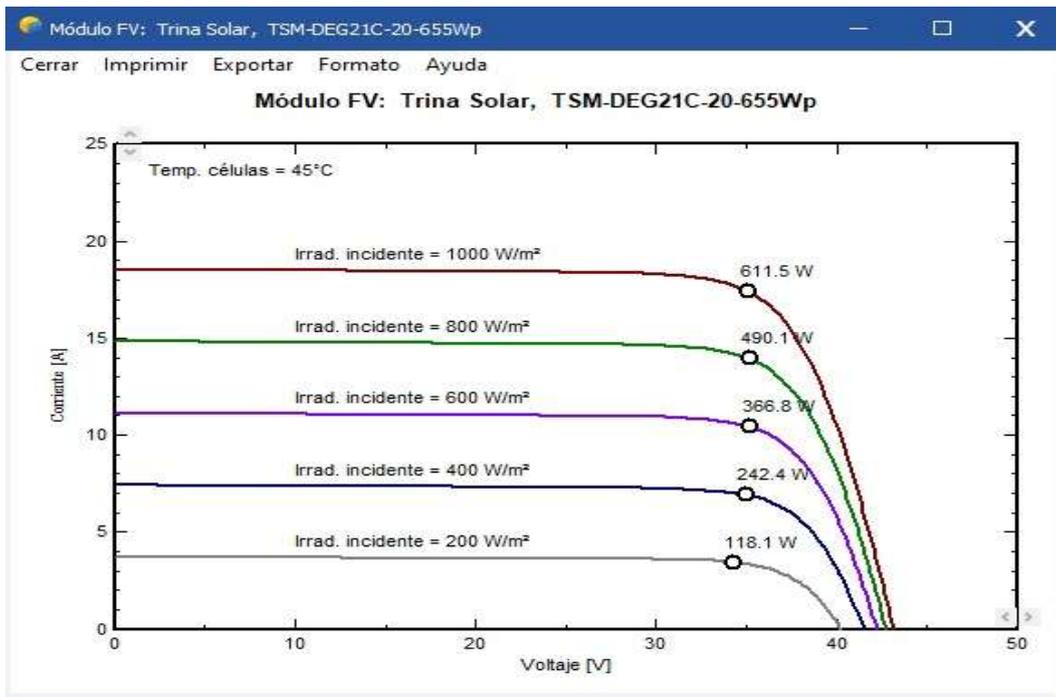


Figura 3.10. Curva de eficiencia panel solar
Fuente autor

La figura 3.11. Muestra la curva de eficiencia del inversor donde indica que estaría trabajando en un rango del 95% eficiencia hasta 5KW, si el inversor excede la capacidad hasta llegar a 6kW este disminuirá su eficiencia en un 15%.

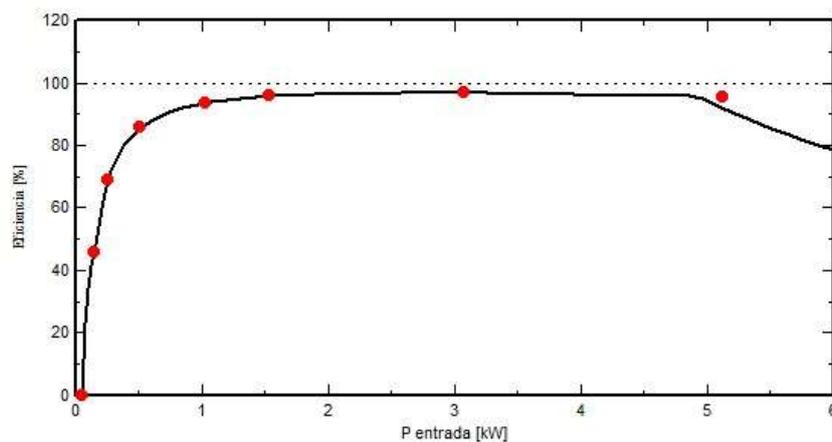


Figura 3.11. Curva de eficiencia inversor
Fuente autor

La figura 3.12. Indica la capacidad del banco de baterías de 1650Ah en potencia es igual a 5.8KW trabajando en condiciones opimas y al 100% de carga. Al 50% de carga su capacidad baja a 825Ah.

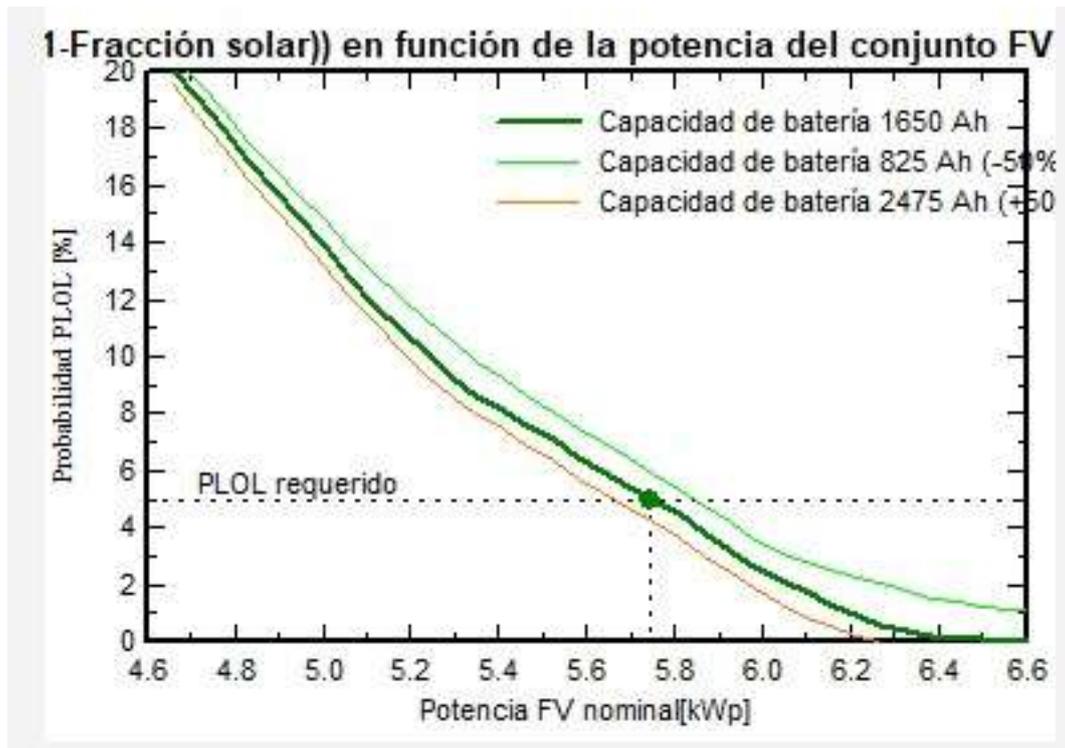


Figura 3.12. Capacidad de batería en función a conjunto fotovoltaico
 Fuente autor

La figura 3.13. muestra la curva de voltaje en función a la carga y descarga del sistema, cada batería que conforma el banco es li-on 26V 180Ah que trabaja a su 100% de capacidad a temperatura ambiente y temperatura máxima hasta 45°C. Para cargar el banco de baterías se necesita 4.8Horas con una inyección de corriente de 36A, con 9A inyectados al banco de batería el tiempo de carga aumenta a 19 horas y finalmente con 2A inyectados el tiempo de carga del banco aumenta a 4 días y 6 horas.

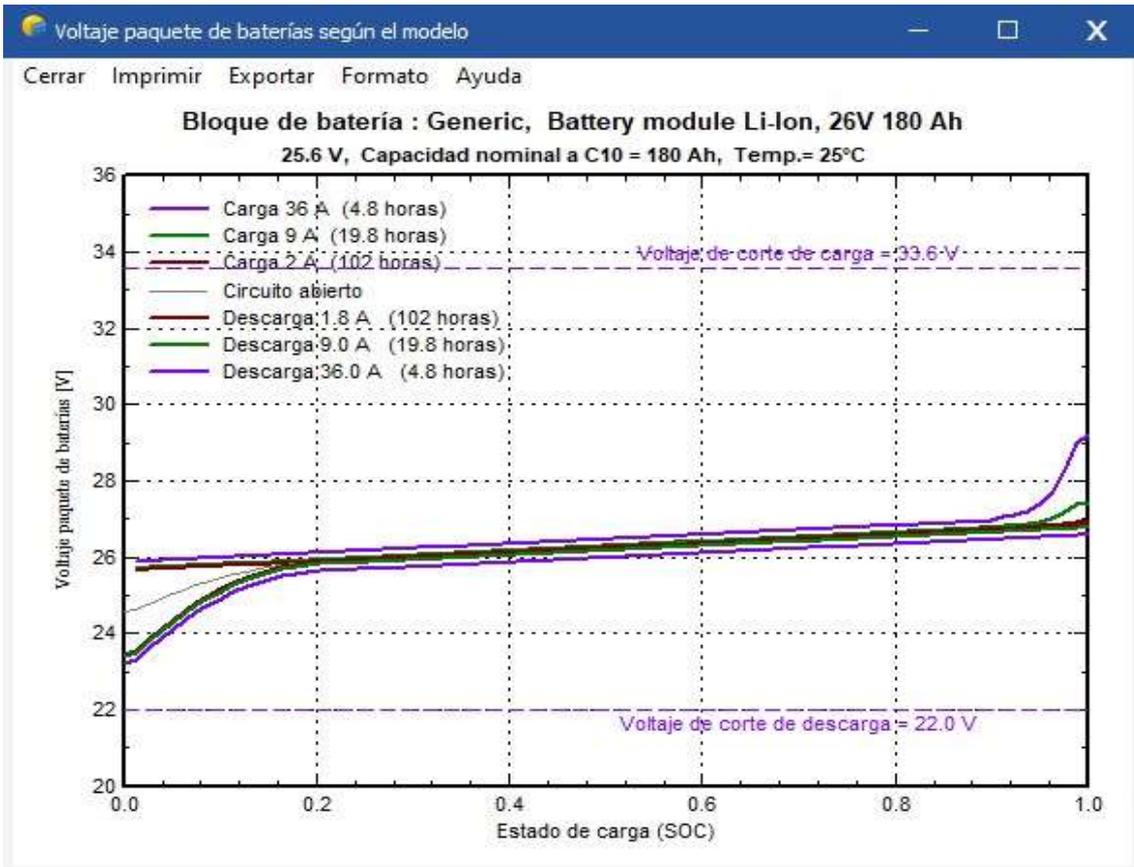


Figura 3.13. Curva de voltaje de carga y descarga en banco de batería
 Fuente autor

La figura 3.14. Muestra el esquema del diseño autónomo propuesto, del lado izquierdo está el conjunto de paneles fotovoltaicos, en el centro se aprecia el inversor el cual tiene 2 entradas, la primera corresponde al sistema fotovoltaico y la segunda a un generador para servicios auxiliares, el inversor cuenta con un banco de baterías que funcionara en horario nocturno.

