

**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGIA RENOVABLE Y EFICIENCIA  
ENERGETICA

TEMA:

**Estudio de un sistema de microred fotovoltaica para disminuir el consumo de  
electricidad diurna en centro de investigación de criadero de larvas en industria de  
balanceado Duran.**

AUTOR:

Bonilla Sánchez Ronnie Alexander

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Grado Académico de  
**MAGÍSTER EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGIAS RENOVABLES Y EFICIENCIA  
ENERGETICA**

TUTOR:

Ing. Bohórquez Escobar Celso Bayardo M.Sc

Guayaquil, Ecuador  
09 de agosto del 2022



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGIA RENOVABLE Y EFICIENCIA  
ENERGETICA

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **Bonilla Sánchez Ronnie Alexander** como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de **MAGÍSTER EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGIAS RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGETICA**

**TUTOR**

f. \_\_\_\_\_  
Ing. Bohórquez Escobar Celso Bayardo, M.Sc

**DIRECTOR DEL PROGRAMA**

f. \_\_\_\_\_  
Ing. Bohórquez Escobar Celso Bayardo, M.Sc

Guayaquil, 09 de agosto del 2022



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGIA RENOVABLE Y EFICIENCIA  
ENERGETICA

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, Bonilla Sánchez Ronnie Alexander**

**DECLARO QUE:**

El trabajo de titulación, **Estudio de un sistema de microred fotovoltaica para disminuir el consumo de electricidad diurna en centro de investigación de criadero de larvas en industria de balanceado Duran**, previa a la obtención del grado Académico de Magíster en Electricidad con Mención en Energías Renovables y Eficiencia Energética, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

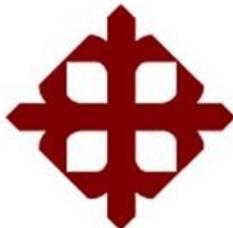
En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del trabajo de titulación del Grado Académico en mención.

Guayaquil, 09 de agosto del 2022

BONILLA SÁNCHEZ RONNIE ALEXANDER

f. 

Ci: 0926951658



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGIA RENOVABLE Y EFICIENCIA  
ENERGETICA

**AUTORIZACIÓN**

Yo, Bonilla Sánchez Ronnie Alexander

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del trabajo de titulación de Maestría titulado: **Estudio de un sistema de microred fotovoltaica para disminuir el consumo de electricidad diurna en centro de investigación de criadero de larvas en industria de balanceado Duran**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 09 días del mes de agosto del año 2022

BONILLA SÁNCHEZ RONNIE ALEXANDER

f. 

Ci: 0926951658

## INFORME DE URKUND



### Document Information

---

Analyzed document	UCSG-RONNIE BONILLA - TESIS MAESTRIA UCSG.pdf (D138584292)
Submitted	2022-05-30T22:21:00.0000000
Submitted by	Celso Bayardo Bohorquez Escobar
Submitter email	celso.bohorquez@cu.ucsg.edu.ec
Similarity	1%
Analysis address	celso.bohorquez.ucsg@analysis.orkund.com

Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación **ESTUDIO DE UN SISTEMA DE MICRORED FOTOVOLTAICA PARA DISMINUIR EL CONSUMO DE LECTICIDAD DIURNA EN CENTRO DE INVESTIGACION DE CRIADERO DE LARVAS EN INDUSTRIA DE BALANCEADO DURAN**, presentado por el estudiante Bonilla Sánchez Ronnie Alexander, fue enviado al Sistema Anti plagio URKUND, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al (%), por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación.

f. \_\_\_\_\_

Ing. Bohórquez Escobar Bayardo, M.Sc

### **Dedicatoria**

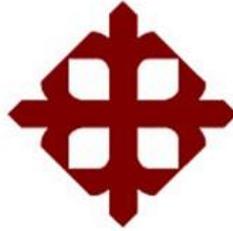
Dedico mi tesis primero a Dios por ser el motor de vida, a mis padres por haberme apoyado en el desarrollo de mi vida y a Jennifer por haberme apoyado incondicionalmente y haberme alentado a dar grandes pasos en las decisiones de mi vida. A mis amigos y compañeros que me ayudaron a desenvolverme en el ámbito profesional.

Ronnie Alexander Bonilla Sánchez

## **Agradecimientos**

Agradezco a mi familia, amigos y seres queridos por la confianza brindada hacia mi persona, especialmente en los momentos que más lo he necesitado. El apoyo incondicional y las palabras de aliento para enfrentar con determinación los retos que me ha vida, la sabiduría y la paciencia para saber tomar con responsabilidad mis decisiones y un agradecimiento especial a Jennifer por incitarme a tomar esta maestría Siempre estaré agradecido, gracias por haberme acompañado en el desarrollo de mi proyecto.

Ronnie Alexander Bonilla Sánchez



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGIA RENOVABLE Y EFICIENCIA  
ENERGETICA

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f.   
\_\_\_\_\_

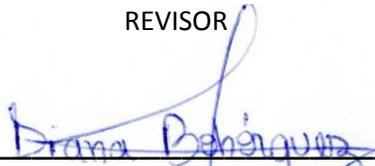
**Ing. Bohórquez Escobar Bayardo M.Sc**

TUTOR

f.   
\_\_\_\_\_

**Ing. Mazzini Muñoz Gustavo, M.Sc**

REVISOR

f.   
\_\_\_\_\_

**Ing. Bohórquez Heras Diana, M.Sc**

REVISOR

f.   
\_\_\_\_\_

**Ing. Bohórquez Escobar Bayardo, M.Sc**

DIRECTOR DEL PROGRAMA

## INDICE DE CONTENIDO

<b>CAPITULO 1.....</b>	<b>2</b>
<b>1. ASPECTOS GENERALES .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1. Introducción.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. Descripción de la situación problemática.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3. Formulación del problema .....</b>	<b>4</b>
<b>1.4. Justificación del problema.....</b>	<b>4</b>
<b>1.5. Objetivos .....</b>	<b>4</b>
<b>1.5.1. Objetivo general .....</b>	<b>4</b>
<b>1.5.2. Objetivos específicos .....</b>	<b>5</b>
<b>1.6. Hipótesis .....</b>	<b>5</b>
<b>1.7. Metodología de la investigación .....</b>	<b>5</b>
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>6</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1. Análisis del contexto.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1.1. Antecedentes Internacionales.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1.2. Antecedentes nacionales .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2. Fundamento teórico .....</b>	<b>9</b>
<b>2.2.1. Energía no renovable .....</b>	<b>9</b>
<b>2.2.2. Introducción a las energías renovables .....</b>	<b>10</b>
<b>2.2. Sistema solar .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2.1. Energía Solar .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2.2. Radiación solar .....</b>	<b>12</b>
<b>2.2.3. Horas solares pico.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2.4. Constante solar .....</b>	<b>14</b>
<b>2.3. Sistema solar fotovoltaico .....</b>	<b>14</b>
<b>2.3.1. Célula fotovoltaica.....</b>	<b>15</b>
<b>2.3.2. Unión P-N.....</b>	<b>15</b>
<b>2.3.3. Efecto foto eléctrico .....</b>	<b>16</b>
<b>2.3.4. Efecto fotovoltaico .....</b>	<b>17</b>
<b>2.4. Componentes del sistema solar fotovoltaico .....</b>	<b>19</b>
<b>2.4.1. Módulos fotovoltaicos .....</b>	<b>19</b>
<b>2.4.1.1. Tipos de módulos fotovoltaicos .....</b>	<b>20</b>
<b>2.4.1.2. Orientación de los módulos fotovoltaicos.....</b>	<b>22</b>

2.5. Protecciones para los sistemas eléctricos.....	34
2.5.1. Sistema puesta a tierra.....	34
2.5.2. Protección contra descargas atmosféricas .....	34
2.5.3. Dispositivos de protección SPD .....	36
2.5.3.1. Principio de protección escalonada.....	37
2.5.4. Elementos de protección para un sistema fotovoltaico .....	38
<b>CAPITULO III</b> .....	<b>40</b>
<b>3. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN</b> .....	<b>40</b>
3.1. Análisis de la información .....	40
3.2. Descripción de la zona.....	40
3.3. Información de la empresa .....	41
3.3.1. Objetivos de la empresa .....	41
3.3.2. Principios de la empresa .....	41
3.4. Plano estructural de la empresa.....	42
3.5. Detalle climatológico .....	42
3.6. Demanda eléctrica .....	43
<b>CAPITULO IV</b> .....	<b>46</b>
<b>4. DISEÑO DE MICRORED FOTOVOLTAICA</b> .....	<b>46</b>
4.1 Datos climatológicos .....	46
4.2. Criterios para la selección de Microred fotovoltaica .....	48
4.2. Selección de Microred fotovoltaica mediante software PVsyst.....	49
<b>CAPITULO V</b> .....	<b>62</b>
<b>5. ANALISIS DE COSTO BENEFICIO</b> .....	<b>62</b>
5.1. Costo del sistema fotovoltaico interconectado a la red .....	62
5.2. Evaluación técnica de beneficios del sistema fotovoltaico interconectado a la red .	71
5.3. Evaluación Ambiental.....	72
5.3.1. Características del entorno.....	72
5.3.2. Matriz de impacto ambiental .....	74
5.4. Funcionamiento del sistema .....	79
5.4.1. Beneficios Técnicos del sistema.....	82
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>83</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>85</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>86</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Potencia fotovoltaica instalada en el mundo.....	7
Figura 2.2. Generación distribuida en América latina.....	8
Figura 2.3. Aporte en Megavatios proyecto CNEL EP.....	9
Figura 2.4. Tipos de energía renovable.....	10
Figura 2.5. Composición del sol y sus etapas.....	11
Figura 2.6. Distribución espectral de la irradiancia directa en la atmosfera terrestre.....	13
Figura 2.7. Horas solar pico.....	14
Figura 2.8. Componentes Celda solar fotovoltaica.....	15
Figura 2.9. Unión semiconductor Tipo N-P.....	16
Figura 2.10. Efecto fotoeléctrico.....	17
Figura 2.11. Efecto fotoeléctrico comportamiento del material semiconductor con la longitud de onda.....	17
Figura 2.12. Efecto fotovoltaico comportamiento del material semiconductor con la longitud de onda.....	18
Figura 2.13. Efecto fotoeléctrico interacción de flujo de electrones en placas del material semiconductor.....	18
Figura 2.14. Estructura de un panel solar fotovoltaico.....	19
Figura 2.15. Partes de un panel solar fotovoltaico.....	20
Figura 2.16. Modulo monocristalino.....	21
Figura 2.17. Modulo policristalino.....	21
Figura 2.18. Modulo Amorfo.....	22
Figura 2.19. Posición del sol relativa sobre una superficie plana.....	22
Figura 2.20. Orientación eficiente modulo solar fotovoltaico.....	23
Figura 2.21. Orientación eficiente modulo solar fotovoltaico.....	24
Figura 2.22. Orientación eficiente modulo solar fotovoltaico.....	24
Figura 2.23. Conexión en serie módulos fotovoltaicos.....	25
Figura 2.24. Conexión en paralelo módulos fotovoltaicos.....	25
Figura 2.25. Conexión en paralelo módulos fotovoltaicos.....	26
Figura 2.26. Banco de baterías.....	26
Figura 2.27. Batería de plomo acido sellada.....	27
Figura 2.28. Batería de Niquel-Cadmio.....	28
Figura 2.29. Batería de litio.....	28
Figura 2.30. Conexión en serie de baterías.....	29
Figura 2.31. Conexión mixta de baterías.....	29
Figura 2.32. Esquema de inversor autónomo.....	30
Figura 2.33. Esquema de inversor interconectado a la red.....	31
Figura 2.34. Inversor centralizado 20KWP con 4 MPPT.....	32
Figura 2.35. Inversor en cadena con 4 MPPT.....	33
Figura 2.36. Micro inversor 300WP.....	34
Figura 2.37. Zonas de protección infraestructura industrial.....	35
Figura 2.38. Zonas de protección según el rango.....	36
Figura 2.39. Protección contra sobretensiones SDP.....	36
Figura 2.40. Estructura de protección contra sobretensiones SDP.....	37
Figura 2.41. Zonas de protección según su rango.....	38
Figura 3.1. Ubicación de centro de investigación de larvas.....	40
Figura 3.2. Plano arquitectónico de la industria.....	42
Figura 3.3. Diagrama unifilar centro de investigación.....	44
Figura 4.1. Irradiación difusa promedio anual.....	47
Figura 4.2. Creación de proyecto interconectado a la red.....	49
Figura 4.3. Ubicación del proyecto por GPS.....	50
Figura 4.4. Datos climatológicos.....	50
Figura 4.5. Angulo de inclinación en módulos fotovoltaicos.....	51
Figura 4.6. Angulo de inclinación en módulos fotovoltaicos.....	51
Figura 4.7. Selección de componentes del sistema fotovoltaico.....	51

Figura 4. 8. Curva de rendimiento modulo solar en función al voltaje y corriente.....	52
Figura 4.9. Parámetros de selección del inversor.....	52
Figura 4.10. Parámetros de eficiencia inversor.....	52
Figura 4.11. Arreglo de sistema fotovoltaico interconectado a la red.....	53
Figura 4.12. Diagrama de bloques generación de energía inyectada a la red.....	53
Figura 4.13. Rendimiento anual del sistema fotovoltaico.....	54
Figura 4.14. Energía inyectada y perdidas del sistema.....	54
Figura 4. 15. Esquema final de Microred fotovoltaica interconectada a la red.....	56
Figura 4.16. Dimensiones modulo fotovoltaico monocristalino.....	57
Figura 4.17. Curva de rendimiento modulo fotovoltaico monocristalino.....	57
Figura 4. 18. Configuración de entrada y salida MPPT inversor centralizado.....	58
Figura 4. 19. Diagrama unifilar segmento de generador fotovoltaico hasta medidor.....	59
Figura 4. 20. Arreglo fotovoltaico propuesto de acuerdo con el área del terreno.....	60
Figura 4. 21. Pararrayo dispositivo de cebado.....	60
Figura 4. 22. Sistema de protección contra descargas directas e indirectas de rayos.....	61
Figura 5. 1. Flujo neto sin préstamo bancario.....	69
Figura 5. 2. Flujo neto con préstamo bancario.....	71
Figura 5. 3. Energía consumida Vs Energía inyectada al sistema (kWh).....	72
Figura 5.4. Textura de suelos Cantón Duran.....	73
Figura 5.5. Contaminación ambiental Cantón Duran.....	74
Figura 5.6. Balance Neto.....	79

## INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Coordenadas del centro de investigación de larvas.....	41
Tabla 3.2. Datos climáticos Centro de investigación de larvas.....	43
Tabla 3.3. Consumo de energía anual .....	45
Tabla 4. 1. Radiación promedio en provincias de la costa.....	46
Tabla 4. 2. Irradiación difusa promedio anual.....	47
Tabla 4.3. Balances y resultados del sistema .....	55
Tabla 4.4. Horas sol pico aprovechables por el sistema.....	55
Tabla 4. 5. Especificaciones técnicas del módulo solar .....	56
Tabla 4.6. Especificaciones técnicas del inversor .....	58
Tabla 4. 7. Configuración de arreglos fotovoltaicos de acuerdo a las entradas MPPT del inversor .....	59
Tabla 5. 1. Presupuesto sistema fotovoltaico.....	62
Tabla 5. 2. Presupuesto protección contra rayos y puesta tierra .....	63
Tabla 5. 3. Presupuesto mano de obra.....	63
Tabla 5. 4. Tabla de amortización a 60 meses.....	66
Tabla 5. 5. Facturación eléctrica .....	67
Tabla 5.6. Costo/ beneficio, TIR,VAN .....	69
Tabla 5. 7. Costo/ beneficio, TIR,VAN con préstamo .....	70
Tabla 5.8. Criterios de impacto ambiental .....	76
Tabla 5.9. Importancia del impacto ambiental .....	77
Tabla 5.10. Identificación de impacto ambiental en la etapa de construcción y operación .....	78
Tabla 5. 11. Cálculo del ahorro para sector industrial generadores solares.....	81

## INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 4.1. Consumo mensual .....	48
Ecuación 4.2. Horas sol pico .....	48
Ecuación 4.3. Potencia fotovoltaica .....	48
Ecuación 4.4. Numero de módulos fotovoltaicos.....	49
Ecuación 5. 1. Consumo de CO2 anual.....	65
Ecuación 5. 2. Costo del Co2 por energía no consumida.....	65
Ecuación 5. 3. Valor costo - beneficio .....	71
Ecuación 5. 4. Matriz MIIA .....	74
Ecuación 5. 5. Energía neta.....	80
Ecuación 5. 6. Crédito de energía mensual .....	80

## **ANEXOS**

ANEXO 1. Diseño eléctrico.....	91
ANEXO 2. Diseño eléctrico.....	92
ANEXO 3. Diagrama unifilar existente centro de investigación .....	93
ANEXO 4. Diagrama propuesto con generación fotovoltaica centro de investigación .....	94
ANEXO 5. Informe arreglo fotovoltaico PVsyst.....	95
ANEXO 6. Catalogo modulo solar monocristalino.....	101
ANEXO 7. Catalogo inversor trifásico centralizado.....	103
ANEXO 8. Pliego tarifario CNEL guayas los ríos.....	105
ANEXO 9. Tasa de interés 2022.....	106
ANEXO 10. Resolución No. ARCONEL 042/18 .....	107
ANEXO 11. Resolución Nro. ARCERNNR 013/2021 .....	110
ANEXO 12. Emisiones de CO2 Ecuador 2020.....	117
ANEXO 13. Incidencia de emisiones de CO2 mundial .....	118

## **Resumen**

las fuentes de energía convencionales para la obtención de energía eléctrica se ha manejado mediante la quema de combustibles que son recursos limitados que han sido sobre explotados a lo largo de décadas llevándolos a la contaminación del medio ambiente mediante un incremento de CO<sub>2</sub> en la atmosfera terrestre y extinción de estos recursos dentro de algunos años, por lo que fue necesario la inclusión de las energías renovables como medio de generación de energía eléctrica, siendo esta una energía virtualmente inagotable y generada mediante medios que no atentan contra el ecosistema se ha vuelto una solución ante la problemática energética y ecológica que vive la sociedad migrando a tecnologías de energía renovables como generadores eléctricos. El presente trabajo de titulación tiene como objetivo realizar un estudio sistema de Microred fotovoltaica interconectada a la red para disminuir el consumo eléctrico de centro de investigación de criadero de larvas ubicado en Duran y demostrar que el proyecto puede ser autosustentable mediante el ahorro energético, la reducción de CO<sub>2</sub> y con un mantenimiento preventivo mínimo.

**Palabras clave:** ahorro energético, energía renovable, micro red, fotovoltaica

## **Abstract**

Conventional energy sources for obtaining electrical energy have been managed by burning fuels that are limited resources that have been over-exploited over decades, leading to environmental pollution through an increase in CO<sub>2</sub> in the earth's atmosphere and extinction of these resources within a few years, for which it was necessary to include renewable energies as a means of generating electrical energy, this being a virtually inexhaustible energy and produced by means that do not harm the ecosystem, it has become a solution before the energetic and ecological problems that society experiences migrating to renewable energy technologies such as electric generators. The objective of this degree work is to carry out a study of the photovoltaic microgrid system interconnected to the network to reduce the electrical consumption of the larval hatchery research center located in Duran and demonstrate that the project can be self-sustaining through energy savings, reduction of CO<sub>2</sub> and with minimal preventive maintenance.

**Key words:** energy saving, renewable energy, micro grid, photovoltaic

## **CAPITULO 1**

### **1. ASPECTOS GENERALES**

#### **1.1. Introducción**

A lo largo de los ciclos del desarrollo humano la extracción y el consumo de hidrocarburos y otros combustibles fósiles para la generación de fuentes energéticas ha sido uno de los negocios con mayor demanda dentro del sector energético y entidades utilitarias. Sin embargo la extracción de estos combustibles provoca serios problemas ambientales por cada kWh generado para el consumo eléctrico, son recursos finitos que han sido sobre explotados a lo largo de décadas llevándolos a la extinción dentro de algunos años, por lo que se ha estudiado otras fuentes que sustituyan al petróleo y sus derivados, llegando a la necesidad de implementar el uso las energías renovables para nuevas fuentes energéticas, las cuales son energías limpias consideradas virtualmente inagotables, sea por su inmensa capacidad energética o por su regeneración mediante medios naturales.

Grandes potencias a nivel mundial promueven la inversión y generación de electricidad mediante el aprovechamiento de energías renovables proyectadas a la no dependencia de los combustibles fósiles y orientados a utilizar los recursos renovables para disminuir el impacto ambiental que incide en el planeta mediante el aprovechamiento y la reutilización de estas fuentes.

Uno de los recursos naturales que promueve la vida y otros tipos de energías naturales es el Sol, el cual se lo considera inagotable pese a saber que tiene un periodo de vida, sin embargo, estudios de la NASA indican que el sol se encuentra es su edad media de vida con una estimación restante de 5,000,000,00 años.

Uno de los consumos más demandados según el programa de asistencia para el sector energético en el 2015 mediante una estadística se pudo evidenciar el consumo energético dentro de la calidad la calidad de vida humana siendo la energía térmica para la climatización y el confort con un 48%, combustible presentado como energía para el transporte en 32% y para consumo eléctrico en un 20% (energy, 2015). En el periodo 2015 en Ecuador se vio un avance significativo en la implementación y repotenciación de las fuentes de generación. Las energías renovables teniendo una potencia efectiva de 2584.57 MW que equivale al 46.51% mientras que las fuentes de energía no renovable

aun preservan la mayor generación con una potencia efectiva de 2792.41 MW con 53.49% (ARCONEL, 2015). El desarrollo tecnológico y la implementación de nuevos criterios aplicados para las energías renovables buscan reducir las emisiones de GEI (gases de efecto invernadero) y desarrollar sistemas más eficientes capaces de optimizar los recursos energéticos. Aportando puntos positivos que atienden a las necesidades energéticas y la preservación del medio ambiente.

Ecuador debido a su localización, es uno de los países que presenta mayor diversidad climática, al territorio lo atraviesa la línea ecuatorial y la cordillera de los Andes. Esto lo hace un país con un recurso potencial para la implementación de fuentes renovables.

En el Ecuador se ha puesto bastante interés para promover fuentes limpias no convencionales como la energía hidráulica, solar fotovoltaica, eólica, biomasa entre otras, el presente proyecto busca generar otra perspectiva del sistema solar fotovoltaico mediante el estudio de un sistema de micro red fotovoltaica para disminuir la demanda en horario diurno de un centro de investigación de criadero de larvas en industria de balanceado con una demanda máxima de 60 kW.

## **1.2. Descripción de la situación problemática**

El proyecto de investigación busca diseñar una micro red fotovoltaica interconectada a la red para disminuir el consumo eléctrico en horario diurno de un centro de investigación de criadero de larvas en industria de balanceado ubicado en Duran Tambo cuya demanda máxima es de 60 kW. El estudio tiene un enfoque técnico - económico basada en los conceptos que debe tener un micro red fotovoltaica bajo los lineamientos y disposiciones de la resolución Nro. 013/2021 y regulación Nro. 001/2021 (ARCERNNR, 2021) asociada a la resolución Nro. ARCONEL 042/18 y regulación Nro. ARCONEL 003/18. Se pretende demostrar la rentabilidad del proyecto mediante un análisis financiero en función a la vida útil de la central de generación para justificar el ahorro energético en función del TIR y VAN.

El estudio selecciono información de proyectos de tesis sobre sistemas fotovoltaicos en forma de micro red de manera nacional e internacional, se realizó un

levantamiento de información para obtener los componentes necesarios para realizar este proyecto y mediante software PVsyst poder diseñar la micro red fotovoltaica mediante los datos meteorológicos aportados por el Atlas solar y Software Meteo para evaluar los periodos de tiempo donde se puede aprovechar la irradiación difusa anual para la generación de electricidad valorando su comportamiento anual.

### **1.3. Formulación del problema**

En la actualidad el Ecuador busca instaurar el concepto de las energías renovables no convencionales como nuevas fuentes de generación para aplicaciones en utilitarias donde se puede distribuir la energía de forma total o parcial buscando reducir el consumo de fuentes no renovables que afectan al medio ambiente. Por ello surge la necesidad de proponer la alternativa de una micro red fotovoltaica para disminuir la demanda diurna de un centro de investigación de criadero de larvas en industria de balanceado.

### **1.4. Justificación del problema**

En Ecuador se han desollado proyectos de energías renovables con aplicaciones fotovoltaicas autónomas e interconectadas con la red proveniente de las utilitarias con el fin de apoyar el cambio de la matriz energética y reducir el consumo de fuentes no renovables. Siendo estos proyectos sujetos de estudio ante problemas como rendimiento, fiabilidad, robustez y mantenimiento.

Varios estudios han propuesto la implementación de sistemas fotovoltaicos exponiendo sus ventajas al absorber la radiación emitida por el sol, siendo un aporte para disminuir parte de la demanda total en horarios donde se puede aprovechar la irradiación del sol en su máximo esplendor. Sin embargo, la implementación de estos sistemas tiene un costo el cual debe ser analizado en función a su rentabilidad.

### **1.5. Objetivos**

#### **1.5.1. Objetivo general**

Proponer el estudio técnico económico mediante software PVsyst para disminuir la demanda en horario diurno de un centro de investigación de criadero de larvas en industria de balanceado.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Analizar el consumo eléctrico anual del centro de investigación de criadero de larvas en industria de balanceado.
- Diseñar una micro red fotovoltaica interconectada a la red mediante software PVsyst.
- Evaluar el costo/beneficio técnico y económico de la implementación de micro red fotovoltaica del centro de investigación de criadero de larvas en industria de balanceado.

### **1.6. Hipótesis**

Las micro redes fotovoltaicas son soluciones sostenibles que permiten disminuir el consumo eléctrico en horario diurno ofreciendo ventajas a largo plazo que lo vuelven un sistema fiable y robusto tales como ahorro energético, reducción de siniestros por perturbaciones eléctricas, mantenimiento a largo plazo, mitigar el número de impactos ambientales.

### **1.7. Metodología de la investigación**

El alcance de esta investigación es descriptivo ya que va proyectada a la adaptación de tecnologías de mejora para las energías renovables para ser estudiada y considerada como una alternativa sustitutiva más eficiente ante el sistema eléctrico existente los cuales mediante energías renovables busca demostrar las ventajas que presenta esta tecnología y los aportes energéticos y beneficios que posee por lo que la metodología a emplear es de carácter cualitativo y cuantitativo.

## **CAPITULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Análisis del contexto**

Las energías renovables a lo largo de los años han generado aportaciones positivas reduciendo la dependencia de la quema de combustibles como fuente energética, la emisión de gases de efecto invernadero y problemas ambientales que afecten de manera directa o indirecta al planeta. La energía eléctrica es uno de los recursos indispensables dentro del desarrollo sostenible y demandado por lo cual se necesita fuentes energéticas que puedan soportar el consumo masivo que demanda la sociedad. El aprovechamiento de la energía solar para la generación de la energía eléctrica, sin embargo, la implementación de esta solución era considerada costosa. Desde el año 1970 ha tenido una constante evolución mejorando su eficiencia y aminorando costes de los componentes fotovoltaicos. Se propone la implementación de una Micro red fotovoltaica interconectada a la red para reducir el consumo eléctrico en horarios que se aproveche la radiación solar.

Mediante estudios en laboratorios enfocados al desarrollo tecnológico de energías renovables de acuerdo con investigaciones relacionadas con la energía solar y el aprovechamiento energético (Chavez, 2012) afirma que la energía solar se convertirá en un recurso eficiente que sustituirá las fuentes convencionales.

Según (Izquierdo, 1990) la energía que dispone la tierra proviene de 3 fuentes primordiales: la radiación emitida por el sol de manera directa o indirecta que impactan sobre la tierra generando rayos solares, vientos, biomasa, combustibles fósiles; la formación cósmica como proceso de creación del sistema solar actual de la cual deriva energía nuclear y geotermia y los movimientos lunares que conforman una pequeña parte de la energía que ocasiona los cambios en el nivel del mar.

##### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

Sistema solar fotovoltaico mediante el avance tecnológico ha tenido un impacto positivo a nivel mundial (Hidalgo, 2015). La agencia de energía internacional en el año 2012 mediante la recopilación de datos obtenidos por el sistema programable de potencia fotovoltaica (PVPS) realizo un informe indicando los países que instalaron proyectos de generación fotovoltaica destacando países como Alemania, Australia, Austria, Bélgica,

Canadá, Dinamarca, España, Grecia, Holanda, Hungría, Irlanda, Italia, Nueva Zelanda, República de Corea Suecia, Suiza, Turquía, Unión Europea cuya capacidad instalada Fue de 28 GW duplicando la energía generada en el periodo 2010 con una suma total de 63.6 GW. Países como Estados unidos, Francia y Japón aumentaron su potencia generada en un 36%, mientras que otros países han comenzado a generar e instalar proyectos con potencias entre 1 a 5 GW por año (EIA, 2014) como lo muestra la Figura 2.1.

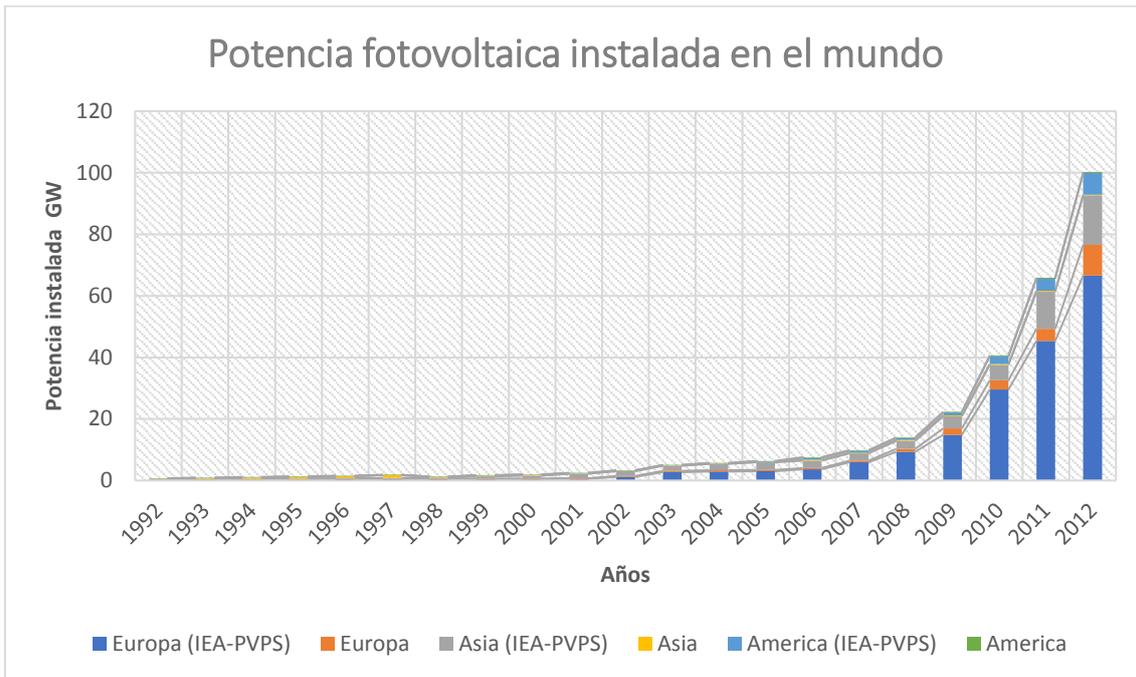


Figura 2.1. Potencia fotovoltaica instalada en el mundo  
Fuente: (IEA)International Energy Agency, 2012 Editada por: Autor

En América latina y el caribe la utilización de la energía solar fotovoltaica como fuentes de energía para la distribución eléctrica ha tenido un impacto positivo para el medio ambiente y respecto a localidades con difícil acceso, gracias a un plan para promover los proyectos tecnológicos y políticas establecidas se estima tener un avance significativo a largo plazo entre 12 y 15 años, teniendo un lugar dentro del mercado de las energías renovables mediante convenios con entidades públicas y privadas que auspician proyectos de energías (CAF, 2013), la figura 2.2. Muestra la estimación de capacidad instalada hasta el periodo 2020.

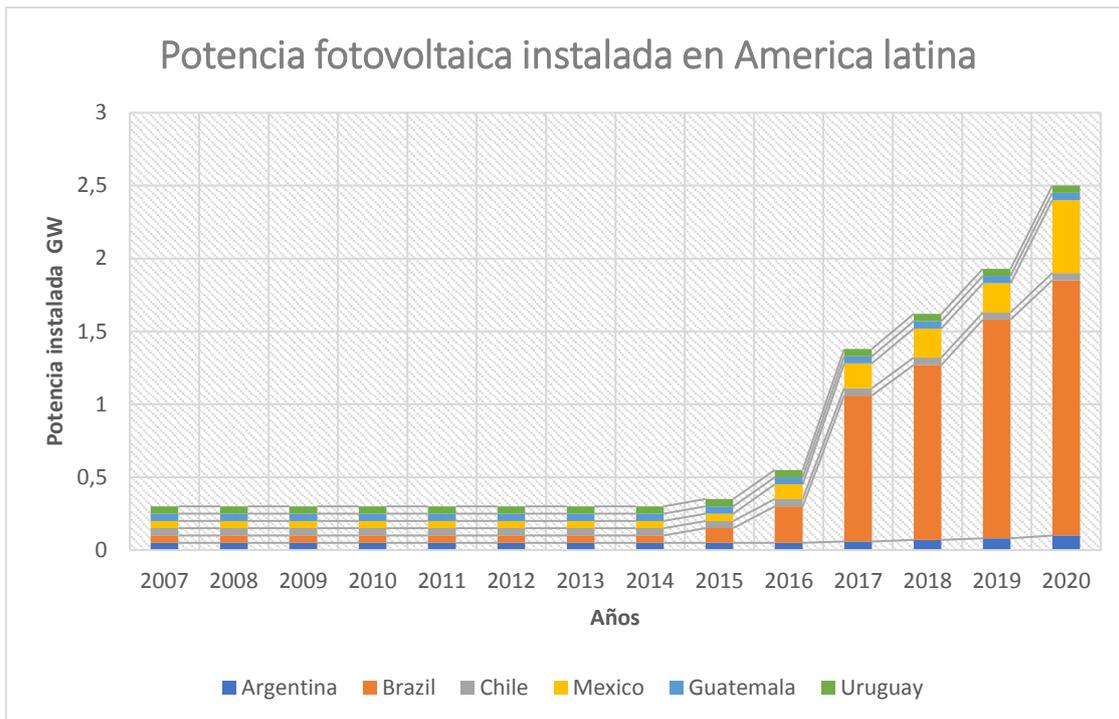


Figura 2.2. Generación distribuida en América latina  
Fuente: (MER) Mercado de energía renovable, 2013 Editada por: Autor

### 2.1.2. Antecedentes nacionales

Ecuador debido a su ubicación es uno de los países que cuenta con la mayor diversidad de recursos renovables los cuales han sido aprovechados con la finalidad de generar energía limpia y disminuir la dependencia de otras utilitarias que sirven al país brindando energía eléctrica con un alto costo monetario. En el periodo 2015 bajo un estudio inicial se aprovechó la energía cinética y potencian que generaban las corrientes de agua, se instauró y repotenció fuentes hidráulicas adquiriendo una potencia nominal 2401.62 MW con un porcentaje de 43.62% siendo esta la mayor fuente generadora nivel del país. La Fuente térmica MCI mediante la quema de combustibles fósiles constituye el segundo lugar de generación con una potencia nominal 1546.17 MW y 27.82%, la generación de energía por turbo gas y tubo vapor son un complemento dentro de los sistemas no renovables con 978 MW quedando en tercer puesto con 17.60%, fuente de turbo vapor con 448.24 MW y 8.07%, finalmente en menor capacidad tenemos a las fuentes renovables como biomasa con 2.45%, solar fotovoltaica con 25.50 MW y 0.46% y eólica con 21.15 MW y 0.38% (ARCONEL, 2015).

El ministerio de energía y recursos no renovables con el fin de impulsar nuevos proyectos potenciales con la aplicación de fuentes renovables mediante el convenio

ministerial MERNNR-VEER-2021-0008-AM con una inversión de 2200 millones y una proyección hasta 2021 para impulsar centrales Eólicas, centrales fotovoltaicas y sistemas interconectados a la red, plantas de biomasa aprovechando los residuos animales y vegetales. El proyecto fiscalizado por CNEL EP busca añadirle a la red una potencia de 1440 MW, este proyecto busca aumentar los índices de generación de fuentes renovables eólica con un 46.53%, solar fotovoltaica en un 34.03%, centrales hidroeléctricas en 10.42% y plantas de biomasa en 9.03% (CELEC EP, 2021). Como lo muestra la Figura 2.3.

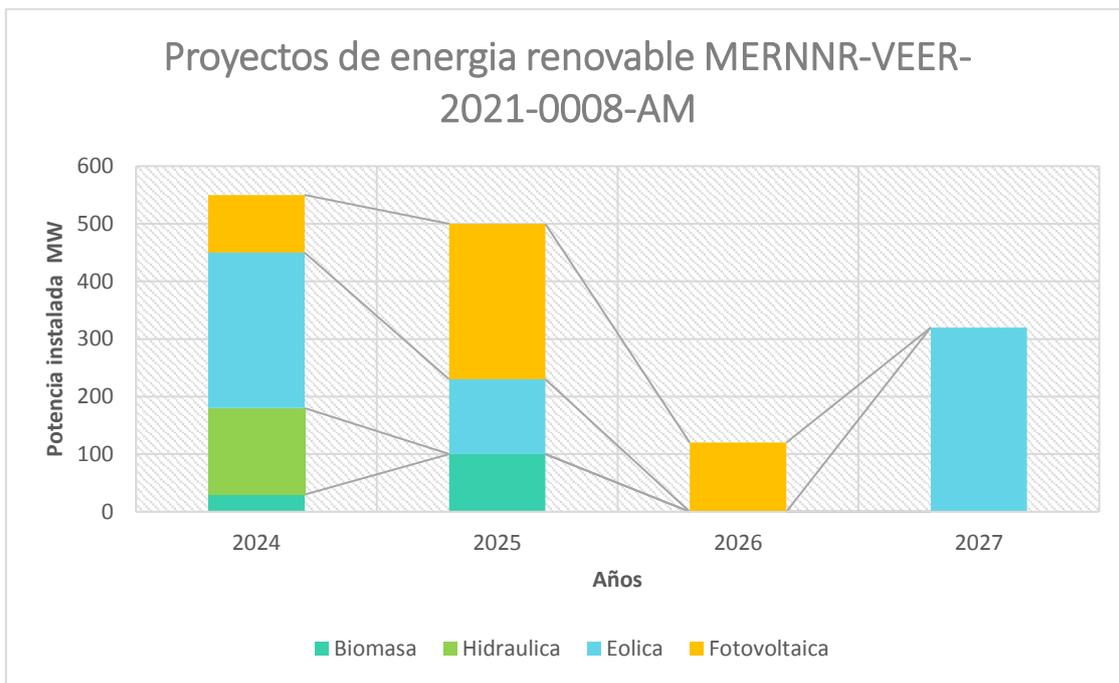


Figura 2.3. Aporte en Megavatios proyecto CNEL EP  
Fuente: Dirección de análisis y prospectiva eléctrica, 2018 Editada por: Autor

## 2.2. Fundamento teórico

### 2.2.1. Energía no renovable

Este tipo de energía se obtiene extrayendo de la naturaleza, este recurso es limitado y genera un gran impacto ambiental para su generación. Este recurso es el resultado de la descomposición de seres vivos y otros organismos por más de mil de años (Mogrovejo & Sarmiento, 2017).

Este tipo de fuente de energía se ve limitado debido al incremento de la población la cual demandaba una mayor cantidad de energía, desde el año 2010 se evaluó que la obtención de combustible fósil en el planeta tierra estaba decreciendo en un 85% llevando

a la necesidad de encontrar otras fuentes de energía que contribuyan con los cuidados del medio ambiente (Mogrovejo & Sarmiento, 2017).

### 2.2.2. Introducción a las energías renovables

Las energías renovables son aquellas energías que utilizan los recursos naturales para producir energías útiles por el hombre. Las energías renovables considerados como fuentes casi inagotables debido a su restauran por medios naturales, el desarrollo tecnológico renovable busca mitigar la emisión de gases de efecto invernadero que son dañinos para el medio ambiente. Las energías renovables están vinculadas con las ciencias del medio ambiente mediante estudios comparativos han desarrollado técnicas y dispositivos para aprovechar las fuentes naturales en función del cuidado del ecosistema y la preservación de los recursos como vida animal y vegetal (Gonzales, 2009).

La gran mayoría de las fuentes energéticas renovables provienen de forma directa o indirecta de la luz y el calor emitidos por la radiación que emite el sol (Santamarta, 2004). Los tipos de energía provenientes de recursos naturales son: solar fotovoltaica, Solar térmica, eólica, hidráulica, geotérmica, mareomotriz, biomasa y undimotriz como lo muestra la Figura 2.4.