Diseño típico de un sistema autónomo

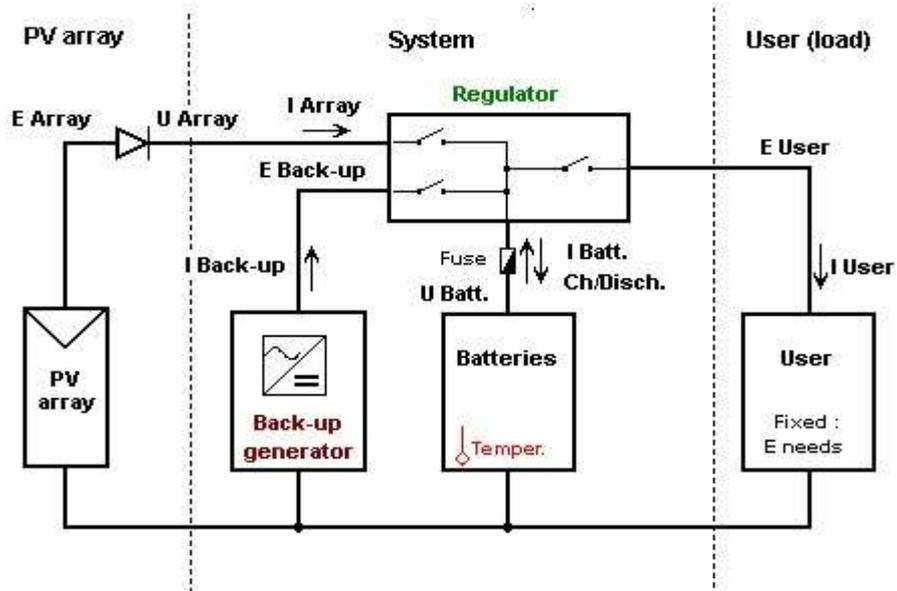


Figura 3.14. Diseño de un sistema autónomo
Fuente autor

La figura 3.15 muestra el rendimiento que tiene el sistema fotovoltaico autónomo de acuerdo a los meses de año, en el mes de diciembre el rendimiento del sistema tiene una caída llegando a operar en 59.6%, en el mes de mayo el rendimiento se potencia en 81.6% esto se debe a la radiación difusa que incide sobre los módulos y la locación del proyecto.

Nueva variante de simulación

Cerrar Imprimir Exportar Ayuda

Nueva variante de simulación
Coefficientes de rendimiento normalizados

	Yr	Lu	Yu	Lc	Ya	Ls	Yf	PR
	kWh/m ² /día	proporción	kWh/kWp/día	proporción	kWh/kWp/día	proporción	kWh/kWp/día	proporción
Enero	4.70	0.639	4.70	1.298	3.40	0.361	3.04	0.647
Febrero	4.63	0.707	4.63	1.340	3.29	0.249	3.04	0.657
Marzo	4.74	0.781	4.74	1.451	3.29	0.251	3.04	0.641
Abril	5.01	0.933	5.01	1.647	3.37	0.325	3.04	0.607
Mayo	4.43	0.640	4.43	1.261	3.17	0.129	3.04	0.686
Junio	3.73	0.000	3.73	0.494	3.24	0.194	3.04	0.816
Julio	3.83	0.000	3.83	0.495	3.34	0.296	3.04	0.794
Agosto	4.15	0.191	4.15	0.714	3.44	0.398	3.04	0.732
Septiembre	3.95	0.251	3.95	0.764	3.19	0.149	3.04	0.769
Octubre	3.96	0.160	3.96	0.679	3.28	0.240	3.04	0.768
Noviembre	4.25	0.295	4.25	0.852	3.40	0.356	3.04	0.716
Diciembre	5.10	1.021	5.10	1.714	3.39	0.346	3.04	0.596
Año	4.37	0.467	4.37	1.058	3.32	0.275	3.04	0.695

Figura 3.15. Energía fotovoltaica generada
Fuente autor

Nueva variante de simulación

Cerrar Imprimir Exportar Ayuda

Nueva variante de simulación
Sumas mensuales por hora para E_User [kWh]

	0H	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H	10H	11H	12H	13H	14H	15H	16H	17H	18H	19H	20H	21H	22H	23H
Enero	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2
Febrero	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9
Marzo	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2
Abril	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4
Mayo	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2
Junio	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4
Julio	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2
Agosto	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2
Septiembre	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4
Octubre	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2
Noviembre	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4
Diciembre	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2
Año	272.7	272.7	272.7	272.7	272.7	272.7	272.7	272.7	272.7	272.7	272.7	272.7	272.7	272.7	272.7	272.7	272.7	272.7	272.7	272.7	272.7	272.7	272.7	272.7

Figura 3.16. Horas solares de generación fotovoltaica
Fuente autor

3.8 Diagrama unifilar propuesto

La figura 3.8 muestra el diagrama unifilar propuesto de acuerdo con los resultados obtenidos en la simulación del programa PVsyst 7.2, un generador solar de 6000W con 9 paneles de 650W en paralelo con voltaje de 37.7V y corriente de 153A, módulo de baterías con voltaje de 48V \pm 10% y capacidad de 1680Ah.

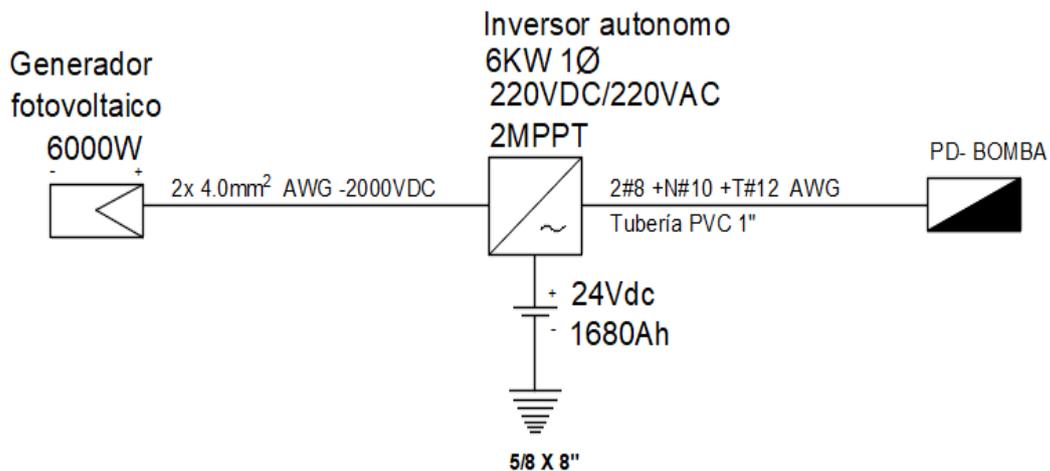


Figura 3.17. Diagrama unifilar generador solar autónomo
Fuente autor

3.9 Detalle técnico de los equipos

3.9.1 Panel solar

La figura 3.9. muestra las especificaciones técnicas y dimensiones de los paneles solares propuestos de acuerdo con la simulación realizada en el software PVsyst 7.2, para el sistema autónomo con capacidad por módulo de 650W con una eficiencia de hasta 21.4% en carga hasta el 70%. Los paneles solares cuentan con una vida útil hasta 25 años.

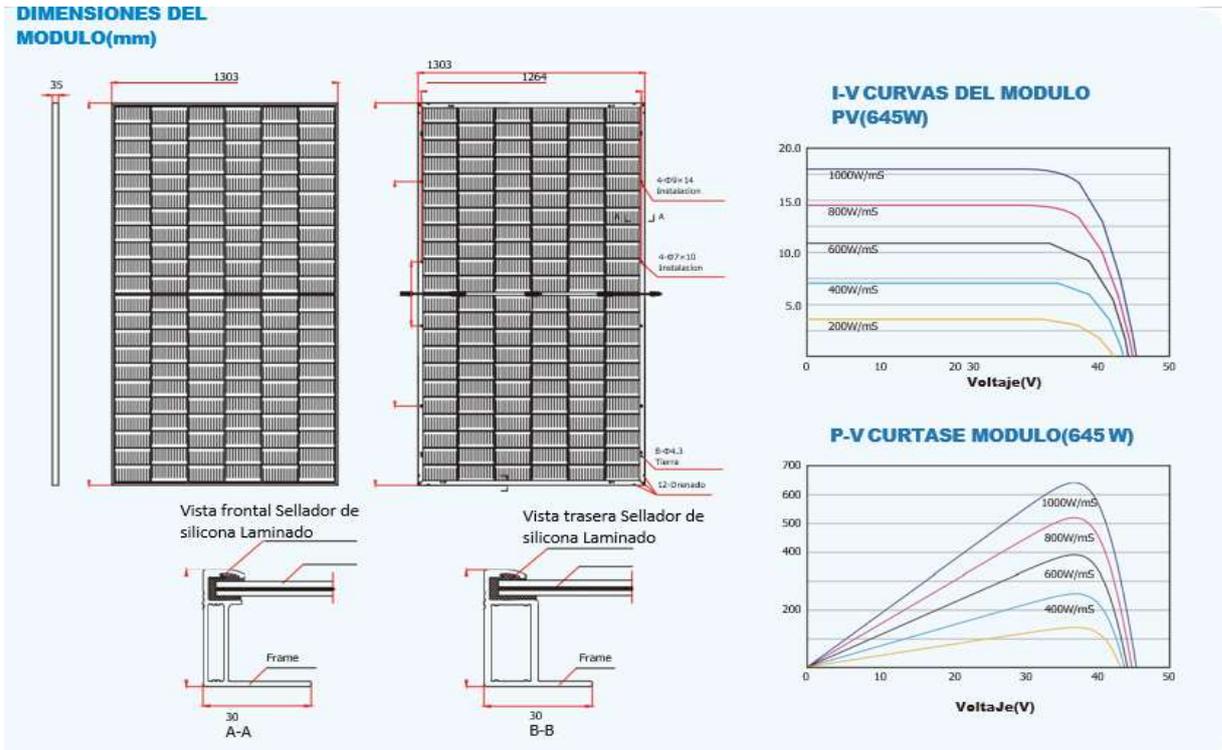


Figura 3.18. Panel solar monocristalino 655W
Fuente: Trina solar, 2015

La tabla 3.1. Muestra las condiciones de operación en las que puede trabajar el panel solar en máxima carga al 100% y eficiencia de 20.9% con un voltaje de 37.7V y corriente 17.27A y una variación de $\pm 5\%$. Voltaje de circuito abierto 45.5 y corriente de cortocircuito hasta 18.35A.

Tabla 3. 3. Especificaciones técnicas de panel solar

Especificaciones de paneles Trina solar						
Potencia máxima -P máxima (Wp)	640	645	650	655	660	665
rango de selección -P maxima (W)	0 ~ 10					
Voltaje máximo -Vmpp (V)	37,3	37,5	37,7	37,9	38,1	38,3
Corriente máxima -Impp (A)	17,19	17,23	17,27	17,31	17,35	17,39
Voltaje de circuito abierto VOC (V)	45,3		45,5	45,9		46,1
Corriente de cortocircuito ISC (A)	18,31		18,35	18,45		18,50
Eficiencia (%)	20,8		20,9	21,2		21,4

Fuente: Trina solar, 2015

3.9.2. Inversor solar

La figura 3.19. muestra la integración de los equipos que conforman un sistema solar autónomo, el inversor recibe las señales de los paneles solares y del banco de baterías para convertir la energía DC en AC. La tabla 3.3. muestra las características del inversor el cual se consideró de 6000 W de acuerdo con la simulación en el programa PVsyst 7.2.