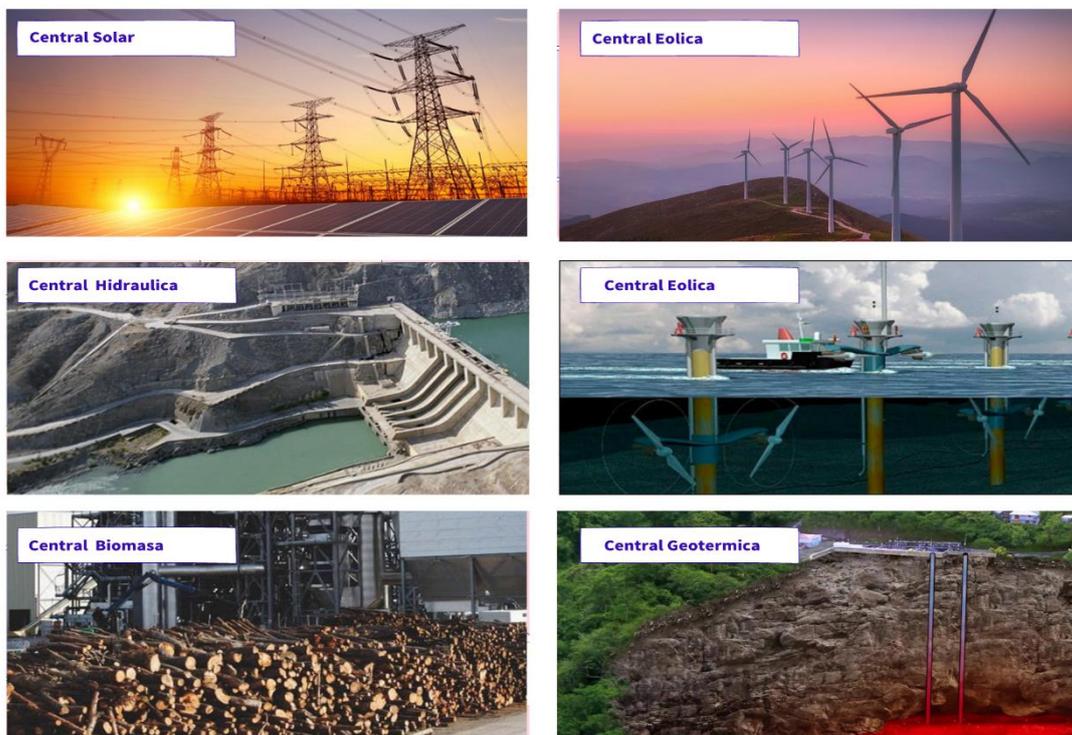


Figura 2.4. Tipos de energía renovable  
Fuente: Autor

## 2.2. Sistema solar

Dentro del sistema solar, el sol es conocido como la única estrella que vincula gravitacionalmente a un conjunto de elementos astronómicos conocido también como sistema planetario. Se estima que la existencia de la estrella conocida como sol tuvo su origen hace 4650 millones de años y que se extinguirá dentro de 5000 millones de años. El sol es una gran masa de energía donde constantemente se originan procesos fusión nuclear, la colisión de átomos a temperaturas superiores a los 15 millones de grados Celsius dentro de su núcleo en conjunto dieron origen a la gran esfera de plasma la cual mantiene su estructura. La composición de la masa contiene 71% de hidrogeno, 27% átomos de helio y 2% de otros elementos pesados. El sol reúne el 99% del total de la masa del sistema solar. La transformación de la masa y la liberación de la energía emite radiación electromagnética propagándose en forma de onda por el sistema solar (Fabio, 2016). La figura 2.5. muestra la composición del sol y sus etapas.

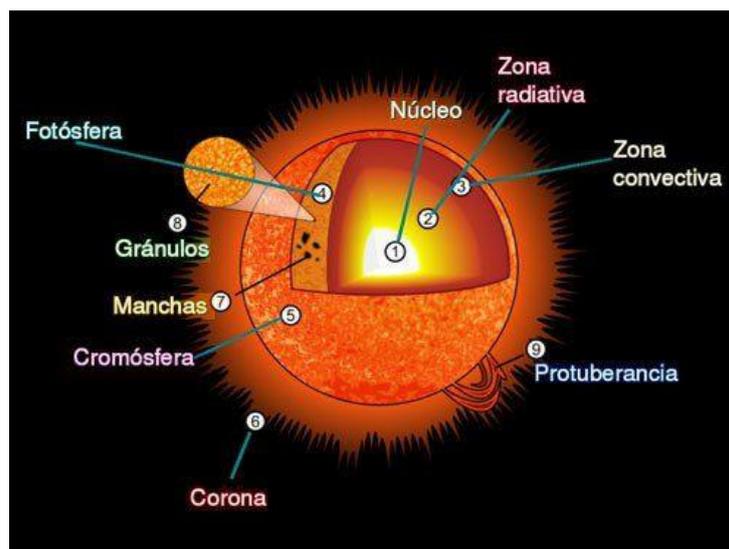


Figura 2.5. Composición del sol y sus etapas  
Fuente: Globoterraquios, 2010

### 2.2.1. Energía Solar

La energía manifestada por el sol permite generar otro tipo de energías consideradas como secundarias, estas se originan por la interacción directa e indirecta de la radiación solar en contacto con la tierra.

La energía propagada de manera directa origina dos efectos conocidos como efecto térmico y efecto fotónico. El efecto térmico permite aprovechar la radiación solar

en función de la temperatura para producir energía solar térmica y el efecto fotónico permite generar energía solar fotovoltaica y biomasa por la absorción de fotones de rayos de luz.

La radiación solar al atravesar las capas de la atmósfera e hidrosfera parte de las ondas es absorbida por los gases de estas capas las cuales son responsables de los cambios climáticos, la dirección del viento y el movimiento de las mareas. Este proceso es considerado como energía indirecta y el aprovechamiento de estos fenómenos climáticos permite la generación de energía eólica, mareomotriz y undimotriz (Sanchez, 2011).

### **2.2.2. Radiación solar**

Es la energía emitida por el sol que se propaga por el espacio en diferentes direcciones a través de ondas electromagnéticas. Estas ondas son producidas por los constantes procesos de fusión nuclear causando reacciones en el núcleo que son emitidas por la superficie solar.

Según (Vazques, 2014) la radiación solar emitida por el sol llegaría al planeta tierra en un intervalo de 8 minutos y una distancia aproximada de 149.59 millones de kilómetros. Cabe recalcar que no toda la radiación solar incide por a la superficie terrestre. El planeta tierra está conformado por capas concéntricas las cuales son el núcleo, el manto y la corteza entre ellas existe gradiente térmico junto con la atmósfera hacen que las ondas de corto alcance sean absorbidas debido a los gases que presenta la atmósfera en cada capa.

Se clasifica la radiación solar de acuerdo con las capas de la atmósfera que atraviesa radiación directa, radiación difusa y radiación global. Según (Lopez, 2014) la radiación es esparcida y absorbida por los componentes que forman parte de la atmósfera elementos como: CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, O<sub>3</sub>, N<sub>2</sub> y otras partículas con longitudes de onda que pueden atenuarse desde 0.29 hasta 2.5nm. La Figura 2.6., muestra la distribución espectral de la irradiancia directa en la atmósfera terrestre.

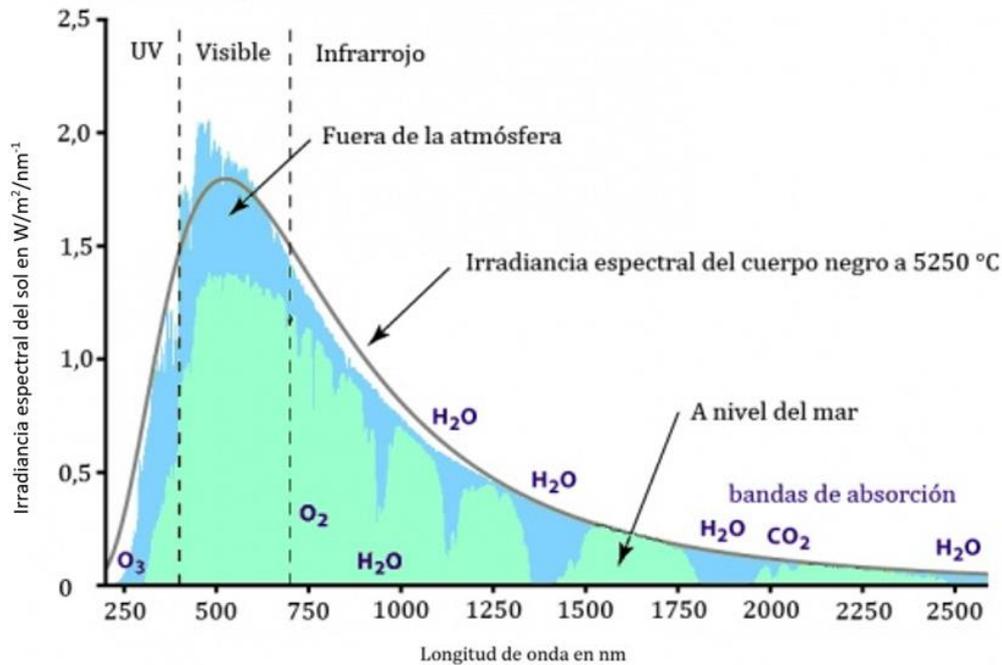


Figura 2.6. Distribución espectral de la irradiancia directa en la atmósfera terrestre  
Fuente: Chopra (1981)

La figura 2.6., muestra el comportamiento de la distribución solar limpia de componentes dañinos como aerosoles o contaminantes. Evaluando la irradiancia solar directa y la atenuación que presenta por la absorción de los elementos de la atmósfera formando una curva de radiación entre las diferentes masas de aire y las capas de la atmósfera.

### 2.2.3. Horas solares pico

Son conocidas como la captación de energía en forma de radiación que los paneles pueden absorber y aportar energía eléctrica que sea aprovechable para los sistemas de consumo en el transcurso de un año. Se la conoce como HSP y son consideradas la radiación directa como la difusa mediante intervalos máximos y mínimos que son evaluados mediante una curva de irradiancia. La figura 2.7 muestra el periodo horario de las horas sol pico y en el rectángulo las horas de máximo aprovechamiento.

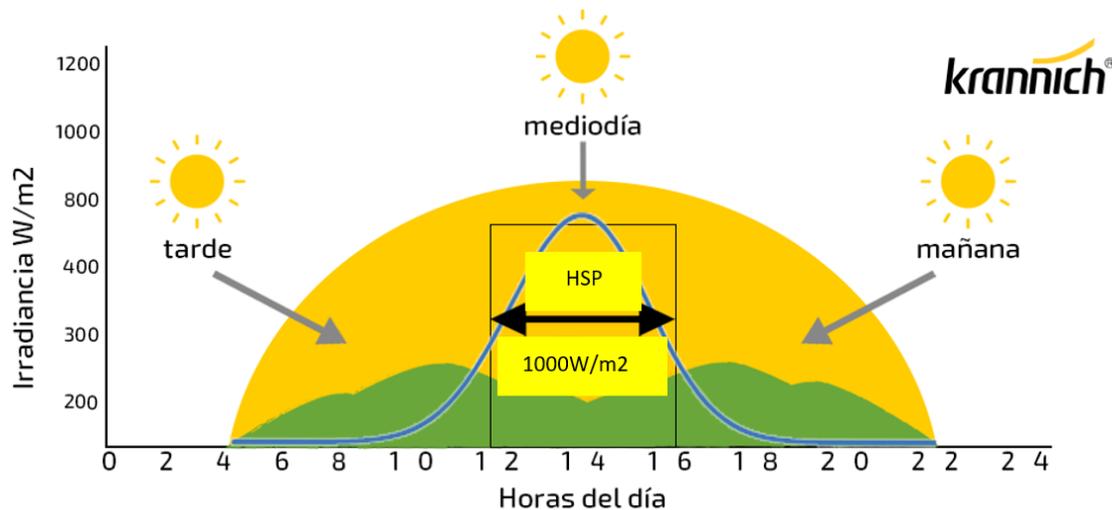


Figura 2.7. Horas solar pico  
Fuente: IDEC, 2018

La figura 2.7. se observa un rectángulo color negro la cual corresponde al pico máximo donde es mayormente aprovechable la radiación solar para el consumo con un valor de irradiación de  $1000 W/m^2$ . El valor de irradiación es un valor promedio que varía según los datos obtenidos por satélites, expresa el valor óptimo donde los paneles solares trabajan a su máxima capacidad en intervalos horarios desde las 13:00 hasta las 18:00 horas. El concepto de hora solar pico va ligado con la constante solar la cantidad de irradiación absorbida en un área específica durante un periodo de tiempo  $KWh/m^2$ . Variando su intensidad creciendo en periodos diurnos hasta alcanzar el alba, su valor máximo constante lo mantiene en el periodo diurno con un tiempo estimado de 6:00 horas y decreciendo en su atardecer.

#### 2.2.4. Constante solar

Es el flujo de energía emitida en forma de radiación solar proveniente del sol que incide sobre una superficie perpendicular obtenida de la parte exterior de la atmósfera terrestre. El valor de mediciones conseguidos por satélites es  $1367 W/m^2$  también conocido como irradiación solar cuya unidad describe el valor de la potencia luminosa que incide sobre una superficie en  $m^2$  (Arroyo, 2013).

#### 2.3. Sistema solar fotovoltaico

Es la integración de componentes eléctricos y electrónicos mediante un sistema interconectado que genera energía eléctrica por medio de la radiación solar emitida por el sol. El proceso de conversión de la energía radica principalmente en los módulos

fotovoltaicos los cuales absorben la radiación solar emitida en forma de ondas electromagnéticas y estos por medio de células capaces de absorber la radiación excitan los electrones del dispositivo semiconductor formando una diferencia de potencial entre las placas (Perpiñan, 2013).

### 2.3.1. Célula fotovoltaica

La célula fotovoltaica es un material semiconductor compuesto por silicio cristalino gracias a sus propiedades conductivas, este semiconductor dopado de impurezas este situado entre los materiales conductores y aislantes. Dentro de la lámina del material semiconductor contiene en su núcleo protones, neutrones y electrones los cuales circulan libremente entre las láminas creando una interacción. La circulación de los electrones y la manera en que se estructuran determinan la valencia del átomo y su comportamiento. Se busca llegar siempre a una configuración estable en el cual la valencia está constituida por lo menos por 8 electrones compartiendo o cediendo electrones para llegar a su propósito. La figura 2.8. muestra los componentes que comprende una celda fotovoltaica.

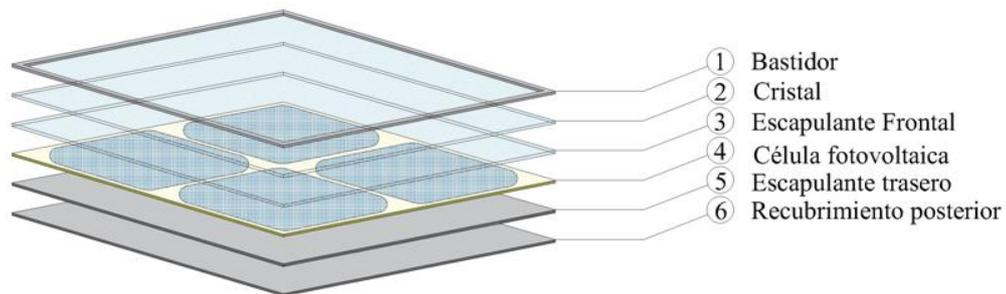


Figura 2.8. Componentes Celda solar fotovoltaica  
Fuente: Autor

### 2.3.2. Unión P-N

La configuración tipo P -N es una combinación producto de material extrínseco tipo N al que se le añaden impurezas, en esta configuración siempre sobra un átomo de electrón por cada átomo de impureza que puede ser de arsénico, antimonio, fosforo. Estos electrones libres son los responsables del movimiento libre de electrones para la generación de la electricidad.

El material extrínseco tipo P mediante la adición de partículas de otros componentes como aluminio, boro, galio solo podrá formar 3 enlaces por cada átomo de impureza añadido en la configuración, los portadores mayoristas son conocidos como Huecos los cuales contienen carga positiva.

Dentro de la configuración P-N se origina un fenómeno de intercambio entre portadores pasando electrones por el semiconductor tipo P y huecos por el semiconductor tipo N. la celda solar absorbe la radiación, una parte de esta radiación estimula el intercambio de portadores generando energía eléctrica continua mediante el efecto fotovoltaico. La figura 2.9. presenta la distribución de las placas de un material semiconductor.

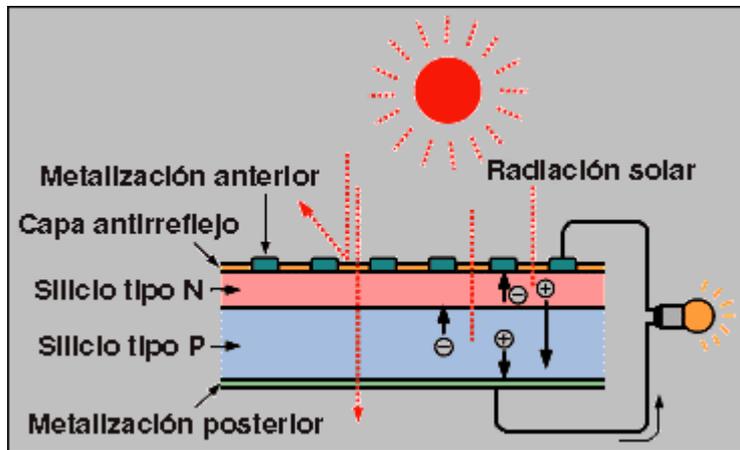


Figura 2.9. Unión semiconductor Tipo N-P  
Fuente: Elaboración propia

### 2.3.3. Efecto foto eléctrico

Efecto foto eléctrico es conocido como el proceso en que liberan electrones de un material debido a la incidencia de radiación electromagnética. La energía es captada por los electrones del material y estos alcanzan un nivel energético superior como se aprecia en la Figura 2.10.

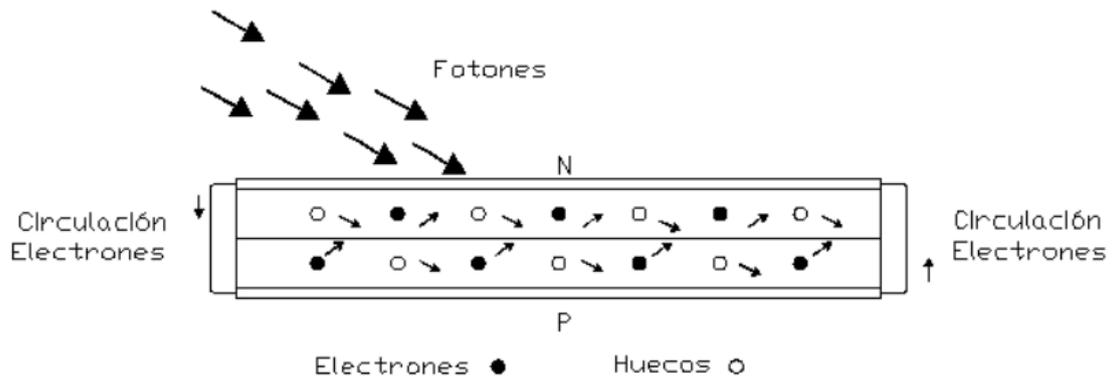


Figura 2.10. Efecto fotoeléctrico  
Fuente: Heliostera (2012)

La energía de los fotones no depende de la intensidad de la radiación sino de la longitud de onda que se propaga como se observa en la figura 2.11. Estudios han comprobado que al disminuir la longitud de onda la energía de los fotones es mayor. Los materiales semiconductores tienen la energía mínima necesaria para romper el enlace y que aparezca un par: electrón – hueco. El silicio es un material que cuenta con una energía  $\leq 1.12\text{eV}$  por lo que se necesita una longitud de onda mínima de 1100 nm.



Figura 2.11. Efecto fotoeléctrico comportamiento del material semiconductor con la longitud de onda  
Fuente: Heliostera (2012)

#### 2.3.4. Efecto fotovoltaico

Efecto fotovoltaico se origina mediante el contacto de dos placas de distintos materiales semiconductores tipo P-N, siendo una de las principales aplicaciones de efecto fotoeléctrico el cual es un proceso que por medio de la absorción de la radiación en la célula fotovoltaica se produce un flujo de electrones en constante movimiento que circula libremente entre las placas del material semiconductor. Como se aprecia en las figuras 2.12. y 2.13.

Según el tipo de uso los sistemas fotovoltaicos pueden clasificarse en: sistemas interconectados a la red (Grid connected), sistemas autónomos (off Grid), sistemas con aplicaciones de bombeo.

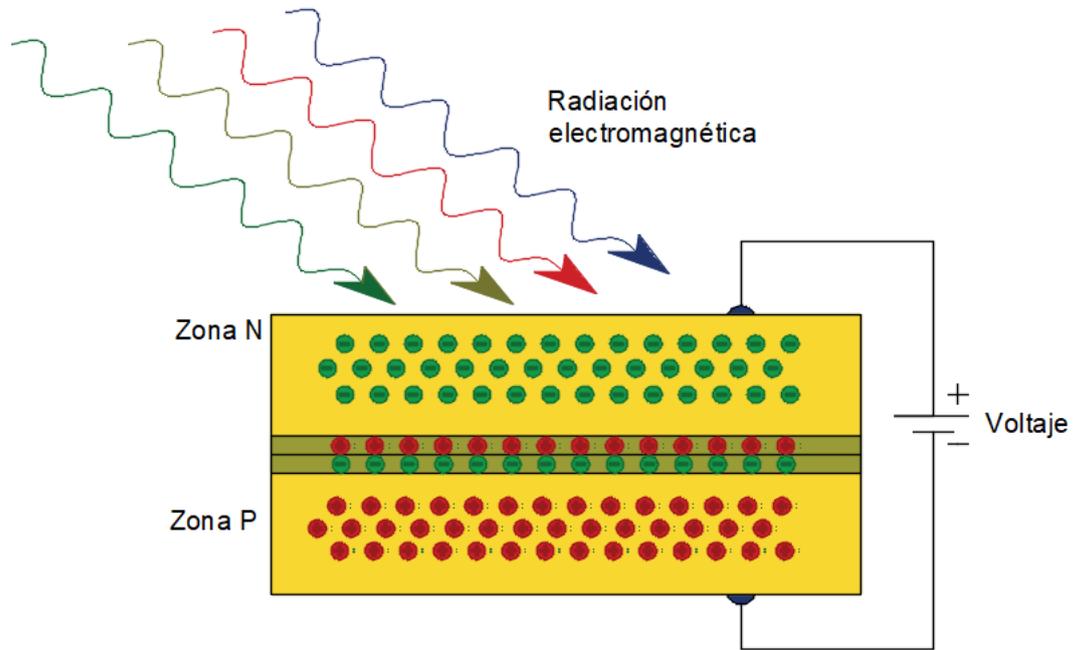


Figura 2.12. Efecto fotovoltaico comportamiento del material semiconductor con la longitud de onda  
Fuente: Autor

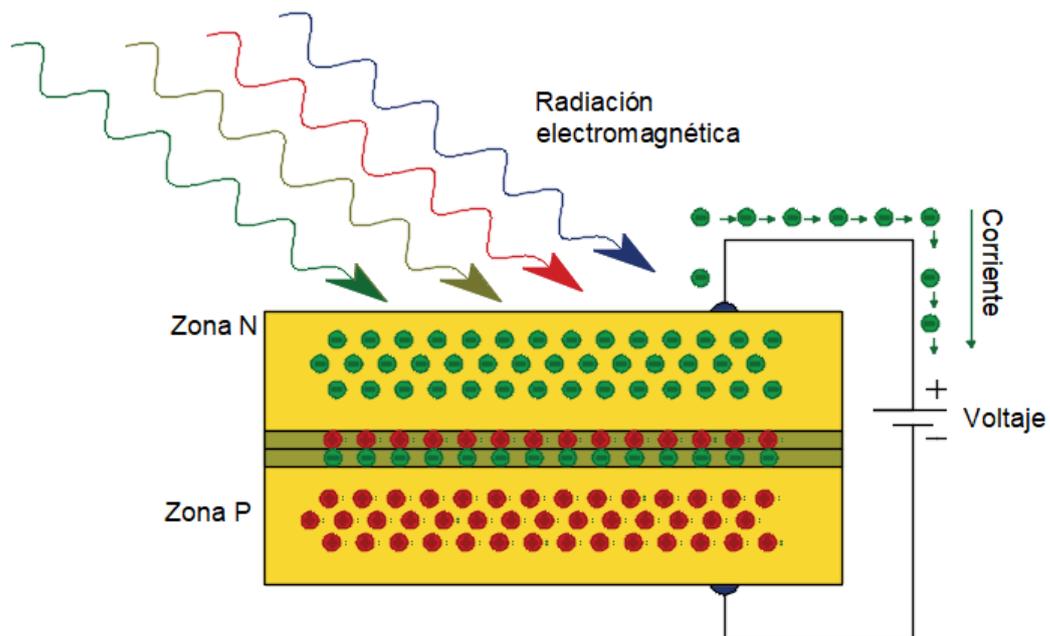


Figura 2.13. Efecto fotoeléctrico interacción de flujo de electrones en placas del material semiconductor  
Fuente: Autor

## 2.4. Componentes del sistema solar fotovoltaico

### 2.4.1. Módulos fotovoltaicos

Son dispositivos encargados de absorber la radiación emitida por el sol y mediante el efecto fotovoltaico gracias al material semiconductor y su configuración es capaz de transformar la irradiancia en energía sostenible. La energía emitida por los módulos es energía eléctrica continua, aunque la radiación solar emitida por el sol no es constante sin embargo esta energía no oscila si no que se mantiene emitiendo en su salida una corriente  $I_{cc}$ .

Cada módulo cuenta con una potencia unitaria, sin embargo, un sistema está conformado por un conjunto de módulos cuyo arreglo puede ser en serie, paralelo o mixto según las características del sistema lo cual aumenta su potencia, pero configura su  $V_{sc}$  o  $I_{sc}$  la cual va relacionado directamente con el controlador MTTP.

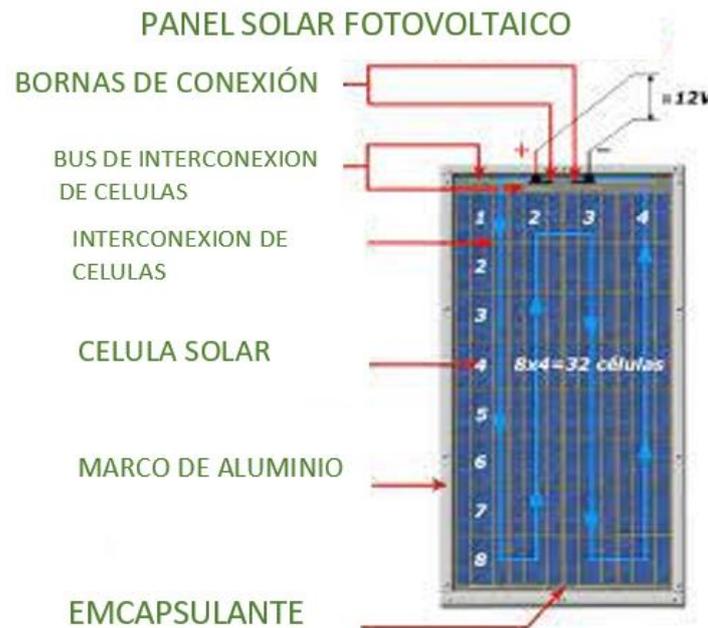


Figura 2.14. Estructura de un panel solar fotovoltaico  
Fuente: Álvarez & Vaca (2014)

La figura 2.14. Muestra la estructura de los módulos fotovoltaicos los cuales fueron diseñados para soportar altas temperaturas, en sus células se disipa el calor. El diseño de estos módulos fue pensado para conservar el estado del panel con una vida útil entre 20 y 25 años. Se añadieron protecciones térmicas y eléctricas en el tipo de encapsulado formando un sistema robusto (Alvarez & Vaca, 2014).

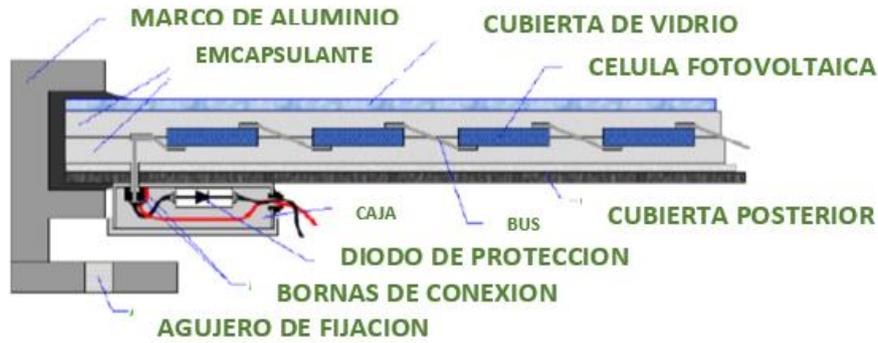


Figura 2.15. Partes de un panel solar fotovoltaico  
Fuente: Álvarez & Vaca (2014)

La figura 2.15. presenta las partes de un panel solar fotovoltaico indicando a continuación se detalla la función que cumplen cada uno de los componentes del sistema:

**Cubierta exterior:** elemento compuesto por una lámina cristalina con propiedades para captar el máximo la absorción de energía solar.

**Encapsulado:** material termoplástico compuesto por silicona o EVA (etileno, vinil, acetato) con un índice de refracción similar al vidrio busca mantener constante el índice de radiación solar.

**Protección posterior:** Es una lámina formada por distintas capas de materiales capaces de soportar altas temperaturas, generando una protección a los elementos internos del módulo fotovoltaico, y volviéndolo un sistema robusto contra agentes atmosféricos.

**Marco:** Es la estructura exterior del panel y la que se enlaza entre los elementos constitutivos y la protección posterior. Compuesto por una capa de aluminio para garantizar un sistema resistente a las altas temperaturas.

**Diodo de protección:** elemento semiconductor cuyo principio es proteger a los módulos contra sobre corrientes producidas por la absorción de radiación solar, también estos son utilizados mediante un arreglo para refinar la calidad de señal de salida.

#### 2.4.1.1. Tipos de módulos fotovoltaicos

De acuerdo a la composición que presenten las células solares y al material primario como silicio, para mejorar su eficiencia se crearon módulos compuestos a partir de dopar al silicio que funciona como semiconductor con compuestos como telurio de

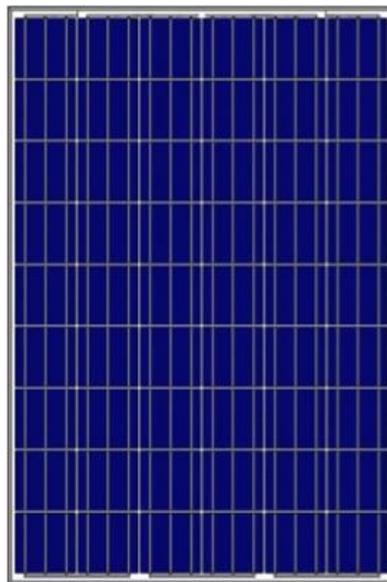
cadmio, arseniuro de galio, boro, etc. La combinación de silicio puro con otros agentes da como resultado cristales monocristalinos, policristalinos y amorfos. Cada una de ellas presentando características diferentes por la disposición de átomos (Argoti, 2021).

**Estructura monocristalina:** Destaca entre sus configuraciones por su eficiencia siendo entre 24.7 y 30%. Su estructura está conformada por barras de silicio cristalizadas, cada barra posee 4 electrones y se caracteriza por su diseño cada célula tiene forma semi cuadrada y su color es azul oscuro (Argoti, 2021). Su diseño se muestra en la figura 2.16.



*Figura 2.16. Módulo monocristalino  
Fuente: Solergy (2016)*

**Estructura policristalina:** su composición está basado en pequeñas barras de silicio en forma de microcristales con una tonalidad azul, se diferencia por presentar una textura granulada y cortes cuadrados, su rendimiento se maneja entre el 19 y 20% (Argoti, 2021). Su diseño se muestra en la figura 2.17.



*Figura 2.17. Módulo policristalino  
Fuente: Solergy (2016)*

**Estructura amorfa:** su estructura a diferencia de los otros módulos no es cristalina, posee una tonalidad marrón oscura y no existe una uniformidad entre sus células, poseen un alto grado de absorción y sus células son delgadas que las de un panel monocristalino. Su rendimiento oscila entre el 12 y 14% (Argoti, 2021). Su diseño se muestra en la figura 2.18.



Figura 2.18. Módulo Amorfo  
Fuente: Solergy (2016)

#### 2.4.1.2. Orientación de los módulos fotovoltaicos

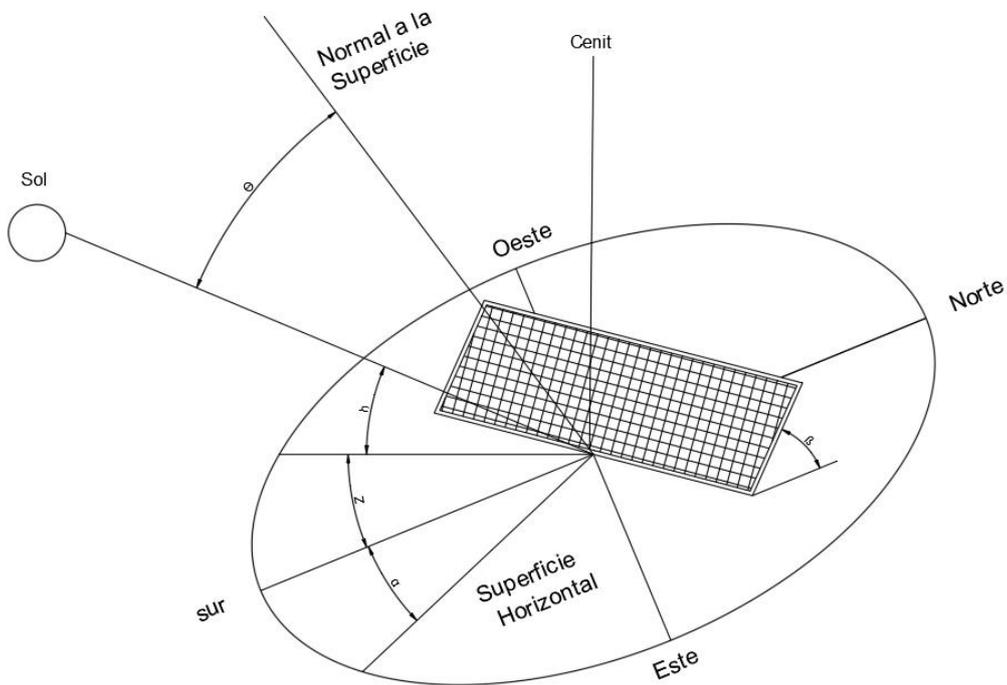


Figura 2.19. Posición del sol relativa sobre una superficie plana  
Fuente: Autor

La Figura 2.19., muestra la inclinación del sol sobre la superficie respecto a un plano horizontal, en la figura podemos observar las coordenadas geográficas y la radiación incidente al módulo fotovoltaico propagada por el sol donde:

$\theta$  = *angulo de incidencia solar*

$\beta$  = *angulo de inclinacion del modulo fotovoltaico*

$z$  = *Azimet solar*

$\alpha$  = *orientacion del azimet del modulo fotovoltaico*

$h$  = *altura solar*

Una proporción de la energía incide sobre la superficie horizontal y es captada por el módulo donde recibe la máxima radiación difusa y la mínima reflejada, esta variara según la inclinación y posición que tenga el sol con relación al ángulo solar en un intervalo de tiempo conocido también como irradiación (Vazques, 2014).

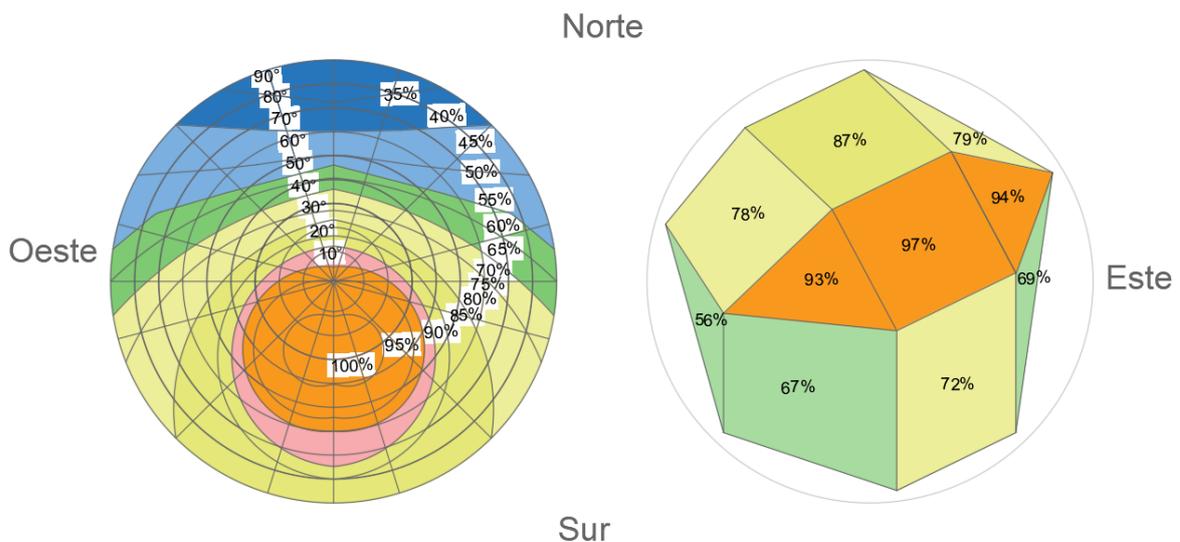


Figura 2.20. Orientación eficiente modulo solar fotovoltaico  
Fuente: Solar Center, 2018 Editado por: Autor

La figura 2.20. es una adaptación del movimiento del sol en una superficie plana y la inclinación y eje que debe tomar el módulo solar para obtener una buena captación de radiación difusa. De acuerdo al movimiento y la inclinación que tiene el sol sobre un módulo fotovoltaico, se realizó un sistema poligonal donde se muestra el rango de captación en porcentaje donde la captación mínima es 56% y un máximo de 97%.

### 2.4.1.2 Sombras

Es importante tomar relevancia a la incidencia de sombras sobre los módulos fotovoltaicos, estos pueden ocasionar grandes pérdidas en el arreglo fotovoltaico y en casos severos una mala uniformidad entre módulos puede generar un incendio.

El sol en la estación de invierno se inclina más hacia el sur y las sombras se vuelven más prolongadas, cabe destacar este concepto no siempre se aplica por la inclinación del sol. La superficie donde se instalan los módulos fotovoltaicos y el entorno que lo rodea. Un entorno muchos edificios puede generar una sombra que no necesariamente tiene que ver con el sentido del sol, por lo cual la correcta inclinación y distancia entre módulos se adaptara según el entorno y movimiento del sol (Vazques, 2014).

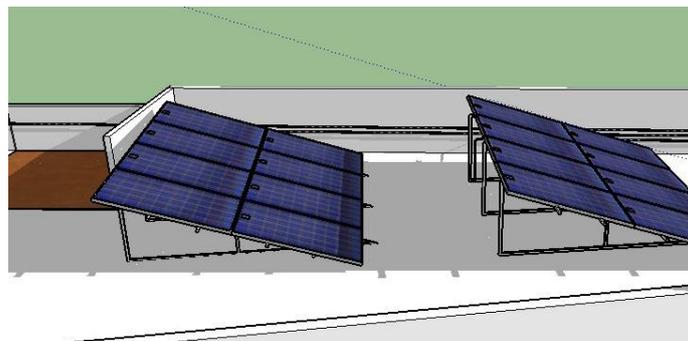


Figura 2.21. Orientación eficiente modulo solar fotovoltaico  
Fuente: Solar center, 2015

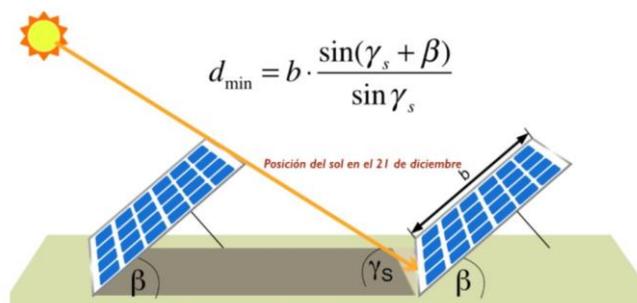


Figura 2.22. Orientación eficiente modulo solar fotovoltaico  
Fuente: Solar center, 2015

En las figuras 2.21 y 2.22 podemos observar la sombra generada por la incidencia del sol en un módulo fotovoltaico donde se observa la distancia mínima ( $d_{\min}$ ) que debe existir entre módulos fotovoltaicos. Para calcular la distancia mínima es necesario conocer los siguientes parámetros:

$\beta$  = ángulo de inclinación del módulo fotovoltaico

$b$  = largo del módulo fotovoltaico

$\gamma_s$  = ángulo crítico en el solsticio

### 2.4.1.3 Tipo de conexiones entre módulos fotovoltaicos

**Conexión serie:** la conexión serie de módulos solares fotovoltaicos funciona al igual que una fuente generadora, resulta en la suma de los voltajes de cada módulo mientras que la corriente sigue siendo la misma que circula entre los elementos. Como podemos verlo en la figura 2.23.

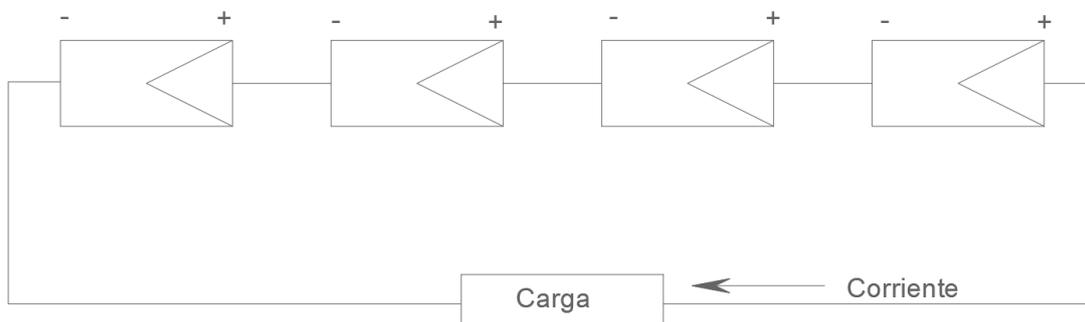


Figura 2.23. Conexión en serie módulos fotovoltaicos  
Fuente: Autor

**Conexión paralela:** la conexión paralela como muestra la figura 2.24. Muestra a los módulos paralelos entre sí por lo cual su voltaje será es mismo, sin embargo, por cada uno de los módulos circulara una corriente, la sumatoria de estas corrientes es conocida como corriente total.