Figura 3.19. integración de elementos a inversor autónomo/híbrido
Fuente: Mustsolar, 2017

Tabla 3. 4. Características técnicas de inversor

MODELO	PV30-1KW VHM		PV30-1.5KW VHM		PV30-2KW VHM		PV30-3KW VHM		PV30-4KW VHM		PV30- 5KW VHM	PV30- 6KW VHM
Voltaje nominal del sistema de batería	12V	24V	12V	24 VCC	12 V	24 V	24 V	48 V	24 V	48 V	48 V	48 V
SALIDA DEL INVERSOR												
Potencia nominal	1 kilovatio		1,5 kilovatios		2 kilovatios		3 kilovatios		4 kilovatios		5 kilovatios	6 kilovatios
Clasificación de sobretensión	3000VA		4500VA		6000VA		9000VA		12000VA		15000VA	18000VA
Capaz de arrancar un motor eléctrico	1HP		1HP		1HP		2HP		3HP			
Tipo de onda	Onda sinusoidal pura											
Voltaje de salida nominal RMS	220 V - /240 V ±10 % RMS											
Frecuencia de salida	60 Hz ±0,3 Hz											
Eficiencia (pico)	>88%											
Eficiencia en modo online	>95%											
Factor de potencia	1.0											
Tiempo de transferencia	10 ms máximo											
ENTRADA DE CORRIENTE ALTENA												

Voltaje	240 V												
Rango de voltaje	96~132VAC 155~280V												
Rango de frecuencia	50 Hz/60 Hz (detección automática) 40~80 Hz												
BATERIA													
Voltaje mínimo de arranque	(10V / 10.5V / 11V)+0.5V para modo 12VCD (*2 para 24VCD, *4 para 48VCD)												
Alarma de batería baja	(10V / 10.5V / 11V)+0.5V para modo 12VCD (*2 para 24VCD, *4 para 48VCD)												
Corte de batería baja	10 V / 10,5 V / 11 V para modo 12 V CC (*2 para 24 V CC, *4 para 48 V CC)												
Alarma de alto voltaje	(13,8-14,5 V)+1 V para modo de 12 V CC (*2 para 24 V CC, *4 para 48 V CC)												
Recuperación de alto voltaje de batería	(13,8-14,5 V)+0,5 V para modo de 12 V CC (*2 para 24 V CC, *4 para 48 V CC)												
Modo de búsqueda de consumo	Carga $\leq 50 \pm 20W$ (120V)/ $100 \pm 20W$ (220V)												
CARGADOR													
Tensión de salida	Depende del tipo de batería												
Disyuntor de entrada	230V	1-1.5K/10A				2-3K/30A				4-6K/40A			
Protección contra sobrecarga SD	15,7 V CC para el modo de 12 V CC (*2 para el modo de 24 V CC, *4 para el modo de 48 V CC)												
Corriente de carga máxima	30A	20A	45A	25A	60A	30A	40A	20A	60A	30A	35A	40A	
CARGADOR SOLAR													
Potencia máxima de matriz fotovoltaica	1250W	2500W	1250W	2500W	1250W	2500W	2500W	5000W	2500W	5000W	5000W	5000W	
Corriente máxima de carga fotovoltaica	80A												
Voltaje CC	Automático de 12V / 24V								Trabajo automático de 24V / 48V				
Rango de MPPT a voltaje de funcionamiento	16~100 V CC a 12 V/32~145 V CC a 24 V								32~145 V CC a 24 V/64~145 V CC a 48 V				
Voltaje máximo de circuito abierto de matriz fotovoltaica	145 VCC												

Fuente: Mustsolar, 2017

3.9.3. Baterías de litio

La figura 3.10 muestra la conexión de las baterías de litio hasta llegar al inversor, las baterías pasan por un módulo de derivación el cual tiene barras para realizar las configuraciones en serie y paralelo, es usado como una protección adicional para asegurar la protección de las baterías cuenta con un breaker DC y un sistema de seccionamiento manual hasta 2000 VDC, el módulo de derivación también cuenta con protocolos de comunicación Mod-buss RJ 485 que permite enlazarlo al sistema y de esta manera evaluar el comportamiento de las baterías y evitar la pérdida de un ramal. La tabla 3.2. muestra las características técnicas de las baterías de litio las cuales trabajan a 24Vdc y capacidad nominal de hasta 180Ah, son baterías consideradas como larga vida útil con un número de hasta 3000 ciclos al 80%, cuentan con una vida útil de 18 a 20 años libres de mantenimiento y cada módulo tienen un peso de hasta 55kg.

La tabla 3.3 muestra las características técnicas del módulo de derivación, de acuerdo con el sistema seleccionado en la simulación PVsyst la configuración de las baterías son 2 series de 9 módulos en paralelo obteniendo un voltaje de 48 VDC y una capacidad de 1620Ah.

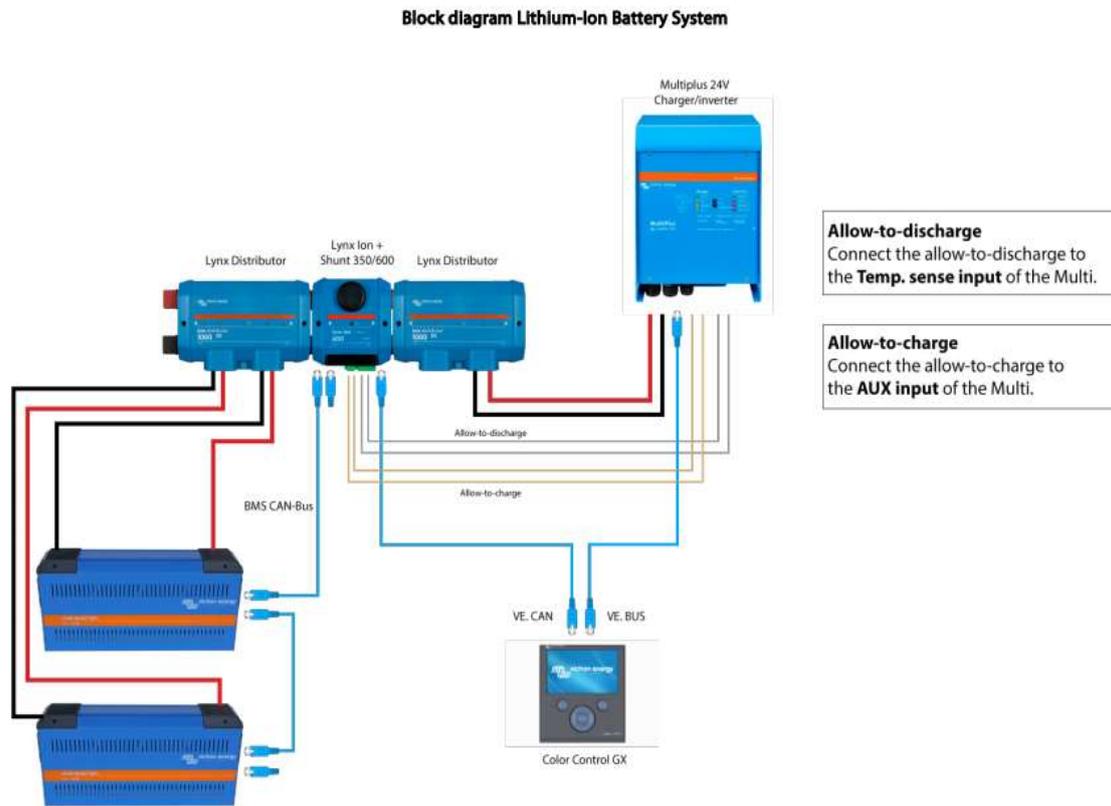


Figura 3. 20. Diagrama de bloque de sistema de batería de litio 24V
Fuente: Victron energy, 2018

Tabla 3. 5. Especificaciones de batería de litio 24V 180Ah

Especificación de batería de Litio		
	Lithium-ion 24V 100Ah 2.6kWh battery	Lithium-ion 24V 180Ah 4.75kWh battery
Tecnología	Lithium iron phosphate (LiFePO4)	Lithium iron phosphate (LiFePO4)
Voltaje nominal	25,6V	25,6V
Capacidad nominal	100Ah	180Ah
Energía nominal	2,6kWh	4,75kWh
Peso	30kg	55kg
Energía/proporción de peso	86Wh/kg	86Wh/kg
Dimensiones (l x W x h)	592 x 154 x 278 mm	623 x 193 x 351 mm
Carga y descarga		
voltaje de cortocircuito hasta 0.05C	28,8V	28,8V
Descarga de voltaje de corte	20V	20V
Corriente de carga y descarga recomendada	30A (0,3C)	54A (0,3C)

Corriente de carga máxima (1C)	100A	180A
Máxima corriente de descarga (1.5C)	150A	270A
Corriente de descarga de pulso (10s)	500A	1000A
Numero de ciclos al 80% DOD (0.3C)	3000	3000
Configuración		
Configuración en serie	"Sí, hasta 2 (más en serie bajo pedido)"	Si, hasta 2 (más en serie bajo pedido)
Configuración en paralelo	Sí, fácil hasta 10 (más paralelo bajo pedido)	Si, fácil hasta 10 (más paralelo bajo pedido)
Temperatura de operación		
Temperatura de operación en carga	0-45 °C	0-45 °C
Temperatura de operación en descarga	-20-55 °C	-20-55 °C
Temperatura de almacenamiento	-20-45 °C	-20-45 °C
Estándar		
EMC: Emisión	EN-IEC 61000-6-3:2007/A1:2011/C11:2012	
EMC: Inmunidad	EN-IEC 61000-6-1:2007	
Directiva de bajo voltaje	EN 60335-1:2012/AC:2014	

Fuente: Victrom energy, 2018

Tabla 3. 6. Especificaciones batería de litio + derivación para banco

Especificaciones de batería Lynx Ion + Derivación		
Lynx Ion + Shunt	350A	600A
Número máximo de baterías en serie	2 (= 48 VDC)	
Número máximo de baterías en paralelo	48	
Rango de fuente de voltaje	9 ... 60VDC	
modo standby	73mW @ 26,2V and 138mW @ 52,4V	
Modo activo	8,7 W	
Contactador principal de seguridad	350A	600A
Enclosure		
Material	ABS	
Peso	2,0kg	
Dimensiones (l x w x h)	185 x 165 x 85 mm	
IO		
Salida auxiliar	5A(voltaje de salida = voltaje de la batería), protección contra cortocircuitos	
Contactador de seguridad externo	5A (voltaje de salida = voltaje de la batería), protección contra cortocircuitos	
Permiso de carga	1A @ 60VDC, libre de potencial	
Permiso de descarga	1A @ 60VDC, libre de potencial	
Señal de estado externa	12V / 140mA	
Environmental		
Rango de temperatura de operación	-20 °C to 50 °C	
Humedad	Max. 95% (non-condensing)	
Clase de protección	IP22	IP20
Standards		
EMC: Emisión	EN-IEC 61000-6-3:2007/A1:2011/C11:2012	

EMC: Inmunidad	EN-IEC 61000-6-1:2007
Directiva de bajo voltaje	EN 60335-1:2012/AC:2014
RoHs	EN 50581:2012

Fuente: Victrom energy, 2018

3.10. Marco legal

ARCONEL 005/18.- Calidad de servicio de distribución y comercial de energía eléctrica

La agencia de regulación y control de la electricidad (ARCONEL) en el periodo 2018, mediante la resolución y regulación 005/18 establece que la distribución de la energía eléctrica será suministrada por parte del estado como parte de los servicios públicos, el consumo de este derecho público será proporcionado con igualdad, responsabilidad.

Para llevar a cabalidad la comercialización y distribución de la energía eléctrica se crearon nuevas resoluciones, que permitieron poner niveles a la calidad de servicio eléctrico, concejo nacional de electricidad (CONECEL) con la resolución 003/08

CONELEC 003/08.- Distribución de la energía

El concejo nacional de electricidad con el fin de mejorar su calidad de servicio estableció las entidades encargadas de los procesos de transmisión y distribución de la electricidad. Estableciendo al operador nacional de electricidad (CENACE) será responsable de las operaciones de transporte y despacho, siempre que esta cumpla con los criterios de calidad impuestos y sin afectar las instalaciones del cliente o generar algún riesgo humano.