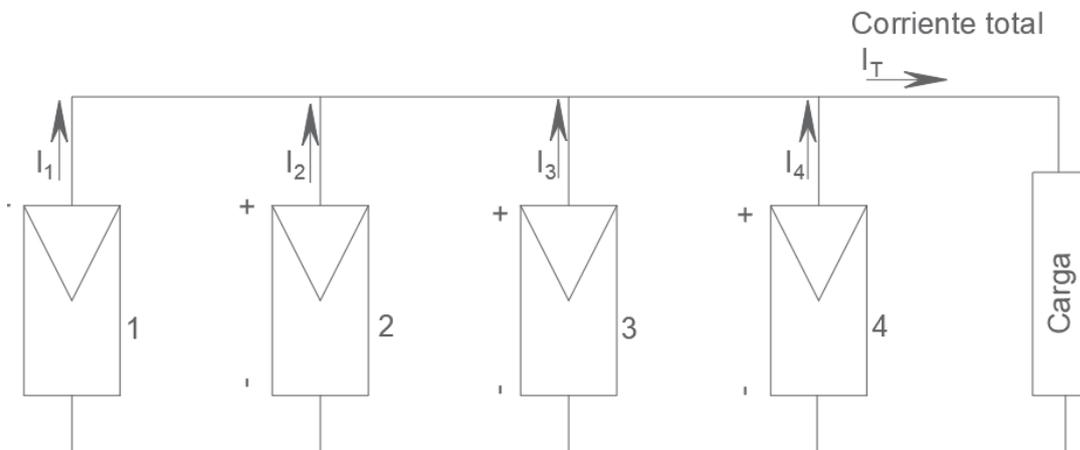


Figura 2.24. Conexión en paralelo módulos fotovoltaicos  
Fuente: Autor

**Conexión mixta:** según el tipo de sistema, existen ciertas condiciones específicas al momento de diseñar un sistema solar fotovoltaico por lo cual, según el tipo de controlador, inversor y demás elementos la configuración de los módulos tendrá que ajustarse al voltaje y corriente permisible de estos dispositivos. Por lo cual se realizarán arreglos series y paralelos para llegar a los valores deseados como lo muestra la figura 2.25.

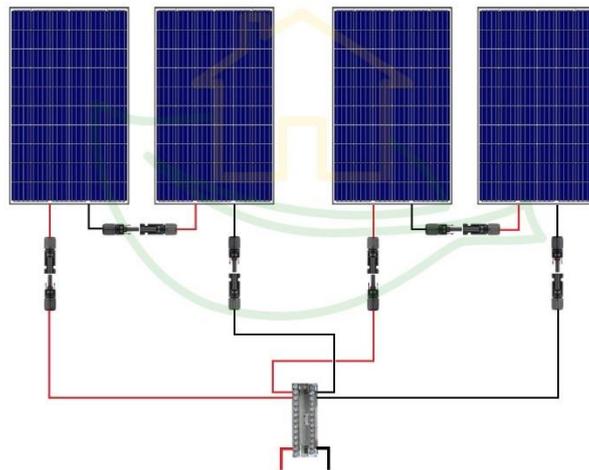


Figura 2.25. Conexión en paralelo módulos fotovoltaicos  
Fuente: Solar Center, 2018

#### 2.4.2 Banco de baterías

Conocidos como acumuladores de energía son elementos capaces de almacenar energía eléctrica para usarlos en modo de emergencia o como compensación de la energía para sistemas fotovoltaicos autónomos. En los sistemas fotovoltaicos los bancos de baterías son utilizados para almacenar energía en horario diurno y abastecer la demanda en los horarios nocturnos, dentro de los sistemas interconectados a la red estos son utilizados como sistema de reserva con una autonomía  $\leq 2$  horas. La figura 2.26. muestra un banco de baterías con 4 sets para suministrar energía de reserva.

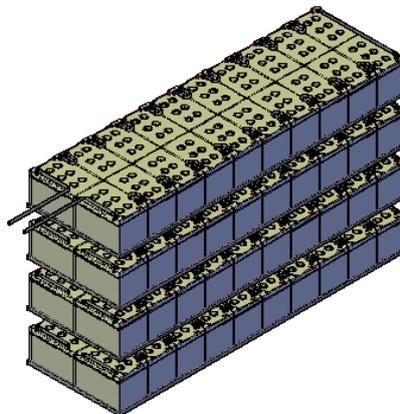


Figura 2.26. Banco de baterías  
Fuente: Autor

Las baterías utilizadas en los sistemas solares fotovoltaicos se diferencian por soportar altas temperaturas hasta 55°C y admiten un gran número de descargas y tener un alto número de ciclos los cuales varían según el porcentaje de descarga y el modelo de batería. Obteniendo una autonomía que varía entre 5 a 12 años (Ocampo & Suarez, 2017).

### 2.4.3 Tipo de baterías

**Batería VRLA:** Las baterías de plomo ácido también conocidas como VRLA son conocidas para aplicaciones de respaldo de energía en sistemas como UPS, sin embargo, la innovación tecnológica creó baterías selladas libre de mantenimiento y a prueba de fuga capaces de soportar condiciones extremas con temperaturas de -20 hasta 50°C con una autonomía de 8 a 12 años. La figura 2.27. muestra un modelo de batería VRLA.



Figura 2.27. Batería de plomo ácido sellada  
Fuente: CSB, 2012

**Baterías de níquel Cadmio:** Dentro de la línea de evolución de baterías más eficientes la batería de níquel cadmio (NiCd) fueron diseñadas para mejorar el tiempo de autonomía para mantener un sistema de energía ininterrumpida, soporta altas temperaturas entre los 34 y 45°C, según el tipo de descarga se clasifican en baja (L), media(M), alta (H), la Figura 2.28., muestra un modelo de batería NiCd,



*Figura 2.28. Batería de Niquel-Cadmio  
Fuente: FIAMM, 2017*

**Baterías de litio:** Baterías de litio o Li-ON son baterías selladas libres de mantenimiento, ocupan menor espacio, debido a su configuración su tiempo de carga es mínimo, soporta altas temperaturas, no emite propagación de gases, tienen una vida útil de 15 a 20 años. Aunque presenta ventajas con respecto a los modelos VRLA y NiCd este tipo de batería tiene un alto coste económico. La Figura 2.29. muestra la imagen de una batería Li-ON.



*Figura 2.29. Batería de litio  
Fuente: Auto solar, 2014*

### 2.4.2.3 Tipo de conexiones entre Baterías

Dependiendo de la demanda de corriente y voltaje que necesite los MPPT del módulo inversor se pueden realizar arreglos en serie, paralelo y mixtas como se muestra en las figuras 2.30. y 2.31.

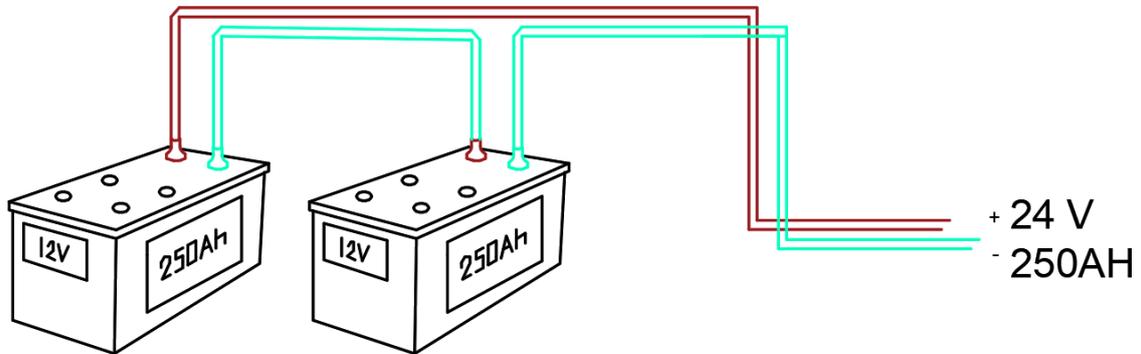


Figura 2.30. Conexión en serie de baterías  
Fuente: Solar Center, 2018 Editada por: Autor

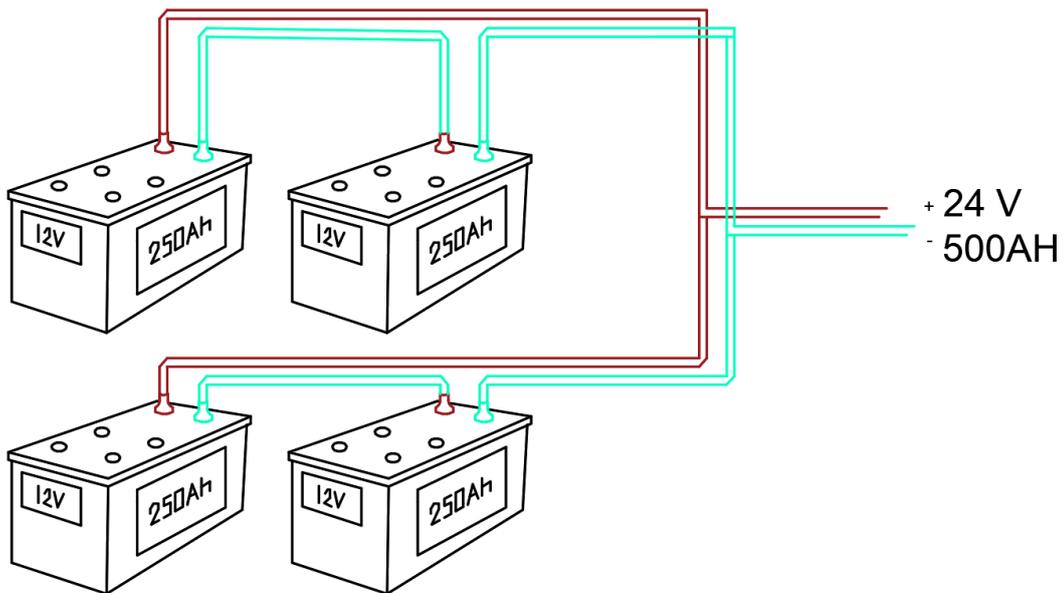


Figura 2.31. Conexión mixta de baterías  
Fuente: Solar Center, 2018 Editada por: Autor

### 2.4.4 Inversor

El inversor es un dispositivo electrónico que convierte la energía directa en energía alterna. Dentro de los sistemas fotovoltaicos es necesario el uso de inversores ya que las instalaciones actuales funcionan con energía alterna. Sin embargo, la correcta función del inversor va ligado del tipo de sistema fotovoltaico a implementar y la carga nominal (Argoti, 2021).

Según el tipo de sistema fotovoltaico los inversores pueden ser interconectados a la red o autónomo, los cuales presentan las mismas características de un inversor como:

- Inversión de red DC/AC
- Modulación de onda (filtrado)
- Regulación del valor eficaz de voltaje de salida ( $V_{rms}$ )

#### 2.4.4.1 Tipos de inversor

**Inversor autónomo:** Este tipo de inversor es comúnmente utilizado para ambientes aislados o rurales donde Tiene una frecuencia y voltaje ajustado según el diseño adoptado. Al ser un sistema aislado puede trabajar mediante baterías como fuente de respaldo en los periodos en los que hay ausencia de radiación solar.

Los inversores autónomos presentan un regulador de carga que permite mantener dentro del límite mínimo permisible al arreglo de baterías. Este tipo de sistema tiene indicadores para ver su operación, el consumo y el tiempo de autonomía de baterías. La figura 2.32., muestra el esquema de un inversor y su conexión.

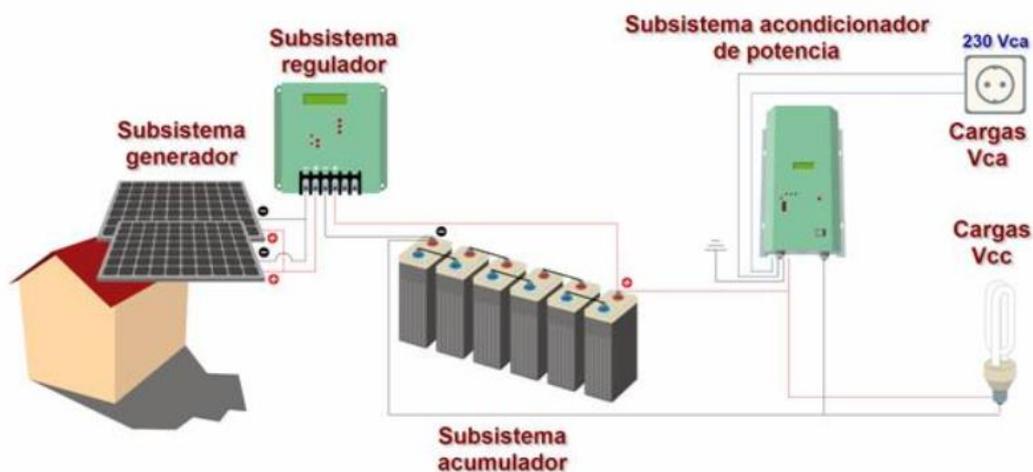


Figura 2.32. Esquema de inversor autónomo  
Fuente: Keui solar, 2012

El inversor corresponde a un sistema solar fotovoltaico asilado con un banco de baterías como fuente de respaldo y un subsistema acondicionador de potencia le cual funciona como un estabilizador de voltaje siendo la única variante la corriente que circula por el sistema. Siendo un sistema integral a continuación se muestran los beneficios de inversor autónomo:

- Capacidad de cargar baterías
- Encendido y apagado automático de generador (Adicional)
- Advertencia de apagado cuando el porcentaje de la batería es bajo
- Capacidad para servir picos de consumo
- Elemento robusto y fiable

**Inversor interconectado a la red:** Se caracterizan por operar directamente con la red eléctrica. Este tipo de inversor funciona mediante un mecanismo bidireccional, absorbe la radiación que incide sobre los módulos fotovoltaicos y convierte la energía CC en energía AC. Por otra parte, cuenta con un sistema inteligente que permite monitorear en tiempo real el consumo y la energía generada por los módulos fotovoltaicos, funciona como una llave de dos entradas este si detecta falta de energía por parte de los módulos solares abre el grifo con la energía faltante que suministrara la red eléctrica, compensando esa diferencia.

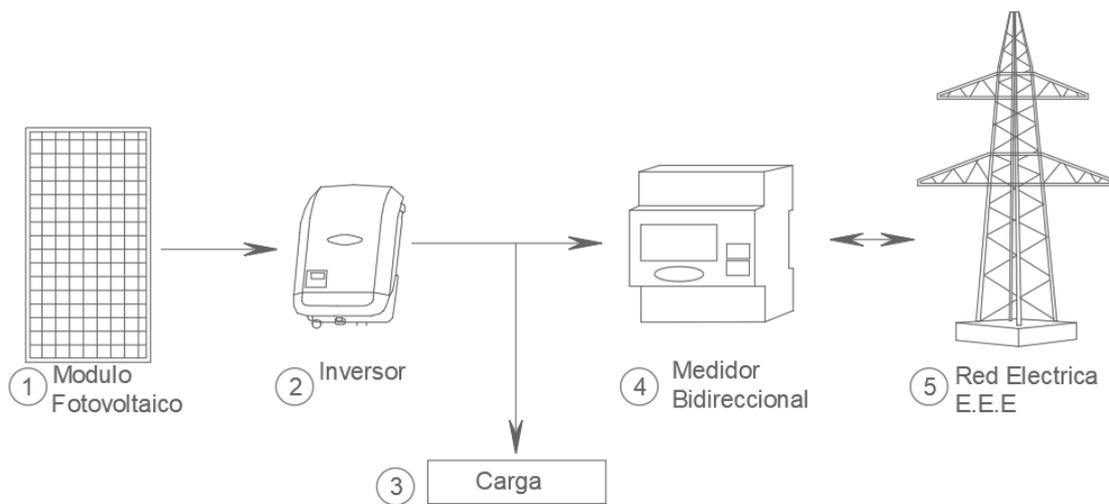


Figura 2.33. Esquema de inversor interconectado a la red  
Fuente: Smartenergy, 2019 Editada por: Autor

La figura 2.33., se aprecia un sistema fotovoltaico interconectado a la red el cual recibe señales de los módulos fotovoltaicos y la red eléctrica registrados mediante un medidor bidireccional Beneficios. El inversor interconectado a la red permite adicionar otros módulos inversores en caso de expansión, gracias al sistema de monitoreo permite estabilizar la energía entregada en función a la demanda. A continuación, se muestran los beneficios de inversor interconectado a la red:

- Reducción de costos y consumo de energía a largo plazo.
- Capacidad de amplitud de carga.
- Monitoreo en tiempo real
- Sistema Smart

### Tecnologías de micro inversor

**Inversor centralizado:** Es el único inversor que controla toda la instalación Fotovoltaica como se muestra en la figura 2.34. Las cadenas constituidas por los módulos fotovoltaicos en arreglos Serie, paralelo o mixto. Esta configuración se realiza para sistemas  $\geq 6$  KW (SMA, 2018).. A continuación, se muestra las ventajas de tecnología centralizada:

- Robustes en instalaciones industriales
- Simplicidad en la instalación

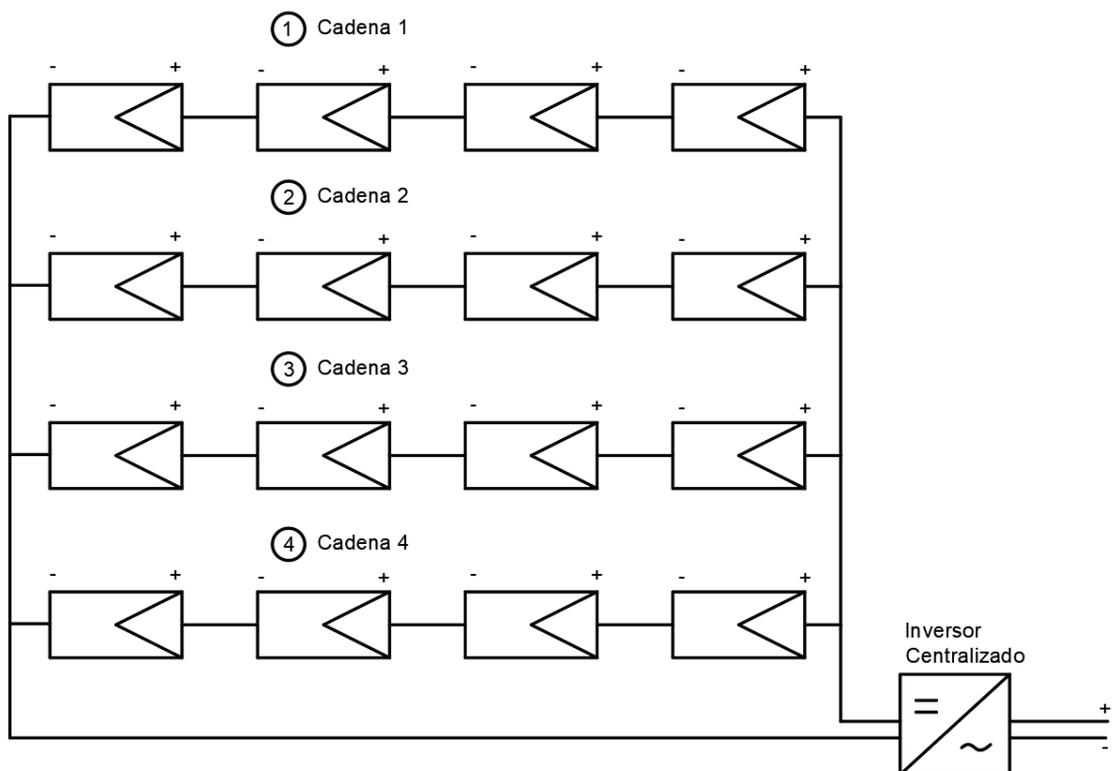


Figura 2.34. Inversor centralizado 20KWP con 4 MPPT  
Fuente: SMA, 2018 Editado por: Autor

**Inversor en cadena:** Consiste en Inversores interconectados en paralelo los cuales realizan esta configuración para poder suministrar la cantidad de energía deseada

por la configuración fotovoltaica como se muestra en la figura 2.35. Cada módulo inversor es capaz de acoplar un ramal fotovoltaico. Esta configuración se realiza para sistemas  $\geq 6$  KW (SMA, 2018). A continuación, se muestran las ventajas de tecnología en cadena:

- Mejor rendimiento en las instalaciones fotovoltaicas
- Reducción de pérdidas por sombras

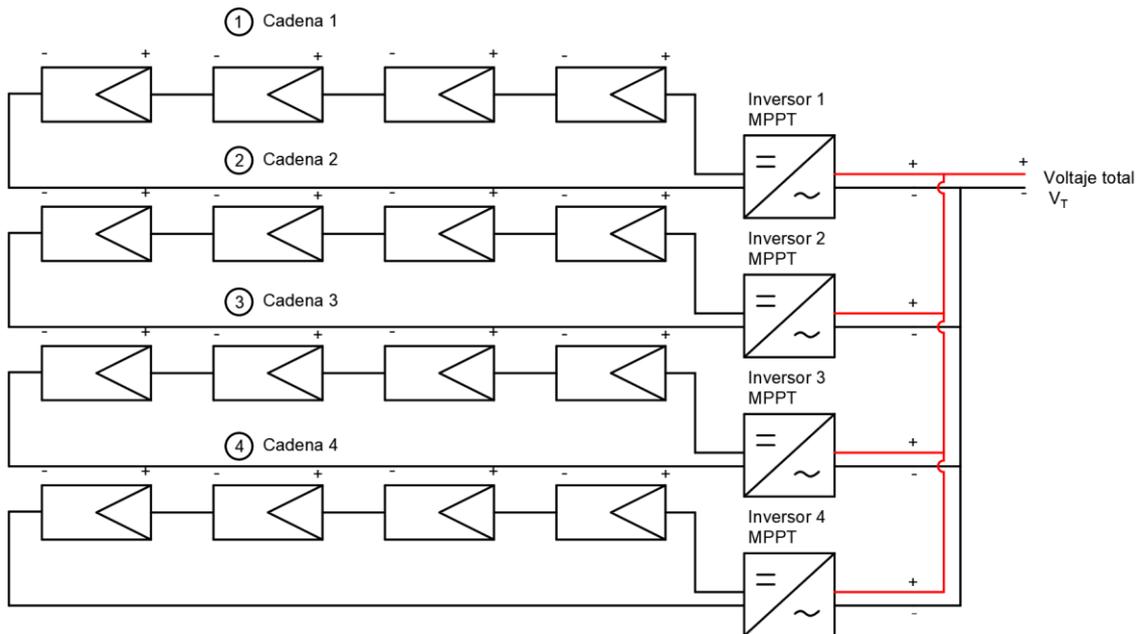


Figura 2.35. Inversor en cadena con 4 MPPT  
Fuente: SMA, 2018 Editado por: Autor