La regulación aplica para los siguientes casos dentro de la transmisión y transporte de la energía eléctrica. Buscando siempre mejorar la calidad de energía entregada al consumidor o cliente final, en todas las etapas que comprende el transporte de energía con la finalidad de entregar la mayor calidad de energía minorizando las fallas que se puedan generar

- Sistemas de transmisión mayores con niveles de tensión 90KV

- Instalaciones para transformación y regulación de voltajes
- Instalaciones de distribuidoras o empresas consideraras como grandes consumidores.

ARCONEL 003/18.- Micro generación fotovoltaica

Dentro del periodo 2018, se instauró el concepto de energías renovables y su uso como sistemas de generación, la regulación 003/18 y resolución 042/18 establecen a las energías renovables como fuentes de energías limpias mediante el uso de tecnologías ambientales que para la generación de energía utilizan medios naturales inagotables, dentro de este capítulo es considerado como energía alternativa por su medio de generación y su bajo impacto al medio ambiente. El artículo hace énfasis sobre la micro generación fotovoltaica interconectada a la red de un consumidor.

Describe el término micro generación al sistema cuya capacidad será menor a 100KW para las categorías de comercialización residencial, comercial e industrial de media y baja tensión, la resolución establece que este tipo de sistemas podrán realizar un sincronismo con la red eléctrica existente suministrada al consumidor por tanto la regulación de determinan las condiciones necesarias que debe cumplir el generador, los tipos de conexión, los requisitos que se deben llevar para interconectar el sistema propuesto con el existente con conjunto con la empresa distribuidora y el manejo del sistema comercial por el suministro de energía inyectada a la red.

Este tipo de sistema tendrá contará con un medidor bidireccional, este se encargará de medir la energía inyectada, para la facturación mensual esta realizará un cálculo el cual resta la energía consumida por la red menos la energía inyectada por los paneles. Si la resultante es negativa la empresa distribuidora evaluará la energía mensual consumida en función al tipo de tarifa que establezca el pliego tarifario

ARCONEL 001/18.- Tarifas de servidumbre

La agencia de regulaciones eléctricas estableció el tipo de tarifa que se manera los clientes, según su demanda, tensión y el tipo de cliente clasificando por demanda como pequeño, mediano y gran consumidor, según su nivel de voltaje Baja tensión hasta 600V, media tensión desde 13.8kV, 22kV y alta tensión desde 69kV en adelante.

RESOLUCION ARCENNR 013/2021 Generadores de energía renovable fotovoltaica

Esta resolución la dispuso la agencia de regulación de control de la energía y recursos no renovables, como una actualización y mejora de la regulación ARCONEL 003/18, mediante los beneficios aportables en función al ahorro económico que el generador ofrece, viéndose reflejado en la facturación de consumo de energía eléctrica como cliente con sistema solar fotovoltaico.

CAPITULO IV

Impacto Ambiental

4.1 Aspectos generales ambientales

El Capítulo IV busca analizar si la instalación de un sistema fotovoltaico aislado puede causar impactos en las fases de instalación, puesta en marcha y retiro del sistema, buscando factores que puedan generar un deterioro al medio ambiente y evaluar las condiciones de temperatura que maneja el sistema (Santa, 2014).

Para evaluar el sistema fotovoltaico propuesto se comienza por la locación del sitio a instalar como lo vemos en el capítulo III, los componentes del sistema aislado y su operatividad dentro del desarrollo de los procesos mencionados se evaluaron los impactos negativos, se tomaron los siguientes criterios: contenido relevante; y resultados cuantificables (Zapata, 2006).

El diagnóstico del sistema se realizó mediante los siguientes criterios: por la variación de la calidad ambiental, por la intensidad; por la extensión, por el momento en que se manifiesta; por su persistencia, por su capacidad de recuperación, por su relación causa-efecto; por su interrelación de acciones y efectos; por su periodicidad, y, por la necesidad de medidas correctoras. La identificación de los impactos generados, se realizó bajo el siguiente esquema:

4.2 Resumen de impactos ambientales identificados

Los principales impactos generados son:

1. Emisiones generadas por motores a combustión interna o grupos electrógenos, los cuales contaminan el aire y generan gases de efecto invernadero.
2. Descarga de componentes del sistema para su instalación++, así como en excavación de soportes y para las bases que generan degradación de la calidad del suelo.
3. Impacto visual a los paisajes y entornos, por la instalación de un sistema.

4. Otros impactos que afectan la flora y la fauna del ecosistema sean por su instalación o por su uso.
5. Impacto acústico por generación de db> 50
6. Además un posible impacto identificado es la generación de barreras biológicas en actividades de transporte cuando se instale un SFV o este pueda ser removido, debido a comunas que protejan la zona como bosques o reservas protegidas diferentes donde circulan vía terrestre tribus y comunas para sus actividades cotidianas, lo cual no sucedía antes de que el proyecto esté en desarrollo.
7. Alteración en ecosistemas sensibles como bosques protegidos por descarga y desalojo.

4.3 Valoración de impactos ambientales

Una vez identificados los impactos ambientales, se procedió a la calificación cuantitativa de los mismos para determinar su importancia ambiental. La evaluación de impactos se efectúa básicamente mediante parámetros ambientales de calificación.

- 1) Naturaleza (signo): hace alusión al carácter beneficioso (+) y perjudicial (-) del factor ambiental afectado, dependiendo si aumenta o disminuye la calidad ambiental.
- 2) Intensidad (IN): grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que actúa.
- 3) Extensión (EX): área de influencia teórica del impacto, en relación con el entorno de la actividad. Los rangos de criterio son: puntual, parcial, extenso, total y crítico (asignándole 4 unidades al rango de criterio correspondiente, si es el caso de un impacto muy severo a un factor).

- 4) Momento (MO): plazo de manifestación, tiempo desde que se inicia la acción hasta el inicio del efecto sobre el factor considerado. Si el tiempo transcurrido es nulo, el momento es Inmediato, si es menor a un año es a corto plazo, si es entre 1 y 5 años es mediano plazo, y si es mayor a 5 años es largo plazo. Si concurrese alguna circunstancia que hiciese crítico el momento del impacto, se atribuirían 4 unidades por encima de la especificada.
- 5) Persistencia (PE): tiempo que supuestamente permanecería el efecto, desde su aparición hasta que el factor llegue a su condición inicial previa a la acción, naturalmente o mediante medidas correctoras. No depende de la reversibilidad. Si el tiempo de persistencia es menor a 1 año es fugaz, si es entre 1 y 10 años es temporal, y si es mayor a 10 años es permanente.
- 6) Sinergia (SI): contempla el reforzamiento de 2 ó más efectos simples. El efecto de acciones simultáneas es mayor al efecto de éstas por separado.

4.4 Criterios para la calificación de impactos ambientales

La tabla 4.1. muestra los factores que se consideraran para la categorización de impactos ambientales, rangos de criterio y valoración según el nivel de impacto.

Tabla 4. 1 Tabla de criterios ambientales

Factores	Abreviatura	Rango de criterio	VALOR
Naturaleza	N	Positivo	+
		Negativo	-
Intensidad			

		Baja	1
		Media	2
		Alta	4
		Muy alta	8
		Destrucción Total	12
Extensión	EX	Puntual	1
		Parcial	2
		Extenso	4
		Total	8
		Crítico	(+4)
Momento	MO	Largo Plazo	1
		Mediano Plazo	2
		Corto Plazo	4
		Inmediato	(+4)

La fórmula utilizada para calcular el valor del impacto ambiental es la siguiente, con el que se determinará su Importancia:

Ecuación 4.1. Impacto ambiental

$$I = \pm(3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + PR + AC + EF + RV + RC) \quad (4.1)$$

Dónde:

\pm = Naturaleza del impacto.

I = Importancia del impacto

i = Intensidad o grado probable de destrucción

EX = Extensión o área de influencia del impacto

MO = Momento o tiempo entre la acción y la aparición del impacto

PE = Persistencia o permanencia del efecto provocado por el impacto

RV = Reversibilidad

SI = Sinergia o reforzamiento de dos o más efectos simples

AC = Acumulación o efecto de incremento progresivo EF = Efecto (tipo directo o indirecto)

PR = Periodicidad

MC = Recuperabilidad o grado posible de reconstrucción por medios humanos

4.5 Importancia del impacto ambiental

Aplicada la fórmula de cálculo de la importancia ambiental, se obtienen resultados que se encuentran contemplados en un rango de calificación que va desde 13 a 52, del cual se determinó la escala para categorizarlos (Urdiales, 2014).

Se definen cuatro categorías básicas:

- **Impacto compatible.** - El impacto compatible es identificable por los daños sobre recursos considerados de bajo con una recuperación rápida y un tiempo de sanación inmediato (Urdiales, 2014).

- **Impacto moderado.** - Los impactos moderados cuentan como un daño de alto nivel a los recursos naturales sin embargo son considerados como escala media por no ser de relevancia, en este estado aún puede ser recuperable en tiempos de corto, mediano y largo plazo (Urdiales, 2014).
- **Impacto severo.** - El impacto severo se refiere a impactos ambientales de gran intensidad sobre los recursos naturales, sin embargo en esta etapa cuenta posibilidad de recuperación en un plazo determinado volviéndolas mitigables, y recuperables en mediano y largo plazo (Urdiales, 2014).
- **Impacto crítico.** - El impacto crítico se conocido por su alta intensidad, lo cual lleva a un punto de no retorno, con un alto precio para su media correctiva y cuya presencia determina una suspensión de la viabilidad del proyecto (Urdiales, 2014).

Tabla 4. 2 Tabla impacto crítico

CATEGORÍA	RANGO DE LA IMPORTANCIA
POSITIVO	
IRREVELANTE	13 – 22
MODERADO	23 – 32
SEVERO	33 – 42
CRITICO	43 - 52

Fuente: Urdiales, 2014

4.6 Resumen de evaluación de impacto ambiental

El 54 % de los Impactos negativos son Irrelevantes, entre estos están un mínimo deterioro del paisaje o atractivos naturales únicos de una comunidad cuando se transporta y se instalan los sistemas fotovoltaicos, también un efecto negativo en la fauna y pérdida total o parcial de la arqueología cuando existen excavaciones para postes. Asimismo, la invasión de malezas, vectores e insectos en los componentes de los SFV cuando no existe una adecuada limpieza (SHAMI, 2012).

Los Impactos moderados equivalen al 34 % entre estos están la afección a vegetación natural, espacios silvestres y áreas protegidas en procesos de transporte, debido a que las comunidades están dispersas en zona de Bosque Protector, es decir los senderos que comunican a las diferentes comunidades tienen y tendrán un tránsito constante de personas que llevan los materiales por vía terrestre, lo cual no sucedía antes de que el proyecto esté en ejecución. Las emisiones al aire dependiendo del transporte fluvial o aéreo, además la salud de trabajadores que manipulan los componentes tanto en el transporte e instalación se consideran como Impactos moderados (Urdiales, 2014)

La generación de Residuos Sólidos tanto peligrosos y no peligrosos en etapas de preinstalación, instalación, funcionamiento y retiro se categoriza como un impacto severo – crítico (GAD, 2008).

Por último, el impacto positivo es la fuente de empleo que se presenta para personas como pueden ser canoeros y estibadores de las comunidades cuando se transporta los SFV (CENTROSUR, 2015), además se mejora la calidad de vida de las personas con servicio eléctrico permitiéndoles desarrollar sus actividades cotidianas con facilidad y comodidad (Palacios, 2012).

CAPTITULO V COSTO/BENEFICIO

5.1 Estudio costo/beneficio

El presente capítulo evaluara al proyecto en función a las ventajas y desventajas que el sistema presente, el coste por suministro, instalación y mantenimientos con el fin de sustentar la viabilidad del proyecto.

El proyecto al ser un sistema de energías renovables aislado cuenta como un proyecto considerado como auto sostenible con una vida útil de hasta 25 años en paneles solares e inversor y 18 a 20 años en baterías de litio por lo que se tomara como tiempo 20 años para evaluar su viabilidad mediante una tasa de interés (TIR) y valor anual neto (VAN).

5.2 Demanda económica del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de un generador fotovoltaico autónomo para suplir la demanda de energía del tablero de bombas del sistema acuapónico en la provincia de Esmeraldas – cantón San Mateo, con coordenadas geográficas 0°54'05"Norte y 79°38'30"Oeste. El proyecto desde el punto de vista económico es considerado como un proyecto de mediano a largo plazo. Por lo que necesita el financiamiento de una entidad financiera como cooperativa o banca para el financiamiento total del proyecto. Cabe mencionar que el proyecto al ser considerado como “renovable” de acuerdo con las resoluciones vigentes los productos se encuentran libre de impuesto y aranceles, cuenta tan bien con el respaldo de la huella verde (ministerio de carbono) con créditos a favor por minimizar la reducción de gases que afectan directa o indirectamente a la atmosfera, el proyecto es amigable al medio ambiente como se puede constatar en el capítulo IV, sin causar impacto acústico, un mínimo impacto visual y al entorno siendo considerado como depreciable.

5.3 Propuesta económica de la red fotovoltaica autónoma

La propuesta económica se realizó por el suministro e instalación del sistema fotovoltaico autónomo, tomando en consideración las características técnicas expuesta de los equipos y materiales en el capítulo III.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR	VALOR TOTAL
Inversor Poenix Solar 6KW - 2MPPT	U	1	1548,4	\$ 1.548,40
Panel solar monocristalino 650W	U	9	432,4	\$ 3.891,60
Bateria Li-on 24V 180AH	U	18	450,11	\$ 8.101,98
Conector MC4 par (Macho/hembra)	U	9	3,25	\$ 29,25
Cable solar PV #12	U	54	1,76	\$ 95,04
Soporteria con anclaje de hormigon	U	1	570	\$ 570,00
Instalacion y puesta en marcha	Global	1	2500	\$ 2.500,00
Mantenimiento anual	Global	1	500	\$ 500,00
SUB TOTAL				\$ 17.236,27

*Tabla 5. 1Propuesta económica red fotovoltaica autónoma
Fuente: Autor*

La propuesta económica cuenta con subtotal de \$17,236.27 dólares estadounidenses, dentro del análisis presupuestario uno de los rubros con mayor monto dentro de la oferta es el suministro e instalación de baterías de litio con un valor total de \$8101.98 dólares.

5.4 Tabla de amortización

El proyecto será financiado en su 100% por medio de crédito bancario, mismo que según la actividad del proyecto explicado en el capítulo III otorga un crédito de \$20,000 dólares con una tasa de interés de 9.03% y pagados hasta un periodo de 5 años.

Tabla 5. 2 Préstamo Bancario

Préstamo bancario				
Financiamiento:	COPERATIVA DE AHORRO Y CREDITO			
Cantidad:	20000,00 Dólares			
Tasa:	9,05%	Tasa efectiva	9,40%	
Plazo:	5 años			
Meses de gracia:	0 años			
Liquidación	30 Días			
Periodo mensual	60 para liquidar el capital			
# De meses	Capital	Interés	Valor Can.	Dividendo
0	20000,00			
1	19666,67	150,5	333,33	483,83
2	19333,34	148	333,33	481,33
3	19000,01	145,49	333,33	478,82
4	18666,68	142,98	333,33	476,31
5	18333,35	140,47	333,33	473,8
6	18000,02	137,96	333,33	471,29
7	17666,69	135,46	333,33	468,79
8	17333,36	132,95	333,33	466,28
9	17000,03	130,44	333,33	463,77
10	16666,70	127,93	333,33	461,26
11	16333,37	125,42	333,33	458,75
12	16000,04	122,91	333,33	456,24
13	15666,71	120,41	333,33	453,74
14	15333,38	117,9	333,33	451,23
15	15000,05	115,39	333,33	448,72
16	14666,72	112,88	333,33	446,21
17	14333,39	110,37	333,33	443,7
18	14000,06	107,86	333,33	441,19
19	13666,73	105,36	333,33	438,69
20	13333,40	102,85	333,33	436,18
21	13000,07	100,34	333,33	433,67
22	12666,74	97,83	333,33	431,16
23	12333,41	95,32	333,33	428,65
24	12000,08	92,81	333,33	426,14
25	11666,75	90,31	333,33	423,64

26	11333,42	87,8	333,33	421,13
27	11000,09	85,29	333,33	418,62
28	10666,76	82,78	333,33	416,11
29	10333,43	80,27	333,33	413,6
30	10000,10	77,76	333,33	411,09
31	9666,77	75,26	333,33	408,59
32	9333,44	72,75	333,33	406,08
33	9000,11	70,24	333,33	403,57
34	8666,78	67,73	333,33	401,06
35	8333,45	65,22	333,33	398,55
36	8000,12	62,71	333,33	396,04
37	7666,79	60,21	333,33	393,54
38	7333,46	57,7	333,33	391,03
39	7000,13	55,19	333,33	388,52
40	6666,80	52,68	333,33	386,01
41	6333,47	50,17	333,33	383,5
42	6000,14	47,66	333,33	380,99
43	5666,81	45,16	333,33	378,49
44	5333,48	42,65	333,33	375,98
45	5000,15	40,14	333,33	373,47
46	4666,82	37,63	333,33	370,96
47	4333,49	35,12	333,33	368,45
48	4000,16	32,61	333,33	365,94
49	3666,83	30,11	333,33	363,44
50	3333,50	27,6	333,33	360,93
51	3000,15	25,09	333,35	358,44
52	2666,80	22,58	333,35	355,93
53	2333,45	20,07	333,35	353,42
54	2000,10	17,56	333,35	350,91
55	1666,75	15,06	333,35	348,41
56	1333,40	12,55	333,35	345,9
57	1000,05	10,04	333,35	343,39
58	666,70	7,53	333,35	340,88
59	333,35	5,02	333,35	338,37
60	0,00	2,51	333,35	335,86

Fuente: Autor

La tabla indica que en un tiempo de 60 meses se debe cancelar un monto mensual de \$333.34 dólares con la finalidad de pagar el préstamo. Sin embargo, el préstamo será pagado mediante el ahorro de energía la cual al ser autónomo no pagara por consumo eléctrico.

5.5 TIR y VAN

Análisis económico						
Número de años	Energía inyectada por año (KWh)	Costo de anual por no pagar a empresa eléctrica	Limpieza y mantenimiento preventivo	Flujo de caja	Saldo adeudado (Banco)	Saldo a favor
0	7817	0	0	-20000		
1	7817	3600	200	3400	-4000	-600
2	7817	3600	200	3400	-4000	-1200
3	7817	3600	200	3400	-4000	-1800
4	7817	3600	200	3400	-4000	-2400
5	7817	3600	200	3400	-4000	-3000
6	7817	3600	200	3400		-28600
7	7817	3600	200	3400		-25200
8	7817	3600	200	3400		-21800
9	7817	3600	200	3400		-18400
10	7817	3600	200	3400		-15000
11	7817	3600	200	3400		-11600
12	7817	3600	200	3400		-8200
13	7817	3600	200	3400		-4800
14	7817	3600	200	3400		-1400
15	7817	3600	200	3400		2000
16	7817	3600	200	3400		5400
17	7817	3600	200	3400		8800
18	7817	3600	200	3400		12200
19	7817	3600	200	3400		15600
20	7817	3600	200	3400		19000
21	7817	3600	200	3400		22400
22	7817	3600	200	3400		25800
23	7817	3600	200	3400		29200
24	7817	3600	200	3400		32600
25	7817	3600	200	3400		36000
Tasa interna de inversión						1,67%
Valor anual neto						\$6.455,78

Tabla 5. 3 Análisis económico

Fuente: Autor

La tabla muestra los resultados obtenidos por el análisis económico con una tasa interna de inversión de 1.67% y un valor anual neto de \$6,455.78 dólares el proyecto desde el año 15 comienza a tener una rentabilidad. El ahorro al no pagar energía eléctrica por contar con un sistema auto sostenible es de \$36,000 dólares. De estos para el cambio de elementos equivalentes al monto total del proyecto nos deja con una diferencia de \$16,000 dólares a favor. A continuación se evaluará el costo beneficio del proyecto.

Ecuación 5.1 costo/beneficio

$$\frac{C}{B} = \frac{17,236.27}{36,000.00} = 48\% \quad (5.1)$$

La ecuación 5.1 nos muestra que el proyecto cuenta con una rentabilidad de 48% como parte de los beneficios económicos.

5.6 Beneficios del sistema FV autónomo

Este sistema es la solución a los problemas de electrificación, a los altos recibos de luz convencional y al constante consumo de combustible fósil. Es así, que este método de generar energía limpia, silenciosa e inagotable, nos conlleva a varios beneficios relevantes lo cual detallaremos los siguientes:

- Es modular, es decir que puede ir aumentando de acuerdo a las necesidades y el espacio físico disponible.
- No contamina, no genera gases contaminantes ni ruido. Es amigable con el medio ambiente.
- Gastos casi cero en su mantenimiento ya que es muy simple y sus componentes son muy resistentes.
- Tienen un alto índice de vida útil. Los paneles duran al menos 25 años y los inversores más de 10 años.
- Inagotable aprovechando un recurso natural renovable que es el sol.

CONCLUSIONES

- A través de distintos autores se ha determinado que la instalación de sistemas fotovoltaicos como alternativa con energías renovables reduce significativamente las emisiones de CO₂ lo que reduce la polución y el efecto invernadero, siendo amigable con el medio ambiente, motivando a profesionales a realizar estudios que pueden ser aplicables con el desarrollo de la tecnología día a día.
- Mediante la ayuda del software PVsyst 7.2, que contiene los datos de la NASA resultó factible la obtención de los datos para la evaluación del recurso energético en el sitio geográficamente con coordenadas 0°54'05"Norte y 79°38'30"Oeste. A este punto geo referenciales idóneo para una mejor captación del sol siendo un sistema eficiente.
- Se determinó los parámetros necesarios para obtener la cantidad de elementos siendo 9 módulos fotovoltaicos y 1 inversor. A través de la proyección a los 25 años tanto de la energía consumida por los usuarios y a su vez de la energía efectiva se obtuvo el ahorro en el tiempo mencionado. Dando como resultado una rentabilidad económica positiva del proyecto costo/beneficio del 48%, con una tasa interna de inversión de 1.67% y un valor anual neto de \$6,455.78 dólares; por lo cual el ahorro al no pagar energía eléctrica por contar con un sistema auto sostenible es de \$36,000 dólares y un valor a favor de \$16,000 dólares al monto total.
- Se dedujo que los sistemas fotovoltaicos añadidos al sistema acuapónico además de reducir las emisiones del efecto invernadero aportan a consumir una energía limpia, con el menor impacto ambiental reduciendo de esta manera la huella ecológica.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda incentivar a la instalación de sistemas fotovoltaicos para el desarrollo de proyectos en zonas rurales aisladas.
- Respecto de la instalación del micro red fotovoltaica, es necesario que ésta se haga con profesionales o técnicos capacitados. La orientación y sujeción de los paneles, el conexionado, el mantenimiento del sistema, etc. Son actividades que requieren adecuada supervisión. Por ejemplo, al momento de la instalación del micro-inversor del μ SFV, se debe garantizar que exista una correcta circulación de aire sobre el equipo, para evitar que se sobrecaliente y entre en la etapa de parada térmica, que genera pérdidas de generación eléctrica y a la vez puede dañar el equipo.
- Finalmente, el Estado ecuatoriano debe emitir más políticas que incentiven al uso de fuentes de energía renovable no convencionales, como por ejemplo la eliminación de impuestos a la importación de equipos utilizados para la autogeneración eléctrica, facilidades de adquisición de estos equipos, formación de instaladores, etc.