**Micro inversor:** Un micro inversor cumple las mismas funciones que un inversor centralizado, la diferencia reside en que trabajan como módulos individuales capaces de monitorear de 1 a 4 módulos fotovoltaicos según los parámetros del fabricante. Como lo muestra la figura 2.36. A continuación se muestran las ventajas de Micro inversor:

- Mayor seguridad para trabajar con voltajes bajos
- Menores maniobras con corriente directa
- Menor riesgo de incendio por arcos eléctricos
- Protección para realizar trabajos en ambientes de intemperie y húmedos
- Monitoreo inteligente por modulo
- Mayor producción solar al mitigar perdidas por sombreados
- 1 MPPT por modulo
- Útil para instalaciones con un gran número de paneles solares
- Reducción de pérdidas y costes de instalación



*Figura 2.36. Micro inductor 300WP  
Fuente: ABB INC, 2017*

## **2.5. Protecciones para los sistemas eléctricos**

### **2.5.1. Sistema puesta a tierra**

El sistema puesta a tierra es considerada una parte esencial dentro del sistema eléctrico, es el conjunto de conductores y una serie elementos enterrados en el suelo a través de una instalación capaz de soportar corrientes excepcionales en caso de cortocircuito o descargas atmosféricas. Una correcta instalación del sistema puesta a tierra asegura la calidad de las instalaciones y permite descargar el exceso de energía (Dehn, 2010). A continuación, se presentan algunos de los beneficios:

- Protección a las instalaciones contra impacto directo e indirecto de rayos
- Correcto funcionamiento de la red para asegurar la calidad de energía
- Limitación de las perturbaciones electromecánicas
- Asegura la calidad de vida del personal limitando las tensiones de paso y de contacto a valores seguros

### **2.5.2. Protección contra descargas atmosféricas**

Dentro de la etapa de protección de las instalaciones eléctricas, uno de los apartados que se considera. Importante es la protección contra descargas atmosféricas. El nivel isoceraunico determina el número de impactos de rayos que impactan la zona en función a estos parámetros las instalaciones físicas y redes eléctricas deben estar previstas de protección directa e indirecta ante la presencia de un rayo. La norma EN 62305-4, LPZ (Lighting protection zone) clasifica a las zonas de protección en espacio exterior y zonas

perimetrales e interior (Dehn, 2010) como lo muestran las figuras 2.37 y 2.38. Se clasifican las zonas de protección contra descargas atmosféricas de la siguiente manera:

### Zonas exteriores

**LPZ0:** Se considera zona de peligro mediante campo electromagnético no atenuado del rayo en lo que los sistemas pueden ser expuestos a la corriente del rayo completa o parcial (Dehn, 2010).

### Zonas interiores

**LPZ1:** Zona en que los objetos esta expuestos a las descargas atmosféricas del rayo y a la corriente del rayo de manera reducida, esta zona debe contar con medidas de blindaje para que el campo electromagnético este atenuado (Dehn, 2010).

**LPZ2:** zona considerada como espacio de protección consecutivo, para reducir los remanentes de corriente que ingresan a la red (Dehn, 2010).

**LPZ3:** zona considerada como espacio de protección para equipos eléctricos considerados como equipos críticos o sensibles a perturbaciones de red (Dehn, 2010).

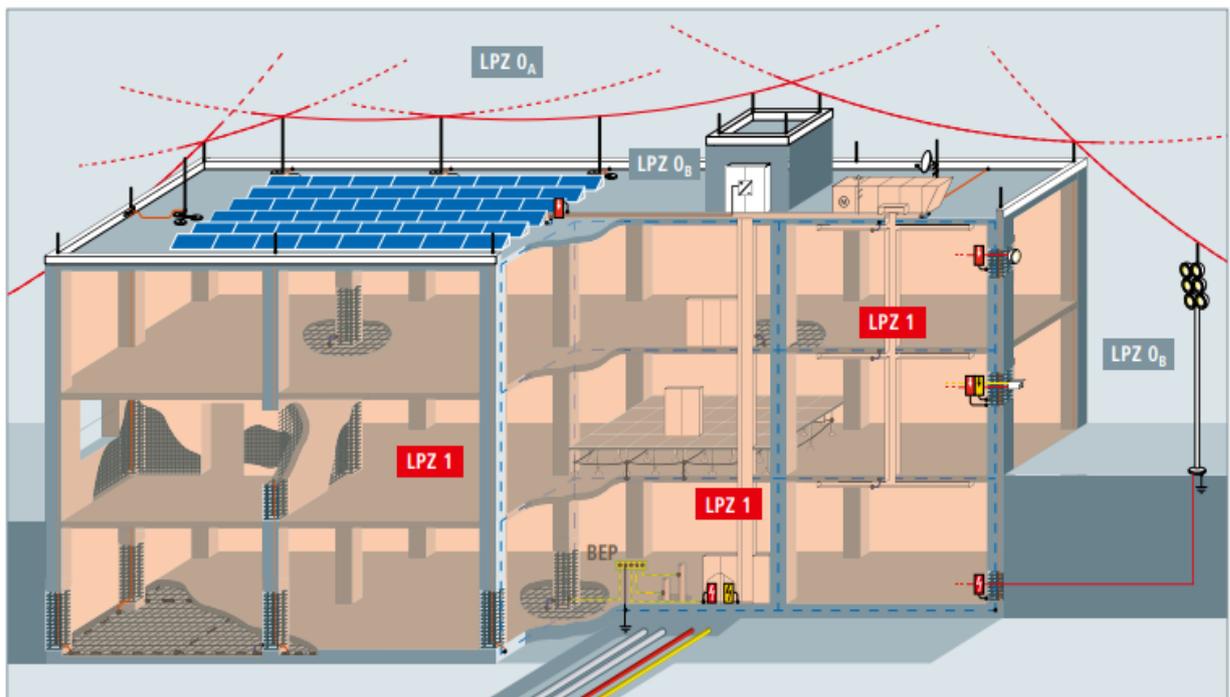


Figura 2.37. Zonas de protección infraestructura industrial  
Fuente: Dehn, 2010

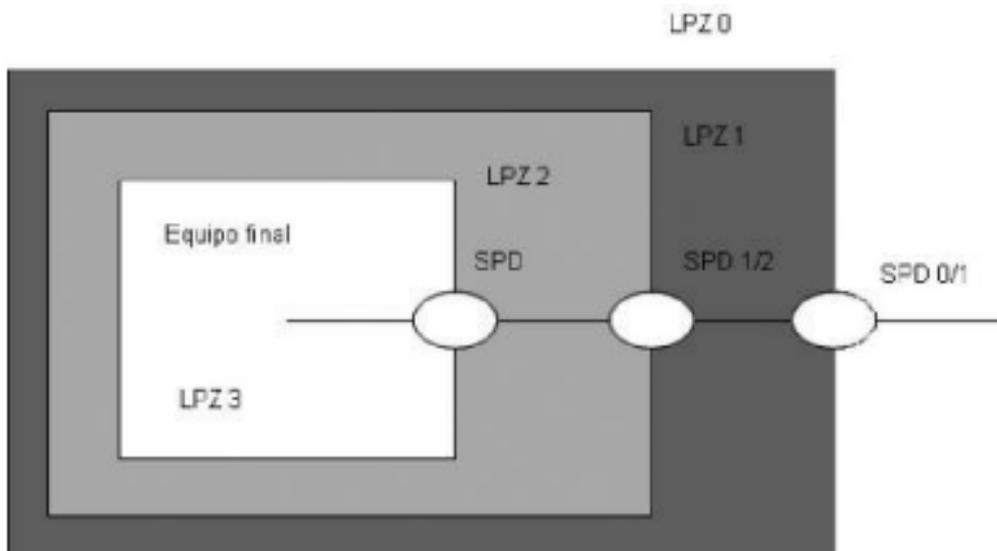


Figura 2.38. Zonas de protección según el rango  
Fuente: Dehn, 2010

### 2.5.3. Dispositivos de protección SPD

Las protecciones SDP son conocidos como protectores eléctricos o supresores de tensión, este dispositivo fue diseñado para proteger los equipos eléctricos de fluctuaciones de tensión como se observa en la figura 2.39. el principio de los SPD es regular el voltaje que aplica a un dispositivo enviando a tierra tensiones que superan el umbral bajo cumpliendo la normativa EN 61643-11 y EN 62305-4 basado en el concepto de zonas de protección contra descargas atmosféricas (Dehn, 2010).

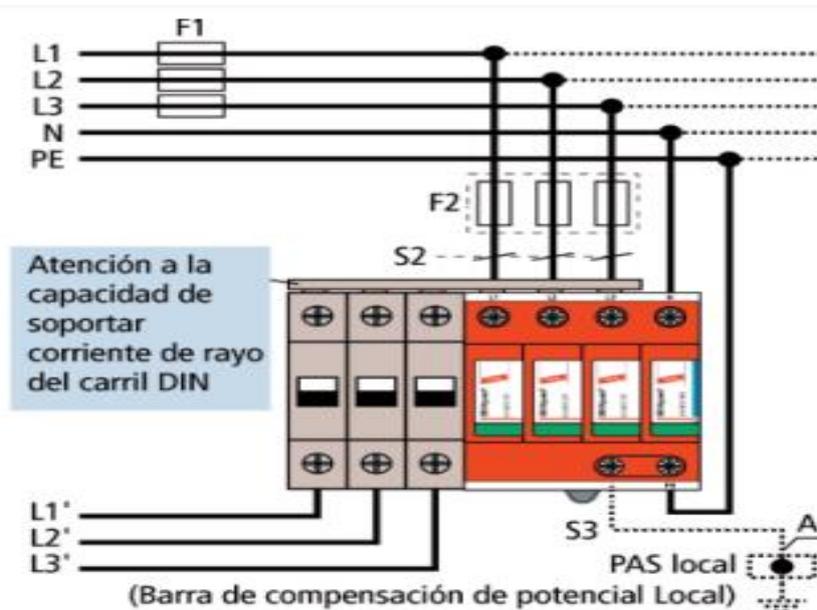


Figura 2.39. Protección contra sobretensiones SDP  
Fuente: Dehn, 2010

### 2.5.3.1. Principio de protección escalonada

El concepto de protección escalonada consiste en la protección total del sistema de baja tensión, este sistema de protección integra al sistema puesta a tierra, la protección contra descargas atmosféricas y protección contra perturbaciones de en la red que influyen en las variaciones de voltaje, la norma internacional EN 61643-11, secciona la solución para cada tipo de apartado que conforma el sistema eléctrico en baja tensión (Dehn, 2010). A continuación, la figura 2.40. muestra la clasificación de protección contra sobretensiones según el tipo de necesidad.

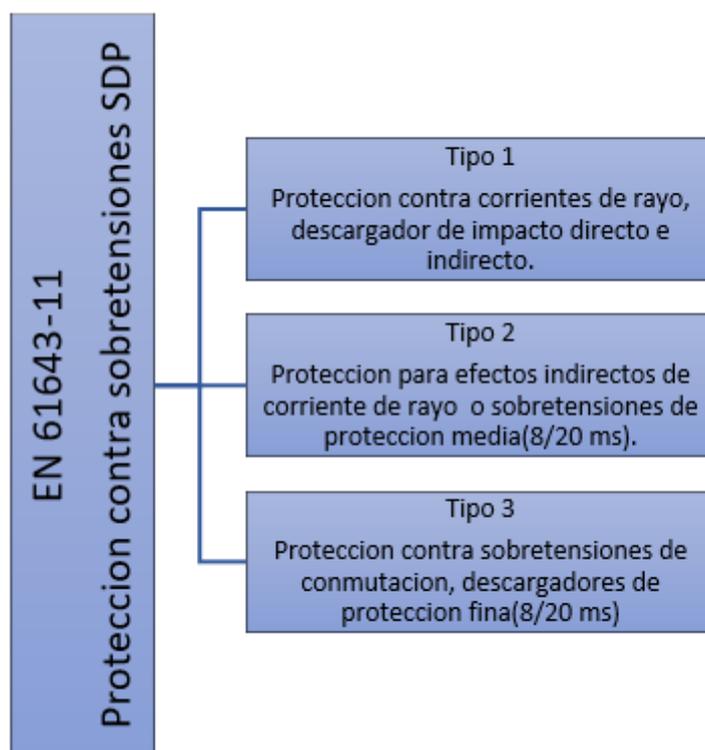


Figura 2.40. Estructura de protección contra sobretensiones SDP  
Fuente: Dehn, 2010

Se detalla el principio de cada SDP, según su aplicación, ubicación y se los clasifica de la siguiente manera:

**Las protecciones tipo 1:** son capaces de soportar la mayor parte de las corrientes de rayo. Estos dispositivos se instalan en la parte inicial de la acometida de baja tensión. El residual de corriente o perturbaciones eléctricas los protege los SPD tipo 2.

**Las protecciones tipo 2:** Esta destinado a la protección de las instalaciones eléctricas, instalado en paralelo al disyuntor principal, protege a los equipos y las instalaciones del impacto indirecto del rayo y las sobretensiones.

**Las protecciones tipo 3:** tienen como objeto la protección de los equipos finales estos son considerados como equipos críticos tales como equipos de telecomunicaciones, sistemas CCTV, dispositivos electrónicos.

#### 2.5.4. Elementos de protección para un sistema fotovoltaico

Los sistemas fotovoltaicos interconectados a la red cumplen el papel de generar y suministrar energía eléctrica a un predio, el sistema cuenta con protecciones térmicas y eléctricas sin embargo es necesario el acoplamiento de un sistema de protección contra descargas atmosféricas y puesta a tierra para garantizar la correcta operatividad de sus instalaciones y minimizar los riesgos al personal y al sistema.

(Dehn, 2010) Que el impacto de rayo en zonas cercanas sobre un módulo fotovoltaico puede cuásar sobretensiones en la red. Un impacto directo en los módulos puede generar la destrucción total o parcial de los componentes electrónicos en la instalación. La normativa IEC 60364-2-7 12 recomienda para instalaciones superiores a los 10KW e instalación con micro inversores la acumulación de un sistema escalonado de protección SDP tipo I, II, III en las diferentes etapas que conforma el sistema y un correcto aterrizamiento a tierra con una protección mínima permisible hasta 50 $\Omega$ . La Figura 2.41. muestra la coordinación de protecciones para un sistema robusto.



Figura 2.41. Zonas de protección según su rango  
Fuente: Dehn, 2010

- A. Descargadores de corriente de choque tipo I + II
- B. Descargador para línea de transmisión de datos tipo I + II
- C. Descargador DC hasta 1000V tipo I + II en salida de cadena fotovoltaica
- D. Descargador I + II para la acometida en baja tensión AC
- E. Barras equipotenciales para dar tierra aislada al ramal fotovoltaico e inversor
- F. Puntas captadoras y conexiones bimetálicas que interconectan al sistema puesta a tierra.

## CAPITULO III

### 3. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

#### 3.1. Análisis de la información

El capítulo III tiene como finalidad recopilar y analizar la información adquirida por el centro de investigación de larvas. La información esta adjunta en el capítulo de anexos. Este capítulo contendrá solamente información relevante que servirá para la etapa de diseño del proyecto; a continuación, se detalla archivos entregados por la entidad.

- Archivos y memorias técnicas
- Planos estructurales del predio
- Diagramas unifilares del predio
- Plano eléctrico del predio (ubicación de puntos eléctricos de interés)
- Detalle de los tableros eléctricos indicados
- Datos climatológicos

#### 3.2. Descripción de la zona

La empresa se dedica a actividades de productos de harina, balanceados y exportación de camarones, se encuentra ubicada en el Km 16.5 vía Duran – Tambo. El centro de investigación de larvas cuenta con un área de construcción de 160 mts<sup>2</sup>. El establecimiento se encuentra dividido en dos secciones dedicadas a la investigación y a la crianza de larvas de camarón. Como se muestra en la Figura 3.1. y tabla 3.1.



Figura 3.1. Ubicación de centro de investigación de larvas  
Fuente: Google Earth, 2022

Tabla 3.1. Coordenadas del centro de investigación de larvas

PROVINCIA	CANTÓN	AVENIDA	INTERSECCION
Guayas	Duran	Duran - Tambo	Delia
COORDENADAS			
UTM		17M631935mE	9756708 mS
		Latitud	Longitud
GD (grados decimales)		-2.002963°	-79.813554°
		Latitud	Longitud
GMS (grados, minutos, segundos)		2°12'02"55 S	79°48'48" O

Fuente: Autor

Según la delimitación del terreno el centro de investigación de larvas con coordenadas GSM 2°12'02"55 S y 79°48'48" O. De acuerdo la figura 3.1. cuenta con un área abierta libre de sobras. Para la implementación de una micro red.

### 3.3. Información de la empresa

Alimentsa es una empresa acuícola multinacional dedicada a la elaboración y comercialización productos saludables y de gran sabor mediante la cría de pescado y camarón. La empresa cuenta con numerosas instalaciones de investigación (Alimentsa, 2018).

#### 3.3.1. Objetivos de la empresa

Desarrollar y ofrecer soluciones a la alimentación eficiente, sustentable y saludable.

#### 3.3.2. Principios de la empresa

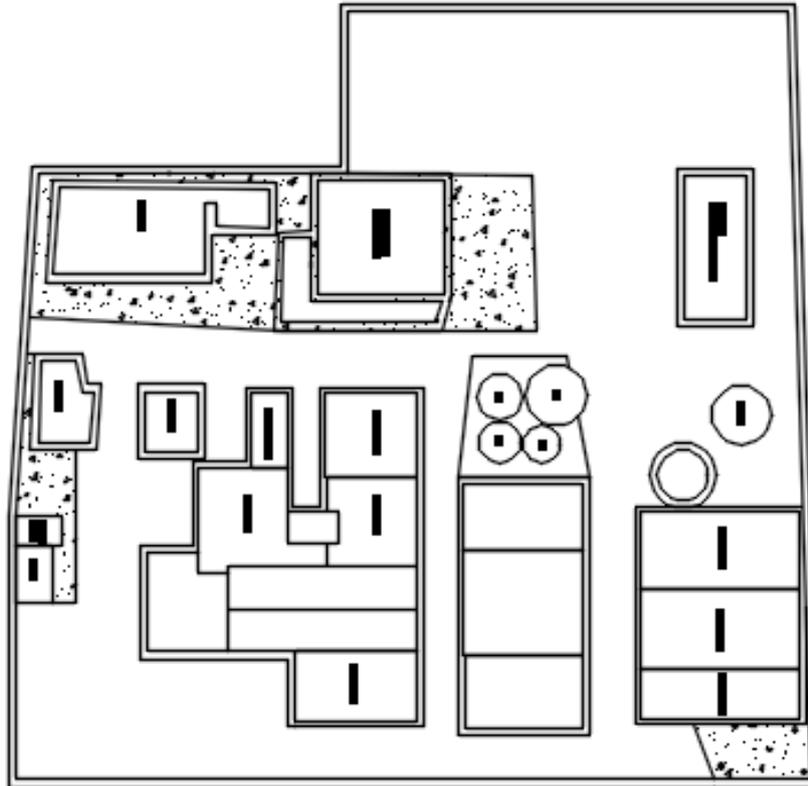
**Innovación:** promover investigaciones con la finalidad de mejorar la agilidad y flexibilidad de los productos.

**Cooperación:** promover actividades para trabajar en equipo en función a los objetivos de la empresa.

**Sustentabilidad:** mejorar la sustentabilidad de las actividades de cultivo con materia prima bajo los más altos estándares de calidad.

**Rendimiento:** gestionar de sistemas completos para asegurar una producción más eficiente y responsable.

### 3.4. Plano estructural de la empresa



*Figura 3.2. Plano arquitectónico de la industria  
Fuente: Autor*

La figura 3.2., muestra el plano arquitectónico de la empresa y sus respectivos departamentos donde en el lado superior derecho se encuentra el centro de investigación de larvas. Se puede apreciar que este centro de investigación se encuentra en un espacio libre de sombras, apartado de las industrias y el área de despacho.

### 3.5. Detalle climatológico

La tabla 3.2. Muestra los datos meteorológicos obtenidos mediante software MERRA-2. La tabla muestra los pronósticos climáticos con una precisión de 10% obtenido por satélite. Los parámetros evaluados son: velocidad de viento, rango de temperatura y radiación difusa promedio.