BIBLIOGRAFÍA

- Arbeláez, D., & Roldan, C. (2021). *Prototipo de un sistema acuaponico con un funcionamiento minimo viable*. Colombia.
- Castillo, M. (2020). *Diseño de un sistema fotovoltaico para la Finca Macondo ubicada en el cantón Daule, provincia del Guayas*. Guayaquil.
- CENTROSUR. (2015). *16. NORMATIVA PARA LOS DIFERENTES ELEMENTOS QUE CONFORMAN UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DOMESTICO (SFD) DE LA CENTROSUR*. Cuenca.
- CENTROSUR. (2012). *Proyecto Yantsa II Morona Santiago instalacion de sistemas fotovoltaicos a domicilios aislados*. Cuenca.
- Cevallos, d., & Gaucho, R. (2013). *Diseño y construccion de un prototipo de generador para potencia de 200 Watts*. Colombia.
- CONELEC. (2013). *PLAN MAESTRO DE ELECTRIFICACION*. Obtenido de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiyu_Ka1bj5AhWURDABHdbbAJoQFnoECAUQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.regulacionelectricagob.ec%2Fwp-content%2Fuploads%2Fdownloads%2F2015%2F12%2FVol4-Aspectos-de-sustentabilidad
- Dominguez, H. (2012). *Diseño de un sistema fotovoltaico para la generacion de energia electrica en el COBAEV 35 Xalapa*. Mexico.
- GAD. (2008). *Plan estratégico institucional del gobierno autónomo provincial de morona santiago período 2009 – 2020*. Morona.
- Garzon, P. (2010). *Evaluacion de alternativas de generacion de electricidad desde el punto de vista de su impacto ambiental para los sectores no conectados a la red electrica*. Cuba: Instituto tecnico superior Jose Antonio Echeverria.
- Hernandez, S., & Leyva, A. (2005). *Estudio energetico de unade una central mareomotriz 150 kW Zaragoza*. España.
- Lopez. (2013). *Valoracion de biomasa y origen vegetal mediante procesos termodinamicos y quimicos*. Cuba.
- Palacios, W. (2012). *Las formaciones naturales de la Amazonía del Ecuador*. Quito.
- Pantoja, E., & Paracan, C. (2016). *Principios de la energia geotermica como fuente sostenible*. Bogota.
- Ricaurte, p. (2015). *Análisis de las energías renovables no convencionales (ERNC), situación actual y costos de producción con énfasis en los tipos de generación más comunes energia solar fotovoltaica, energia hidroeléctrica, energia eólica y biomasa*. Quito: Universidad San Francisco de Quito.
- Santa, M. (2014). *Una Estrategia de Comunicación Ambiental*. Peru.
- SHAMI. (2012). *Plan de Manejo de Área de Bosque y Vegetación Protectora KUTUKÚ*. Colombia.

- Urdiales, D. (2014). *Gestión integral de residuos en etapas de preinstalación, instalación, funcionamiento y retiro de los sistemas fotovoltaicos de la segunda etapa del proyecto yantsa ii etsari en la empresa eléctrica regional centro sur c.a.* Cuenca.
- Vargas, R. (2010). *importancia de las energias renovables.* Mexico.
- Zapata, G. (2006). *Caracterización de la comunidad de mamíferos no voladores en las estribaciones orientales de la Cordillera del Kutukú, Amazonía Ecuatoria.* Ecuador.

Glosario

A = amperio

AC = El flujo eléctrico se dan dos sentidos, alternando uno y otro

Ψ_s = Angulo azimut

Aeróbicas = son microorganismos que son capaces de sobrevivir y multiplicarse en ambientes que tienen necesidad de oxígeno

Anaeróbicas = son microorganismos que son capaces de sobrevivir y multiplicarse en ambientes que no tienen necesidad de oxígeno

AWG = American Wire **Gauge**) es un conjunto estándar estadounidense de tamaños de conductores de metal no ferroso

β = Beta

CO₂ = dióxido de carbono

θ_{ZS} = Angulo cenital

DC = El flujo de la corriente eléctrica se da en un solo sentido. Desde un polo a otro, es decir esta corriente la podemos encontrar en pilas, baterías u otros aparatos de baja tensión eléctrica

δ = Delta

Ecosistema = es el conjunto de especies de un área determinada que interactúan entre ellas y con su ambiente abiótico

H = Horas

HP= Los *horsepower* o caballos de fuerza

HZ = La frecuencia tiene una relación inversa con el concepto de longitud de onda (distancia entre dos picos) de tal manera que la frecuencia es igual a la velocidad de desplazamiento de la onda dividida por la longitud de onda

Impacto ambiental = Es el resultado de una actividad humana que genera un efecto sobre el medio ambiente que supone una ruptura del equilibrio ambiental

KVA = kilovoltamperio

KW = representa la cantidad de potencia que necesita un aparato eléctrico para funcionar

I = Latitud

PL = Potencia Luminosa

P_{MAX} = potencia máxima

PVC = policloruro de vinilo

PVsyst = Es una herramienta que permite el estudio, la simulación y análisis de datos completa de los sistemas fotovoltaicos

SFV = Sistema fotovoltaico

γ_s = Altura solar

T = Temperatura

TDP = Tablero distribución principal

TIR = Tasa interna del retorno

Tutoreo = En agronomía, tuturar es utilizar algún material que permita que la planta se mantenga en forma vertical para que su crecimiento sea hacia arriba de forma erguida y no toque el suelo

V = voltaje

VAN = Valor actual neto

Venturries = Es un fenómeno en el que un fluido en movimiento dentro de un conducto cerrado disminuye su presión cuando aumenta la velocidad al pasar por una zona de sección menor

VOC = Voltaje de circuito abierto

W = Vatios



PVsyst - Simulation report

Stand alone system

Project: Proyecto micro red fotovoltaica

Variant: Nueva variante de simulación

Stand alone system with batteries

System power: 5.90 kWp

San Mateo - Ecuador

PVsyst TRIAL

PVsyst TRIAL

PVsyst TRIAL

| Author

Anexo 1. Ficha técnica de la simulación sumatoria del proyecto



PVsyst V7.2.14
 VC1, Simulation date:
 09/05/22 22:39
 with v7.2.14

Project: Proyecto micro red fotovoltaica

Variant: Nueva variante de simulación

Project summary

Geographical Site San Mateo Ecuador	Situation Latitude: 0.90 °N Longitude: -79.64 °W Altitude: 18 m Time zone: UTC-5	Project settings Albedo: 0.20
Meteo data San Mateo Meteonorm 8.0 (2010-2014), Sat=100% - Sintético		

System summary

Stand alone system	Stand alone system with batteries	
PV Field Orientation Fixed plane Tilt/Azimuth: 20 / 0 °	User's needs Daily household consumers Constant over the year Average: 17.9 kWh/Day	
System information	PV Array	Battery pack
	Nb. of modules: 9 units Pnom total: 5.90 kWp	Technology: Lithium-ion, LFP Nb. of units: 18 units Voltage: 51 V Capacity: 1620 Ah

Results summary

Available Energy	7817 kWh/year	Specific production	1326 kWh/kWp/year	Perf. Ratio-PR	69.53 %
Used Energy	6544 kWh/year			Solar Fraction SF	100.00 %

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Detailed User's needs	4
Main results	5
Loss diagram	6
Special graphs	7

Anexo 3. Ficha técnica de la simulación valores anuales del consumo energia



PVsyst V7.2.14
 VC1. Simulation date:
 09/05/22 22:39
 with v7.2.14

Project: Proyecto micro red fotovoltaica

Variant: Nueva variante de simulación

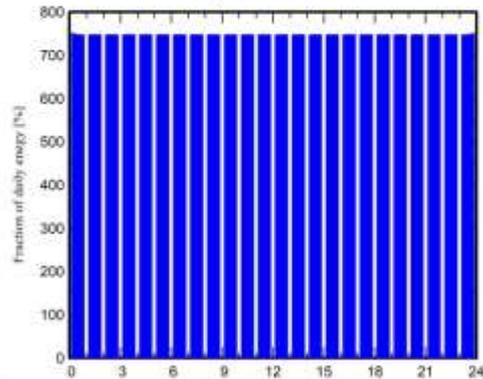
Detailed User's needs

Daily household consumers, Constant over the year, average = 17.9 kWh/day

Annual values

	Number	Power W	Use Hour/day	Energy Wh/day
Otros usos	1	746W tot	24.0	17904
Consumidores en espera			24.0	24
Total daily energy				17928Wh/day

Hourly distribution



Anexo 4. Ficha técnica de la simulación resultados principales



PVsyst V7.2.14
 VC1. Simulation date:
 09/05/22 22:39
 with v7.2.14

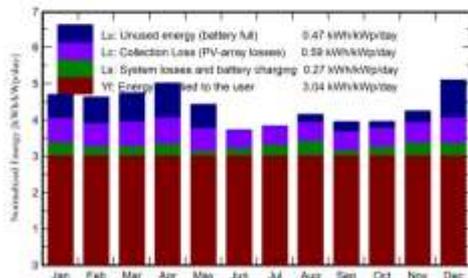
Project: Proyecto micro red fotovoltaica

Variant: Nueva variante de simulación

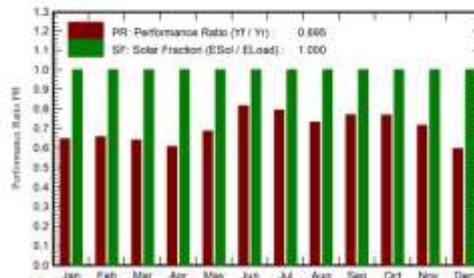
Main results

System Production		Battery aging (State of Wear)	
Available Energy	7817 kWh/year	Cycles SOW	96.3 %
Used Energy	6544 kWh/year	Static SOW	80.0 %
Excess (unused)	1004 kWh/year	Battery lifetime	5.0 years
Loss of Load			
Time Fraction	0.0 %		
Missing Energy	0 kWh/year		
		Specific production	1326 kWh/kWp/year
		Performance Ratio PR	89.53 %
		Solar Fraction SF	100.00 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E_Avail kWh	EUnused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac ratio
January	135.7	142.6	710.2	116.1	0.000	555.8	555.8	1.000
February	126.1	126.8	635.6	116.6	0.000	502.0	502.0	1.000
March	151.3	143.5	717.8	142.6	0.000	555.8	555.8	1.000
April	165.2	146.2	734.5	164.9	0.000	537.8	537.8	1.000
May	160.5	132.6	670.9	116.9	0.000	555.8	555.8	1.000
June	132.9	107.6	545.0	0.0	0.000	537.8	537.8	1.000
July	138.4	114.5	582.5	0.0	0.000	555.8	555.8	1.000
August	142.5	124.9	636.2	34.9	0.000	555.8	555.8	1.000
September	125.0	115.3	581.3	44.5	0.000	537.8	537.8	1.000
October	122.2	119.8	599.5	29.2	0.000	555.8	555.8	1.000
November	121.1	124.6	624.3	52.0	0.000	537.8	537.8	1.000
December	144.7	155.0	779.0	186.5	0.000	555.8	555.8	1.000
Year	1665.7	1553.4	7816.7	1004.2	0.000	6543.7	6543.7	1.000

Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	E_User	Energy supplied to the user
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings	E_Load	Energy need of the user (Load)
E_Avail	Available Solar Energy	SolFrac	Solar fraction (EUsed / ELoad)
EUnused	Unused energy (battery full)		
E_Miss	Missing energy		

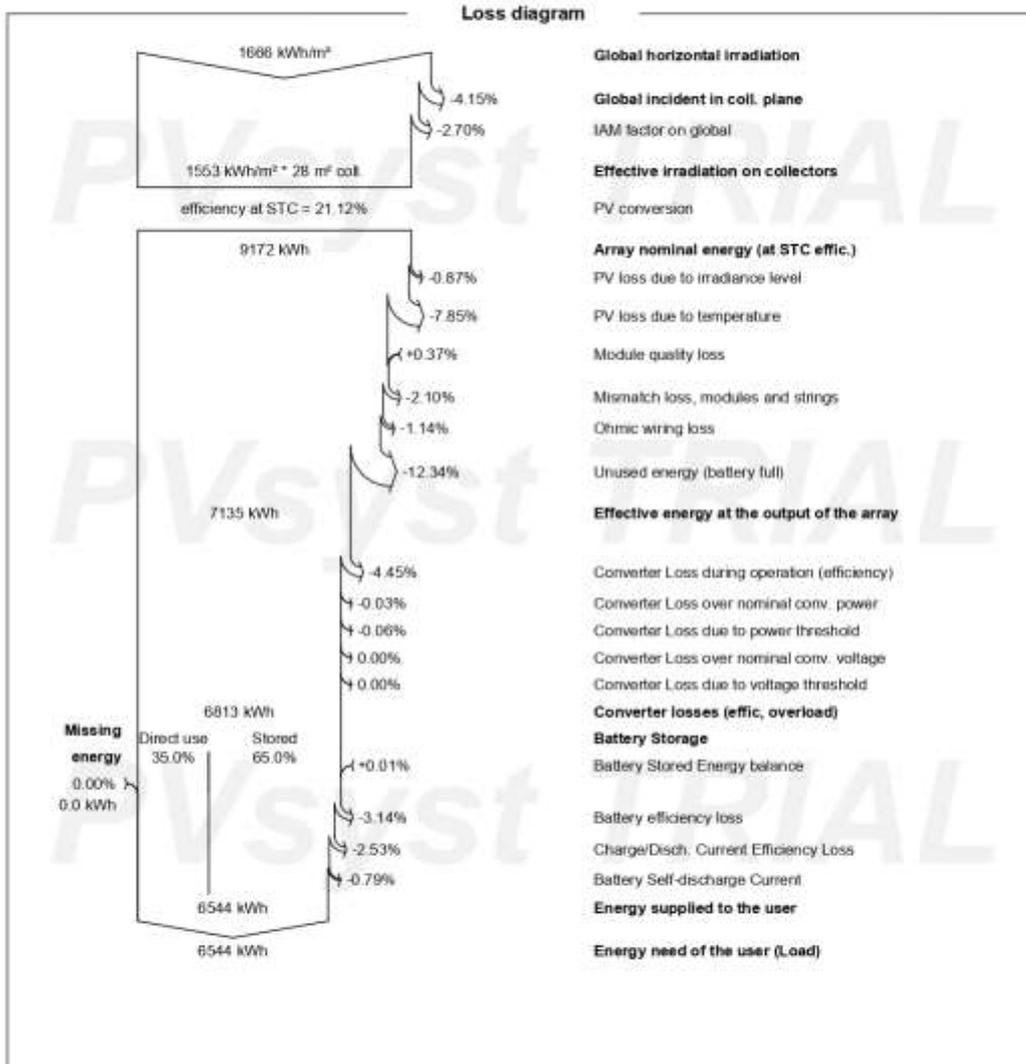
Anexo 5. Ficha técnica de la simulación diagrama de perdidas



PVsyst V7.2.14
 VC1, Simulation date:
 09/05/22 22:39
 with v7.2.14

Project: Proyecto micro red fotovoltaica

Variant: Nueva variante de simulación



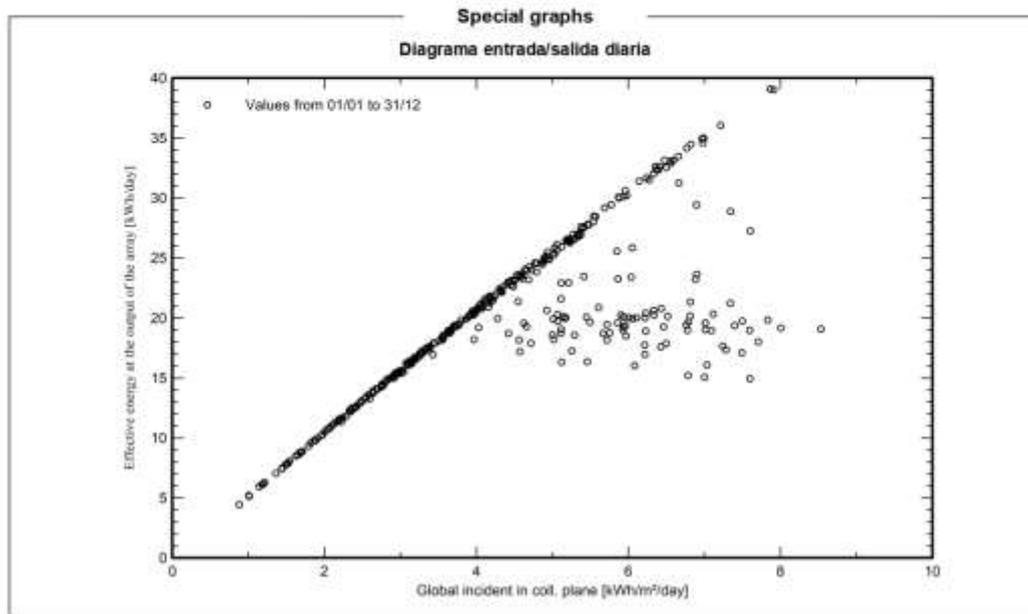
Anexo 6. Ficha técnica de la simulación gráficos especiales



PVsyst V7.2.14
VC1. Simulation date:
09/05/22 22:39
with v7.2.14

Project: Proyecto micro red fotovoltaica

Variant: Nueva variante de simulación



PVsyst TRIAL

PVsyst TRIAL

Anexo 7. Ficha técnica del módulo monocristalino

Mono Multi Solutions



BIFACIAL DUAL GLASS MONOCRYSTALLINE MODULE

PRODUCT: T5M-XXXDEG21C.20
 POWER RANGE: 640-665W

665W

MAXIMUM POWER OUTPUT

0~+5W

POWER SELECTION

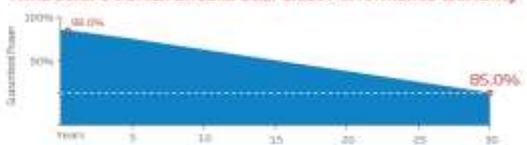
21.4%

MAXIMUM EFFICIENCY



- 
High customer value
 - Lower LCDE (Levelized Cost Of Energy), reduced BOS (Balance of System) cost, shorter payback time
 - Lowest guaranteed first year and annual degradation;
 - Designed for compatibility with existing mainstream system components
- 
High power Mono Perc up to 665W
 - Up to 21.4% module efficiency with high density interconnect technology
 - Multi-busbar technology for better light trapping effect, lower series resistance and improved current collection
- 
High reliability
 - Minimized micro-cracks with innovative non-destructive cutting technology
 - Ensured PID resistance through cell process and module material control
 - Resistant to harsh environments such as salt, ammonia, sand, high temperature and high humidity areas
 - Mechanical performance up to 5400 Pa positive load and 2400 Pa negative load
- 
High energy yield
 - Excellent IAM (Incident Angle Modifier) and low irradiation performance, validated by 3rd party certifications
 - The unique design provides optimized energy production under inter-row shading conditions
 - Lower temperature coefficient (-0.34%) and operating temperature
 - Up to 25% additional power gain from back side depending on albedo

Trina Solar's Vertex Bifacial Dual Glass Performance Warranty



Year	Guaranteed Power (%)
0	92.0%
30	85.0%

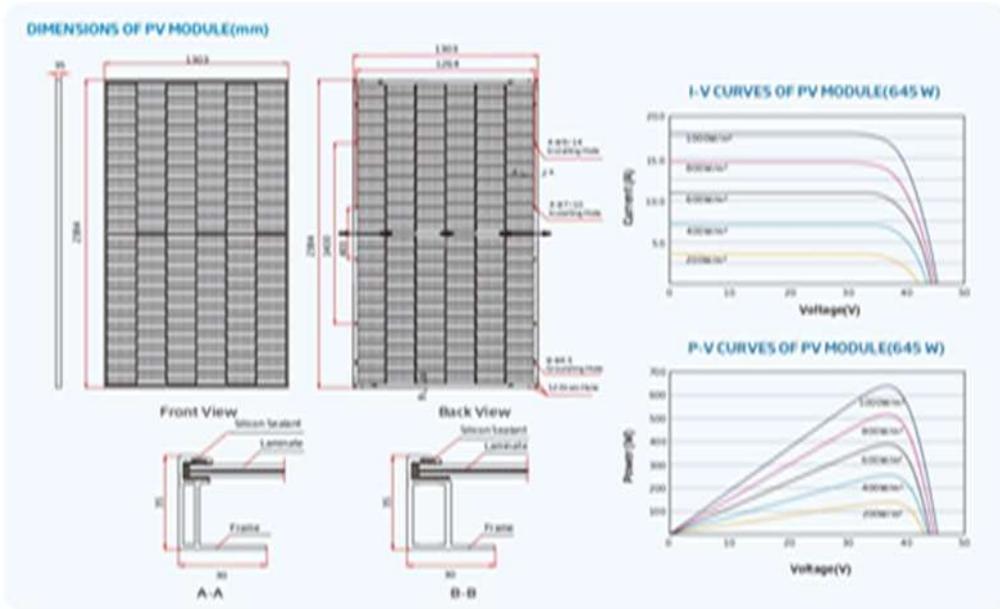
Comprehensive Products and System Certificates



IEC61215/IEC61730/IEC61701/IEC62716/UL61730
 ISO 9001: Quality Management System
 ISO 14001: Environmental Management System
 ISO 14064: Greenhouse Gases Emissions Verification
 ISO 45001: Occupational Health and Safety Management System



Anexo 8. Ficha técnica de dimensionamiento de paneles fotovoltaicos



ELECTRICAL DATA (STC) TSM-XXXDG21C_20(XXX=640-665)

Peak Power P_{mp} (W) ^a	640	645	650	655	660	665
Power Selection P_{max} (W)	0 + 5					
Maximum Power Voltage V_{mp} (V)	37.3	37.5	37.7	37.9	38.1	38.3
Maximum Power Current I_{mp} (A)	17.19	17.23	17.27	17.31	17.35	17.39
Open Circuit Voltage V_{oc} (V)	45.1	45.3	45.5	45.7	45.9	46.1
Short Circuit Current I_{sc} (A)	18.26	18.31	18.36	18.40	18.45	18.50
Module Efficiency η_m (%)	20.6	20.8	20.9	21.1	21.2	21.4

Electrical characteristics with different power bin preference to 10% irradiance ratio)

Total Equivalent power P_{mp} (W)	645	650	655	705	706	712
Maximum Power Voltage V_{mp} (V)	37.5	37.5	37.7	37.9	38.1	38.3
Maximum Power Current I_{mp} (A)	18.39	18.44	18.48	18.52	18.56	18.60
Open Circuit Voltage V_{oc} (V)	45.1	45.3	45.5	45.7	45.9	46.1
Short Circuit Current I_{sc} (A)	19.54	19.59	19.63	19.69	19.74	19.79
Irradiance ratio (preference)	10%					

ELECTRICAL DATA (NOCT)

Maximum Power P_{mp} (W)	404	409	412	415	419	504
Maximum Power Voltage V_{mp} (V)	34.7	34.9	35.1	35.2	35.4	35.6
Maximum Power Current I_{mp} (A)	13.94	13.98	14.01	14.05	14.10	14.16
Open Circuit Voltage V_{oc} (V)	42.5	42.7	42.9	43.0	43.2	43.4
Short Circuit Current I_{sc} (A)	14.71	14.75	14.79	14.83	14.87	14.91

^a STC irradiance of 1000W/m², Ambient Temperature 25°C, Air Mass 1.5, 1m/s wind speed.

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
No. of cells	132 cells
Module Dimensions	2384 x 1303 x 35 mm (93.86 x 51.30 x 1.38 inches)
Weight	38.7 kg (85.3 lb)
Front Glass	2.0mm (0.08 inches), High Transmittance, Low Iron Content, Tempered Glass
Encapsulant material	POE EVA
Back Glass	2.0mm (0.08 inches), Heat Strengthened Glass (White Grid Glass)
Frame	35mm (1.38 inches) Anodized Aluminum Alloy
J-Box	IP68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm² (0.004 inches²), PVC Jacket 280-080 mm (11.02 x 3.15 inches) Length can be customized
Connector	MC4 EVOL / Trina Solar TSL

TEMPERATURE RATINGS

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	45°C (113°F)
Temperature Coefficient of P_{mp}	-0.34%/°C
Temperature Coefficient of V_{oc}	-0.25%/°C
Temperature Coefficient of I_{sc}	0.04%/°C

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40° ~ 85°C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC)
Maximum System Voltage	1500V DC (UL)
Max Series Fuse Rating	30A

WARRANTY

12 year Product Workmanship Warranty
30 year Power Warranty
2% first year degradation
0.45% Annual Power Attenuation

^a Please refer to product warranty for details.

PACKAGING CONFIGURATION

Modules per box	31 pieces
Modules per 40' container	158 pieces



CAUTION: READ SAFETY AND INSTALLATION INSTRUCTIONS BEFORE USING THE PRODUCT.

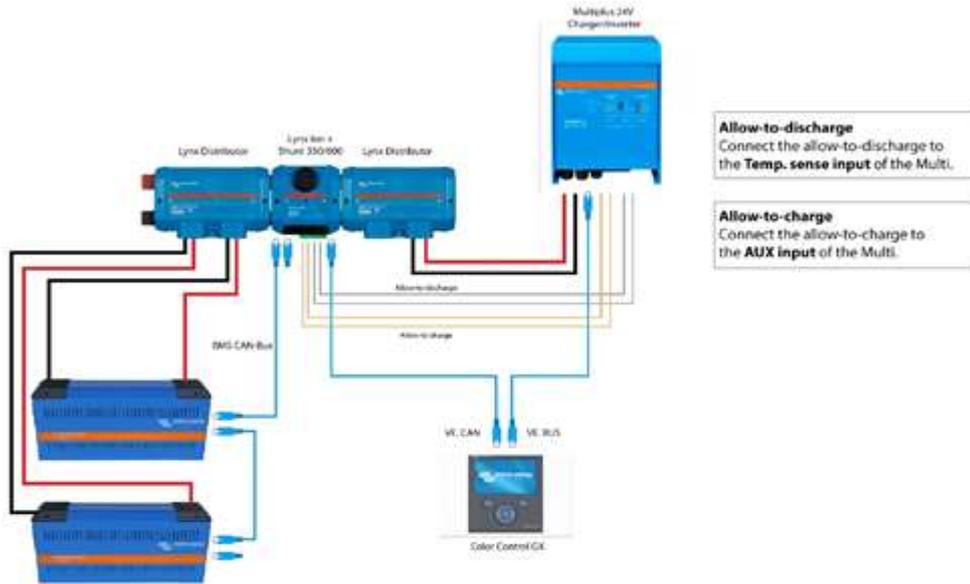
© 2023 Trina Solar Co., Ltd. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.
Version number: TSM_EN_2023_A04_A
Country of Origin: China

www.trinasolar.com

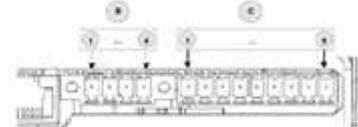
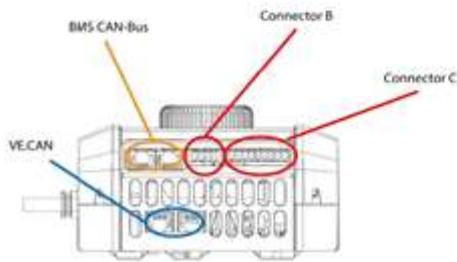
Anexo 9. Ficha técnica del sistema de baterías



Block diagram Lithium-ion Battery System



Lynx Ion + Shunt connection overview:



Conn.	Pin	IO	Voltage	Max. Current	Control Area	Function
B	1	Out	12 V system	5 A		External status output
	2	Out	12 V system	5 A		External safety contactor
	3	Out	12 V system	5 A		External safety contactor
C	4	In	60 V	1.0 A @ 60 V		Allow-to-charge
	5	In	60 V	1.0 A @ 60 V		Allow-to-discharge
	6	In	60 V	1.0 A @ 60 V		Allow-to-charge
	7	In	60 V	1.0 A @ 60 V		Allow-to-discharge
E	8	In	5 V	100 mA		External CAN/RS485 status
	9	Out	12 V	100 mA		External status output

Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | The Netherlands
 General phone: +31 (0)36 535 9700 | Fax: +31 (0)36 535 9740
 E-mail: sales@victronenergy.com | www.victronenergy.com



Anexo 10. Ficha técnica de especificaciones de batería



Lithium-Ion battery specifications		
	Lithium-Ion 24V 100Ah 2.6kWh battery	Lithium-Ion 24V 180Ah 4.75kWh battery
Technology	Lithium iron phosphate (LiFePO4)	Lithium iron phosphate (LiFePO4)
Nominal voltage	25.6V	25.6V
Nominal capacity	100Ah	180Ah
Nominal power	2.6kWh	4.75kWh
Weight	30kg	55kg
Power/Weight ratio	86Wh/kg	86Wh/kg
Dimensions (l/w/h)	192 x 154 x 278 mm	623 x 193 x 351 mm
Charge/Discharge		
Charge cut-off voltage at 0.05C	28.6V	28.6V
Discharge cut-off voltage	20V	20V
Recommended charge/discharge current	30A (0.3C)	54A (0.3C)
Maximum charge current (1C)	100A	180A
Maximum discharge current (1.5C)	150A	270A
Pulse discharge current (10s)	500A	1000A
Cycle Life @80% DOD (0.3C)	3000	3000
Configuration		
Series configuration	Yes, up to 2 (more in series on request)	Yes, up to 2 (more in series on request)
Parallel configuration	Yes, easy up to 10 (more parallel on request)	Yes, easy up to 10 (more parallel on request)
Environmental		
Operating temp. charge	0-45°C	0-45°C
Operating temp. discharge	-20-55°C	-20-55°C
Storage temp.	-20-45°C	-20-45°C
Standards		
EMC Emission	EN-IEC 61000-6-3:2007/A1:2011/C11:2012	
EMC Immunity	EN-IEC 61000-6-1:2007	
Low voltage directive	EN 60335-1:2012/AC:2014	

Lynx Ion + Shunt specifications		
Lynx Ion + Shunt	350A	600A
Maximum number batteries in series	2 (= 48 VDC)	
Maximum number batteries in parallel	48	
Supply voltage range	9 ... 60VDC	
Standby mode	73mW @ 26.2V and 138mW @ 52.4V	
Active mode	8.7W	
Main safety contactor	350A	600A
Enclosure		
Material	ABS	
Weight	2.0kg	
Dimensions (l/w/h)	185 x 165 x 85 mm	
IO		
Aux. output	5A (output voltage = battery voltage), short circuit protection	
External safety contactor	5A (output voltage = battery voltage), short circuit protection	
Allow-to-charge	1A @ 60VDC, potential free	
Allow-to-discharge	1A @ 60VDC, potential free	
External status signal	12V / 140mA	
Environmental		
Operating temperature range	-20 °C to 50 °C	
Humidity	Max. 95% (non-condensing)	
Protection class	IP22	IP20
Standards		
EMC Emission	EN-IEC 61000-6-3:2007/A1:2011/C11:2012	
EMC Immunity	EN-IEC 61000-6-1:2007	
Low voltage directive	EN 60335-1:2012/AC:2014	
RoHS	EN 50581:2012	

Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | The Netherlands
 General phone: +31 (0)36 535 9700 | Fax: +31 (0)36 535 9740
 E-mail: sales@victronenergy.com | www.victronenergy.com





Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Anibal Javier Chica Tambaco**, con C.C: # **0803465848** autor del trabajo de titulación: **Diseño de una micro red fotovoltaica de autoconsumo para un sistema sostenible acuapónico** previo a la obtención del título de **Magister en Electricidad** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

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

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

Guayaquil, **09** de **diciembre** de **2022**

f. 

Nombre: **Anibal Javier Chica Tambaco**

C.C: **0803465848**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Diseño de una micro red fotovoltaica de autoconsumo para un sistema sostenible acuapónico		
AUTOR	Ing. Anibal Javier Chica Tambaco		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	MSc. Gustavo Miguel Mazzini Muñoz, MSc. Diana Bohórquez Heras / MSc. Celso Bohórquez Escobar		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Sistema de Posgrado		
CARRERA:	Maestría en Electricidad		
TÍTULO OBTENIDO:	Magister en Electricidad con mención en Energías Renovables y Eficiencia Energética		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	9 de diciembre de 2022	No. DE PÁGINAS:	94
ÁREAS TEMÁTICAS:	SISTEMA ACUAPONICO, SFV, IRRADIACION		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Inagotable, Recurso Natural, Modular, Sostenible, Autosustentable, Acuaponía		
RESUMEN/ABSTRACT:	<p>En el presente proyecto de titulación de la maestría se realiza el "Diseño de una micro red fotovoltaica de autoconsumo para un sistema sostenible acuapónico". La energía solar utiliza células solares o paneles fotovoltaicos para convertir la energía luminosa directamente en electricidad. Hay dos tipos principales de tecnología solar: fotovoltaica y térmica. En los últimos años, la creciente demanda de energía y servicios relacionados está demostrando ser una respuesta al crecimiento de la población y al sano desarrollo económico y social de las personas. En el capítulo 2 se realiza la descripción teórica de energías renovables y de los paneles fotovoltaicos que es la parte fundamental del tema propuesto. En el capítulo 3 se desarrolla una simulación en el software PVsyst 7.2 de paneles fotovoltaicos para ver el comportamiento de las curvas de características, después se presenta el análisis del impacto ambiental de la propuesta y finalmente el estudio del costo beneficio de la factibilidad del proyecto.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-968662464	E-mail: anibal.chica@cu.ucsg.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: MSc. Celso Bayardo Bohórquez Escobar		
	Teléfono: +593-995147293		
	E-mail: celso.bohorquez@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			