Tabla 3.2. Datos climáticos Centro de investigación de larvas

Datos climáticos													
Latitud	-21997960095981700,00	Periodo		2015	Elevación	64.6	Software: (MERRA-2 y SRB/CERES)						
Longitud	-798131176312149,00			2022	Presión	14.6							
Parámetro	Sub parámetros	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Juni	Juli	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Viento	Viento promedio	3.6	3.6	3	2.7	2.7	3	3.4	3.7	4.1	4.3	4.2	4.2
Rango de temperatura diaria	MDBR	11.6	9	8.1	9.8	11.6	13.4	15.1	16.4	16.1	15.1	14.3	13.4
	MCDBR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	MCWBR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	MCDBR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	MCWBR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Parámetro	Sub parámetros	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Juni	Juli	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Irradiación del sol del cielo despejado	Taub	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ruidoso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ebn. Medio día	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Edn. Medio día	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Parámetro	Sub parámetros	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Juni	Juli	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Radiación solar en todo el cielo	Radiación promedio	3.87	3.82	3.87	4.18	3.77	3.5	3.45	3.97	4.12	3.94	4.12	3.91
	Radiación STD	0.74	0.66	0.7	0.72	0.6	0.63	0.66	0.73	0.8	0.73	0.88	0.73

Fuente: NASA,2012

### 3.6. Demanda eléctrica

La demanda fue determinada mediante el levantamiento de información con archivos 2017. La Figura 3.3., muestra el diagrama unifilar eléctrico que presenta el centro de investigación. Cuenta con un transformador de 75 KVA tipo Pad-mounted el cual alimenta a un tablero TD-01, 3F-220V con una capacidad de 45 KW. El sub-tablero TD1-01, 3F-220V da servicio eléctrico a bombas y aireadores. El sistema cuenta con un grupo electrógeno de 18 KW Stand by operado por una transferencia automática como sistema de respaldo de energía para las cargas consideradas como críticas.



Para poder evaluar la implementación de una Microred fotovoltaica se solicitó las lecturas mensuales obtenidas durante 12 meses con la finalidad de conocer el consumo promedio. La tabla 3.3., muestra el consumo energético del establecimiento evaluado en el periodo 2021. Los registros fueron tomados mediante analizador Lovato DMG600.

*Tabla 3.3. Consumo de energía anual*

<b>Consumo de energía promedio centro de investigación</b>	
<b>Mes</b>	<b>Consumo de energía (kW/h)</b>
Enero	4611.1
Febrero	5627.38
Marzo	5715.00
Abril	6426.05
Mayo	5596.78
Junio	7351.6
Julio	7614.5
Agosto	7702.01
Septiembre	7675.9
Octubre	7204.99
Noviembre	7314.56
Diciembre	7486.89
<b>Total (2021)</b>	<b>80326.76</b>
<b>Promedio (2021)</b>	<b>6693.89</b>

*Fuente: Lovato DMG600 Editado por: Autor*

## CAPITULO IV

### 4. DISEÑO DE MICRORED FOTOVOLTAICA

#### 4.1 Datos climatológicos

La tabla 4.1., presenta el detalle de la radiación promedio situada en las ciudades de la región Costa – Ecuador. Los datos meteorológicos serán de carácter importante para poder obtener la irradiancia promedio del proyecto.

*Tabla 4.1. Radiación promedio en provincias de la costa*

REGION	PROVINCIA	CIUDAD	LATITUD		RADIACION PROMEDIO
COSTA	LOS RIOS	Babahoyo (I. María)	1.82	S	3,78
COSTA	MANABI	Bahía de Caráquez	0.60	S	4,02
COSTA	MANABI	Boyacá	0.57	S	3,75
COSTA	MANABI	Camposano	1.58	S	4,12
COSTA	MANABI	Flavio Alfaro	0.40	S	3,49
COSTA	GUAYAS	Guayaquil	2.20	S	4,37
COSTA	GUAYAS	Guayaquil-Aeropuerto	2.20	S	4,14
COSTA	GUAYAS	Isabel María	1.80	S	3,54
COSTA	MANABI	Jama	0.20	S	3.8
COSTA	MANABI	Julcuy	1.47	S	4.15
COSTA	LOS RIOS	La Clementina	1.67	S	3.63
COSTA	MANABI	La Naranja	1.37	S	3.62
COSTA	MANABI	La Naranja-Jipijapa	1.37	S	3.31
COSTA	EL ORO	Machala	3.27	S	4.30
COSTA	MANABI	Manta	0.95	S	4.39
COSTA	GUAYAS	Milagro	2.15	S	3.84
COSTA	MANABI	Olmedo Manabí	1.38	S	3.75
COSTA	EL ORO	Pasaje	3.32	S	3.59
COSTA	MANABI	Pedernales	0.07	S	3.79
COSTA	LOS RIOS	Pichilingue	1.10	S	3.71
COSTA	MANABI	Portoviejo	1.07	S	4.16
COSTA	EL ORO	Puerto Bolívar	3.35	S	4.30
COSTA	MANABI	Puerto López	1.57	S	3.87
COSTA	ESMERALDAS	Quinindé	0.33	S	3.66
COSTA	SANTA ELENA	Salinas	2.18	S	4.36
COSTA	SANTA ELENA	Salinas-La Puntilla	2.20	S	3.92
COSTA	GUAYAS	San Carlos	2.28	S	3.54
COSTA	ESMERALDAS	San Lorenzo	1.28	N	3.86
COSTA	EL ORO	Santa Rosa	3.45	S	3.66
COSTA	SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	Santo Domingo	0.23	S	3.44
COSTA	GUAYAS	Taura	2.33	S	3.71
COSTA	MANABI	Mutile	0.08	N	3.86

*Fuente: Atlas solar, 2014*

El proyecto se encuentra situado en la ciudad de guayaquil con latitud -2.2006 Sur, longitud -79.8135 Este. La tabla 4.1., nos indica que podemos tener una irradiancia

promedio de 3.54Wh/m<sup>2</sup>dia. Para validar la precisión de los datos adquiridos se toma la información de irradiancia difusa promedio anual mediante software Power Data Access proporcionado por la página de la NASA.

Tabla 4.2. Irradiación difusa promedio anual

**Tabla de irradiación difusa promedio anual**

Cantidad	Meses	Radiación (Wh/m <sup>2</sup> dia)
1	Enero	4.09
2	Febrero	3.76
3	Marzo	3.42
4	Abril	3.50
5	Mayo	3.28
6	Junio	3.02
7	Julio	3.13
8	Agosto	2.90
9	Septiembre	3.35
10	Octubre	3.35
11	Noviembre	3.35
12	Diciembre	3.39

Fuente: NASA, 2012

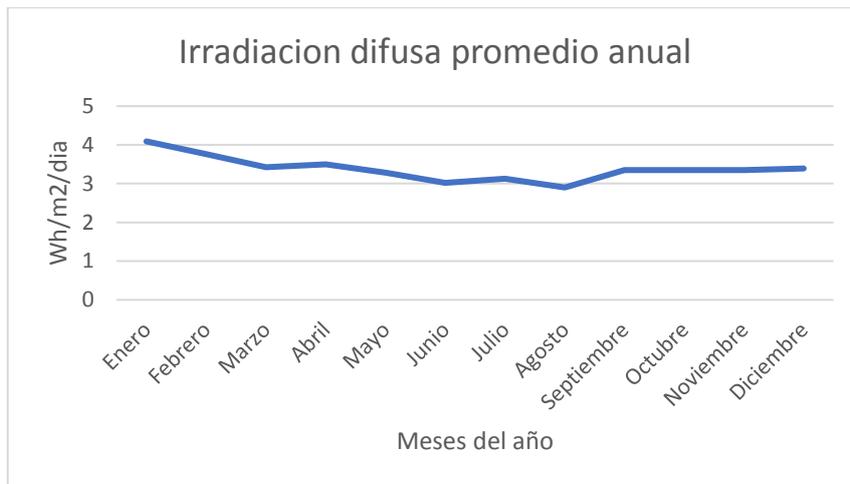


Figura 4.1. irradiación difusa promedio anual

Fuente: NASA, 2012

Los datos climatológicos fueron adquiridos mediante transmisión satelital de la NASA. En la figura 4.1., y tabla 4.2., presenta los parámetros de irradiancia difusa promedio tomando los valores máximos y mínimos alcanzados en el período 2019 -2021, se puede observar que el mes de enero irradiancia difusa haciende hasta 4.09 KWh/m<sup>2</sup>dia y mes de agosto la irradiancia disminuye hasta 2.9 KWh/m<sup>2</sup>dia. La irradiancia difusa anual de 40.54 KWh/m<sup>2</sup>dia y la irradiancia promedio mensual de 3.37 KWh/m<sup>2</sup>dia.

## 4.2. Criterios para la selección de Microred fotovoltaica

El capítulo 3 recopiló la información necesaria para poder realizar el cálculo teórico de los elementos que corresponden al sistema fotovoltaico. Tomando los parámetros de consumo mensual promedio y horas sol pico se determinará la potencia fotovoltaica.

La ecuación 4.1., muestra la fórmula para obtener consumo promedio diario de la siguiente manera.

*Ecuación 4.1. Consumo mensual*

$$\begin{aligned} \text{Consumo Mensual}_{(\text{promedio})} &= 6693.89 \text{ kW/h} \\ \text{Consumo diario}_{(\text{promedio})} &= \frac{\text{Consumo mensual promedio kW/h}}{30 \text{ dias}} \\ \text{Consumo diario}_{(\text{promedio})} &= 223,12 \text{ kW/h} \end{aligned} \quad (4.1)$$

La irradiancia difusa promedio anual de acuerdo a la tabla 4.2. es la siguiente:

$$\text{Radiacion difusa}_{(\text{promedio})} = 3.37 \text{ kWh/m}^2$$

Para obtener las horas sol pico se toma la irradiación difusa promedio evaluada en el sitio dividido para la irradiancia efectuado mediante la ecuación 4.2.

*Ecuación 4.2. Horas sol pico*

$$\begin{aligned} \text{HSP} &= \frac{\text{Radiacion difusa} \left( \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \right)}{1 \text{ Kw/m}^2} \\ \text{HSP} &= \frac{3.37 \text{ kWh/m}^2}{1 \text{ Kw/m}^2} = 3.37 \text{ h} \end{aligned} \quad (4.2)$$

El tamaño de sistema solar fotovoltaico se evalúa mediante la ecuación 4.3, donde el consumo diario promedio sobre el número de horas donde la captación solar es constante, obteniendo el siguiente resultado:

*Ecuación 4.3. Potencia fotovoltaica*

$$\begin{aligned} \text{Potencia Fotovoltaica} &= \frac{\text{Consumo diario}}{\text{Horas sol pico}} \\ \text{Potencia Fotovoltaica} &= \frac{223,12 \text{ kW/h}}{3.37 \text{ h}} = 66,21 \text{ kW} \end{aligned} \quad (4.3)$$

Se estimó que la potencia fotovoltaica fue 66.21kW. Con este parámetro se estimar el número de módulos solares fotovoltaicos mediante la ecuación 4.4., obteniendo el siguiente resultado:

*Ecuación 4.4. Numero de módulos fotovoltaicos*

$$No. Modulos = \frac{Potencia Fotovoltaica}{Potencia de modulo} \quad (4.4)$$

$$No. Modulos = \frac{66,21kW}{400W} = 165.52 unidades$$

Para la selección del inversor se utiliza la ecuación 4.5., donde se toma en cuenta la potencia fotovoltaica y se lo multiplica por un 30% que será la reserva para poder operar dentro de los parámetros de carga.

*Ecuación 4.5. Potencia del inversor*

*Potencia fotovoltaica al 66,21kW*

$$Potencia del inversor = Potencia fotovoltaica \times reserva \quad (4.5)$$

$$Potencia del inversor = 66,21 \times 1.30 = 87.10 kW$$

#### 4.2. Selección de Microred fotovoltaica mediante software PVsyst

Como primera etapa se selecciona el tipo de sistema fotovoltaico al cual se va a trabajar, se le asigna Nombre como lo muestra la figura 4.2.

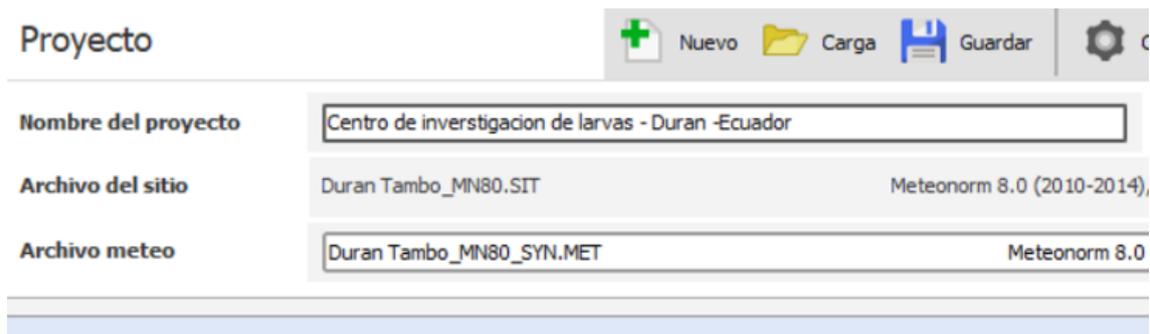


Figura 4.2. Creación de proyecto interconectado a la red  
Fuente: Autor

Una vez asignado el nombre del proyecto el software pedirá la localidad del predio, para ello se utiliza las coordenadas obtenidas en el capítulo 3 donde se ingresa la latitud y longitud. Como lo podemos observar en la figura4.3.

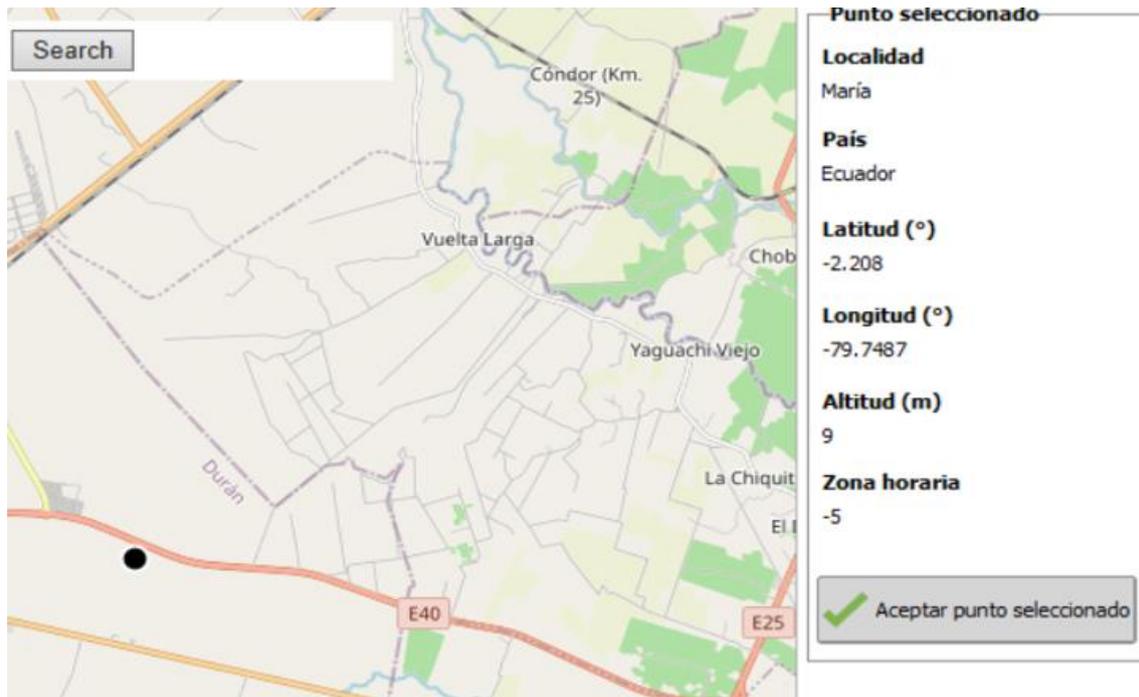


Figura 4.3. Ubicación del proyecto por GPS  
Fuente: Autor

La figura 4.4, muestra los datos climatológicos proporcionados por el software con ayuda de la base de datos Meteo 8.0 desde el periodo 2010 hasta el periodo 2014. Cabe recalcar que se tomara este tiempo por ser una simulación donde la irradiación difusa global promedio es 4.01 KWh/m<sup>2</sup>/día y la irradiancia difusa horizontal 2.39 KWh/m<sup>2</sup>/día.

	<b>Irradiación horizontal global</b> kWh/m <sup>2</sup> /día	<b>Irradiación difusa horizontal</b> kWh/m <sup>2</sup> /día	<b>Temperatura</b> °C	<b>Velocidad del viento</b> m/s	<b>Turbidez Linke</b> [-]	<b>Humedad relativa</b> %
Enero	4.17	2.29	26.6	1.30	4.365	70.9
Febrero	4.31	2.73	26.5	1.00	4.190	76.7
Marzo	4.70	2.82	27.0	1.08	4.246	74.8
Abril	4.86	2.46	26.7	1.19	4.702	74.9
Mayo	4.47	2.28	26.4	1.51	4.630	72.1
Junio	3.78	2.11	24.8	2.10	4.159	73.7
Julio	3.83	2.35	24.5	2.40	3.938	71.5
Agosto	3.87	2.32	24.1	2.80	4.162	71.0
Septiembre	4.06	2.47	24.1	2.89	4.691	70.5
Octubre	3.01	2.18	24.5	2.80	4.872	69.0
Noviembre	3.07	2.25	24.7	2.70	5.006	69.0
Diciembre	4.06	2.48	26.5	2.20	5.276	64.6
<b>Año</b>	<b>4.01</b>	<b>2.39</b>	<b>25.5</b>	<b>2.0</b>	<b>4.520</b>	<b>71.6</b>

**Irradiación horizontal global variabilidad año a año 6.8%**

Figura 4.4. Datos climatológicos  
Fuente: Autor

La figura 4.5., muestra la selección de la orientación del modulo fotovoltaico donde se selecciono el angulo de inclinacion en  $12^\circ$  para minimizar las perdidas en 0%. Se tomo como tipo de campo la inclinacion en plano fijo ya que ña ubicación donde esta situado el predio se encuentra libre de sombras lo que favorece la incinacion fija.

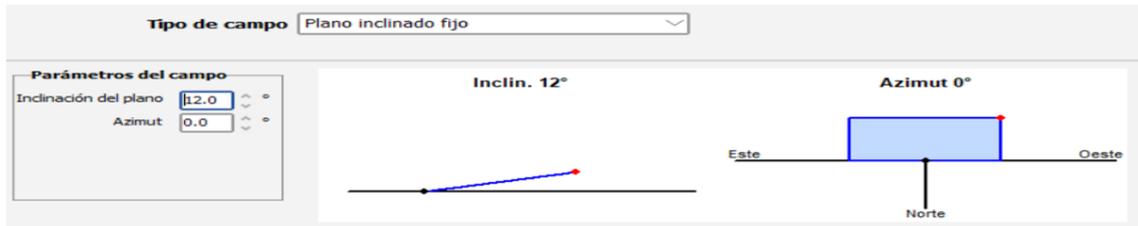


Figura 4. 5. Angulo de inclinación en módulos fotovoltaicos  
Fuente: Autor



Figura 4. 6. Angulo de inclinación en módulos fotovoltaicos  
Fuente: Autor

Las figuras 4.5., y 4.6., muestra la configuración del arreglo fotovoltaico, esta ventana selecciona la configuración más óptima de acuerdo a la potencia inyectada al sistema. La potencia pico adquirida para el arreglo fotovoltaico es 66.21 KW por tanto la potencia inyectada al sistema será sobredimensionada en 80 KW.

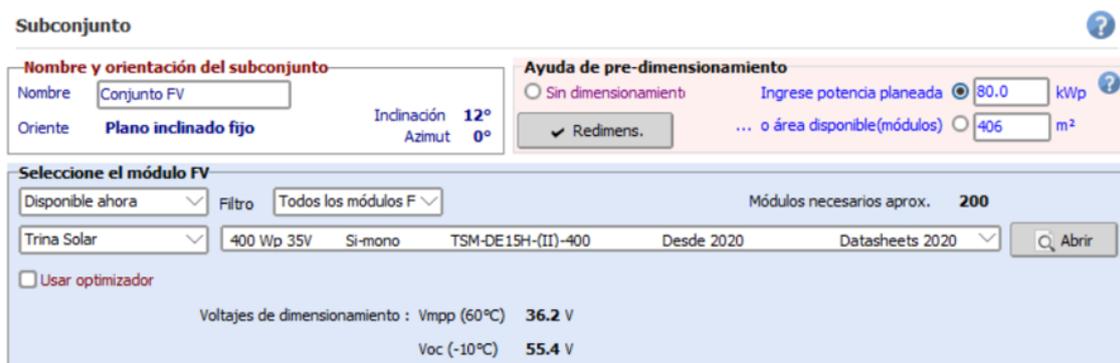


Figura 4. 7. Selección de componentes del sistema fotovoltaico  
Fuente: Autor

La figura 4.7., se selecciona la potencia del módulo fotovoltaico. En los criterios de selección se indicó que los módulos a utilizar serán de 400 W con un arreglo de 14 módulos en serie y 14 en paralelo y un sistema compuesto por 196 módulos.

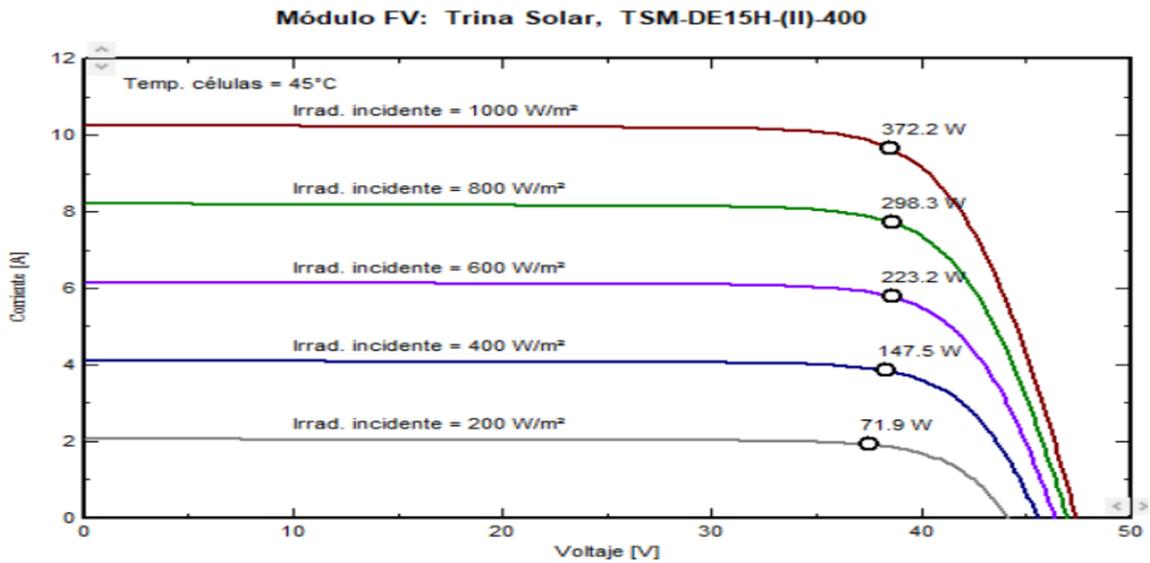


Figura 4. 8. Curva de rendimiento modulo solar en función al voltaje y corriente  
Fuente: Autor

En la figura 4.7., se puede observar el comportamiento del panel solar en función del voltaje y corriente de operación. Con una irradiación de  $1000\text{W/m}^2$  el panel baja su eficiencia obteniendo una potencia de  $372.2\text{W}$  con niveles operativos de corriente  $10\text{A}$  y voltaje de  $37.2\text{V}$ .

Selección de parámetros del inversor:

- Disponibilidad: Disponible ahora
- Voltaje de salida: 400 V Tri 50Hz
- Frecuencia: 50 Hz, 60 Hz
- Proveedor: Power Electronics
- Modelo: 100 kW 450 - 820 V Trnsfo 50/60 Hz FreeSun FS0100 LVT
- Desde: Desde 2010
- Núm. de inversores: 1
- Voltaje de funcionamiento: 450-820 V
- Poder global inversor: 100.0 kWca
- Voltaje máximo de entrada: 900 V

Figura 4.9. Parámetros de selección del inversor  
Fuente: Autor

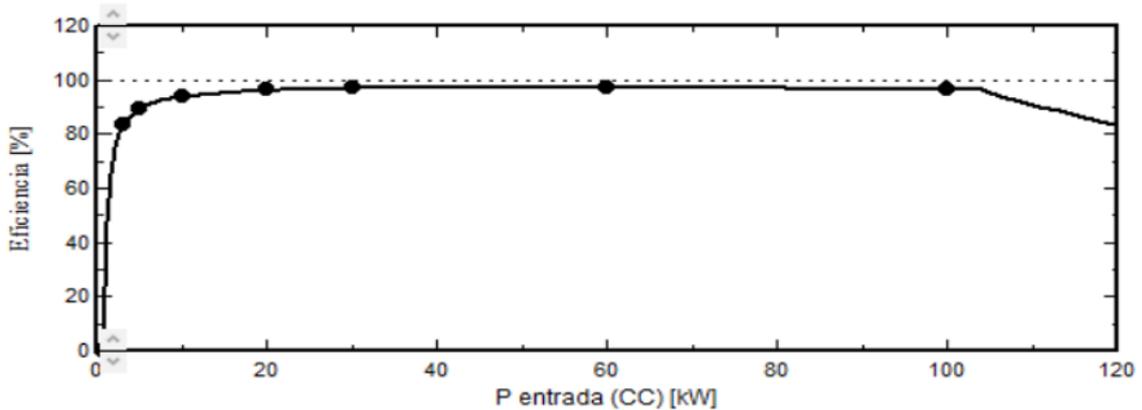


Figura 4.10. Parámetros de eficiencia inversor  
Fuente: Autor

Las figuras 4.9., y 4.10., muestran la selección del inversor y la curva de eficiencia en función a la potencia de entrada. De acuerdo a los criterios de selección el inversor se consideró con potencia de  $87.1\text{KW}$ . Sin embargo, el software cuenta para esta capacidad

con un inversor centralizado de 100kW en configuración trifásica y una eficiencia de 97%.

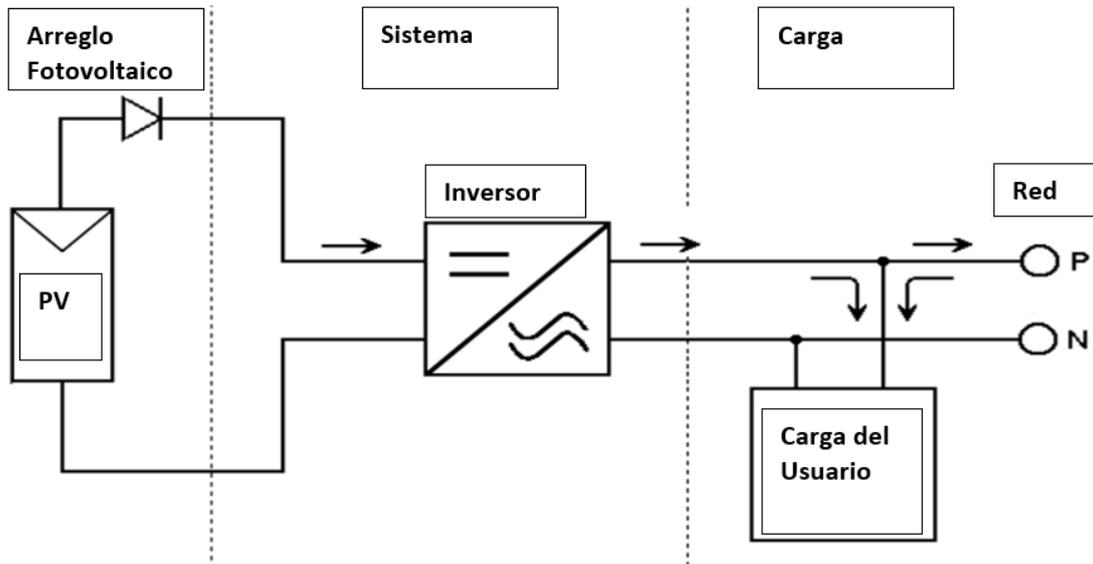


Figura 4.11. Arreglo de sistema fotovoltaico interconectado a la red  
Fuente: Autor

La figura 4.11., muestra un diagrama de bloques simplificado de la Microred fotovoltaica interconectada a la red con sus respectivos componentes. La información arrojada por el software PVsyst se encontrará en el capítulo de anexos.

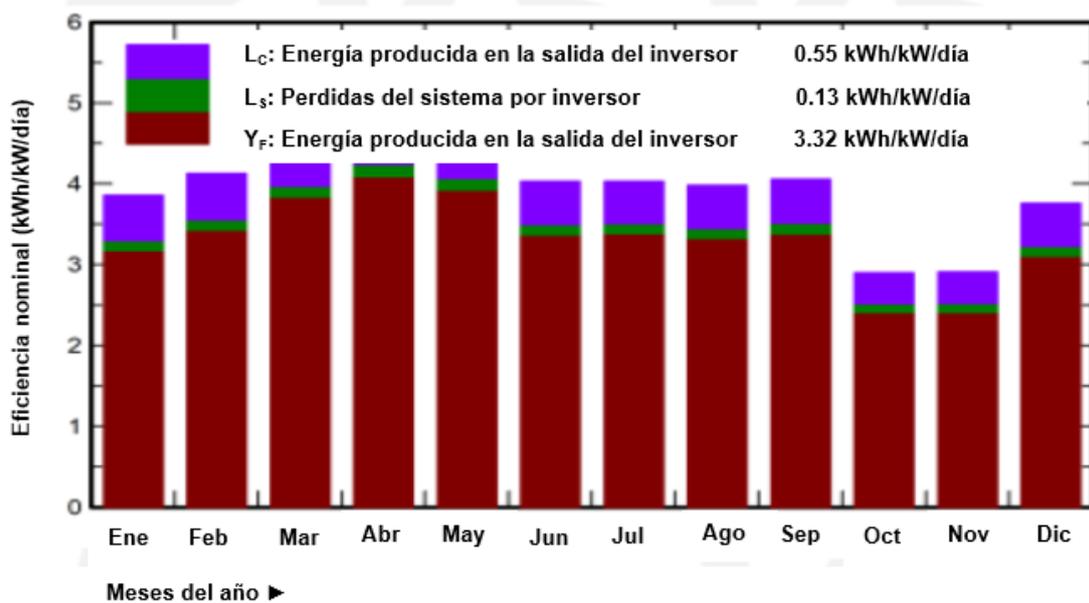


Figura 4.12. Diagrama de bloques generación de energía inyectada a la red  
Fuente: Autor

La figura 4.12., muestra el aprovechamiento de energía en el sistema donde podemos indicar los siguientes parámetros:

- **Barra de color morado:** Pérdida del arreglo fotovoltaico
- **Barra de color verde:** Pérdidas del sistema
- **Barra de color rojo:** Energía entregada a las cargas

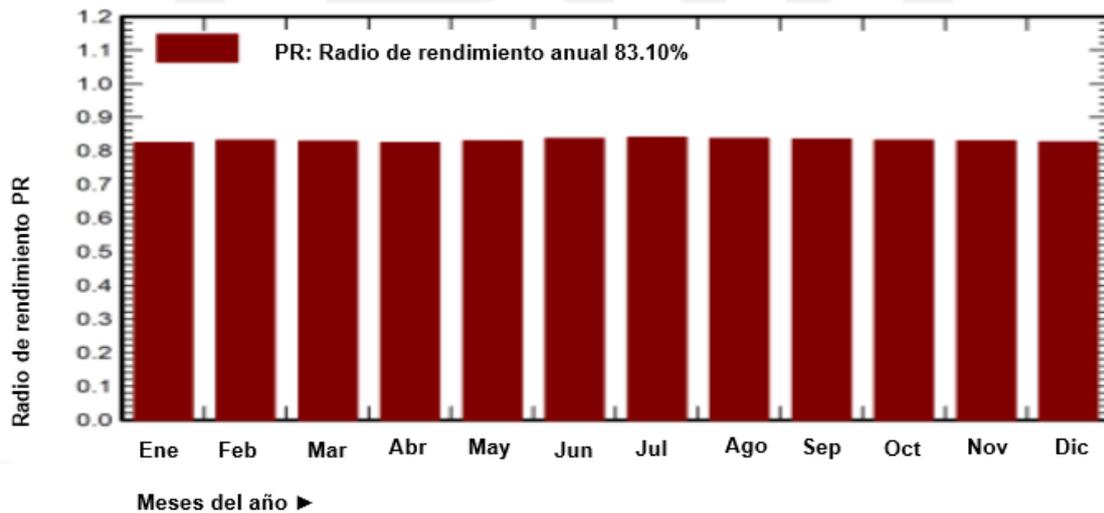


Figura 4.13. Rendimiento anual del sistema fotovoltaico  
Fuente: Autor

La figura 4.13., muestra el rendimiento anual del sistema obteniendo un modelo bastante constante con una eficiencia promedio de 83% en función a la generación de energía. La barra de color rojo muestra la energía disponible.

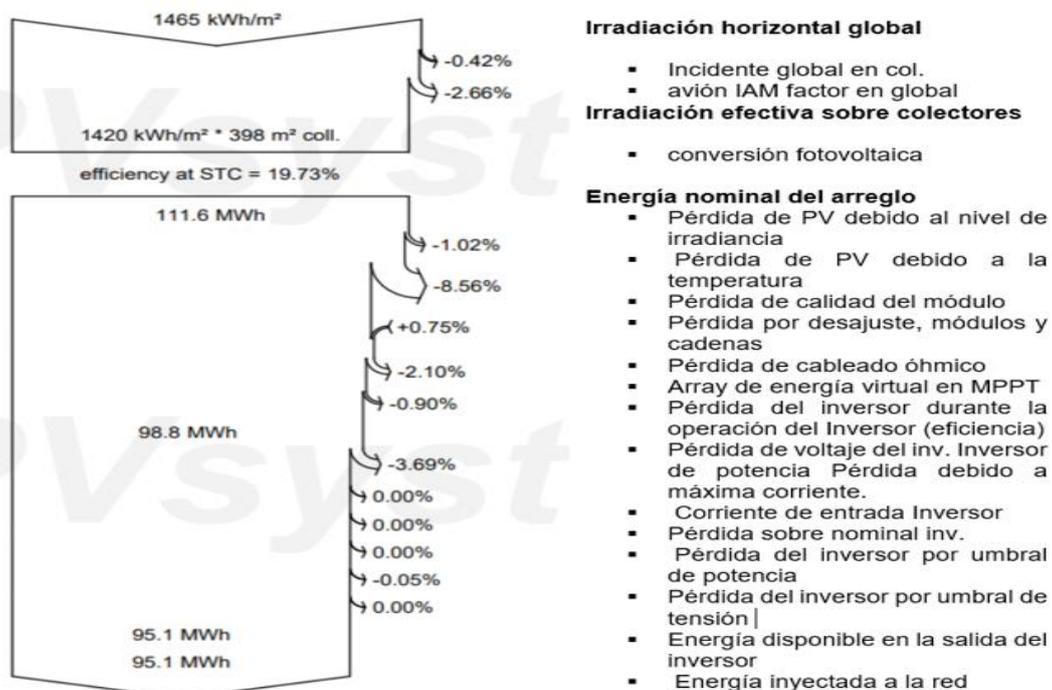


Figura 4.14. Energía inyectada y pérdidas del sistema  
Fuente: Autor

La Figura 4.14., muestra las pérdidas obtenidas en el sistema fotovoltaico con el objeto de optimizar el sistema. Las pérdidas se encuentran segmentadas en pérdidas por orientación, radiación, inclinación del módulo fotovoltaico, sobras, la impedancia del cableado y su sistema de almacenamiento (Armijos & Cabrera, 2020).

Tabla 4.3. Balances y resultados del sistema

Meses	R. Global	R. Difusa	Temperatura	R. Global efi	Energía Entregada	Energía a real	PR
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	°C	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh	Porción
Enero	129.2	70.85	26.61	119.6	8007	7702	0.821
Febrero	120.7	76.51	26.45	115.5	7791	7509	0.829
Marzo	145.8	87.44	27.00	143.6	9632	9298	0.836
Abril	145.7	73.91	26.68	149.0	9940	9595	0.821
Mayo	138.6	70.63	26.41	146.8	9862	9513	0.837
Junio	113.5	63.20	24.77	120.9	8212	7909	0.834
Julio	118.8	72.82	24.46	124.9	8518	8208	0.838
Agosto	120.1	72.02	24.12	123.3	8372	8064	0.834
Septiembre	121.7	74.06	24.13	121.6	8246	7937	0.832
Octubre	93.2	67.45	24.52	89.9	6122	5851	0.830
Noviembre	92.1	67.37	24.67	87.3	5930	5668	0.828
Diciembre	125.9	76.79	26.54	116.6	7836	7531	0.824
<b>Año</b>	<b>1465.3</b>	<b>873.23</b>	<b>25.53</b>	<b>1459.2</b>	<b>98468</b>	<b>94784</b>	<b>0.829</b>

Fuente: Autor

La Tabla 4.3., muestra resultados obtenidos por el sistema propuesto se evidencia que la energía inyectada a la red anual es de 94,474 kWh y en los meses de marzo, abril y mayo existe mayor radiación solar ya que en Ecuador son los meses en que termina el invierno, en el mes de noviembre se estimada energía inyectada a la red de 5688kWh sin embargo está dentro de los parámetros que necesita el sistema sin necesidad de requerir de energía faltante por la red eléctrica.

Tabla 4.4. Horas sol pico aprovechables por el sistema

	horas aprovechables												
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Enero	0	179	436	767	956	982	1048	1047	903	713	453	169	1
Febrero	0	161	458	743	934	1024	1032	979	873	693	443	169	0
Marzo	0	235	598	891	1168	1255	1275	1198	1054	850	570	204	0
Abril	0	276	648	950	1192	1279	1328	1255	1084	863	544	177	0
Mayo	0	320	687	965	1180	1269	1281	1222	1066	834	526	161	0
Junio	0	232	514	766	990	1070	1065	984	924	718	480	167	0
Julio	0	227	534	803	1021	1099	1142	1076	964	733	447	162	0
Agosto	1	227	534	796	978	1075	1082	1064	944	728	474	160	0
Septiembre	3	263	560	800	1026	1074	1065	1034	900	692	393	128	0
Octubre	12	256	493	620	712	754	724	719	698	508	290	65	0
Noviembre	13	196	414	584	736	788	776	760	648	440	257	54	0
Diciembre	8	233	510	768	957	1101	1065	1017	831	627	327	87	0
<b>Año</b>	<b>38</b>	<b>2805</b>	<b>6436</b>	<b>9453</b>	<b>11849</b>	<b>12771</b>	<b>12882</b>	<b>12354</b>	<b>10890</b>	<b>8398</b>	<b>5205</b>	<b>1703</b>	<b>1</b>

Fuente: Autor

La tabla 4.4., muestra que en horarios diurnos desde las 7:00 am hasta las 17:00 pm el sistema propuesto trabaja mediante la inyección de energía eléctrica mediante los módulos fotovoltaicos con un total de 11 horas disponibles. El pico más alto de radiación solar comienza desde las 10:00 am hasta las 14:00 pm con un total de 5 horas donde el sistema fotovoltaico inyectara a la red el 100% de energía proyectada superando a la demanda de energía.

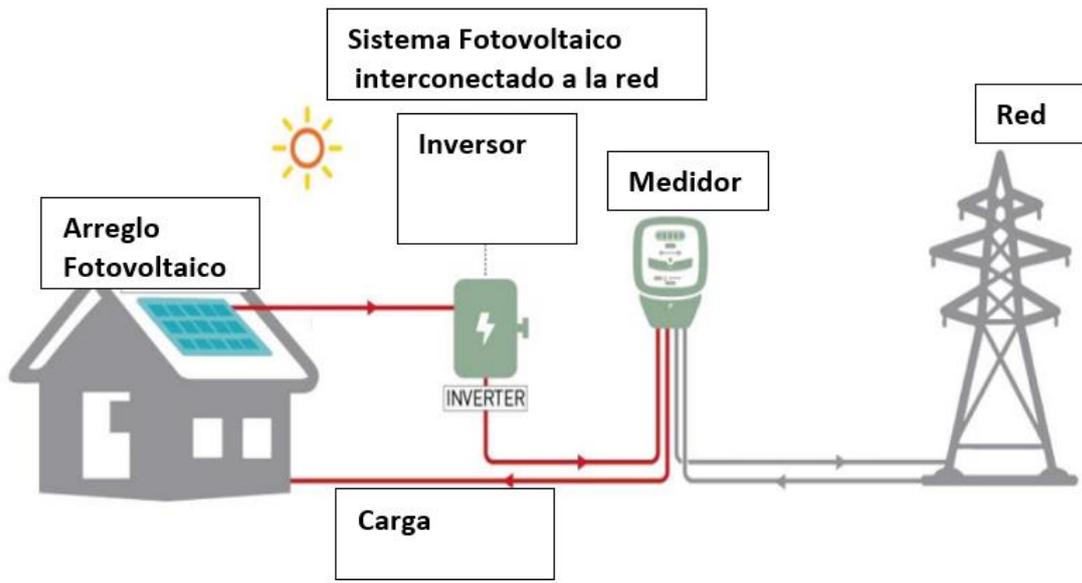


Figura 4. 15. Esquema final de Microred fotovoltaica interconectada a la red  
Fuente: Autor

La Figura 4.15., muestra los componentes propuestos mediante el software PVsyst para el sistema interconectado a la red. El sistema incluye 170 módulos fotovoltaicos con capacidad de 455 W monocristalinos, el inversor centralizado con potencia de 100 KW – 1100Vdc.

Tabla 4. 5. Especificaciones técnicas del módulo solar

Tipo de modulo:	BMS435		BMS440		BMS445		BMS450		BMS455	
Potencia maxima (W)	435	324	440	328	445	332	450	335	455	339
Voltaje Operativo (V)	40.30	37.60	40.50	37.80	40.70	38.00	40.90	37.82	41.10	38.40
Corriente Operativa (A)	10.80	8.62	10.87	8.67	10.94	8.73	11.01	8.78	11.08	8.84
Voltaje Cortocircuito (V)	49.00	45.60	49.20	45.80	49.40	46.00	49.60	46.20	49.80	46.40
Corriente Cortocircuito (A)	20.00	9.15	11.40	9.20	11.47	9.26	11.54	9.32	11.61	9.37
Eficiencia (%)	20.00		20.20		20.40		20.70		20.90	

Fuente: Autor

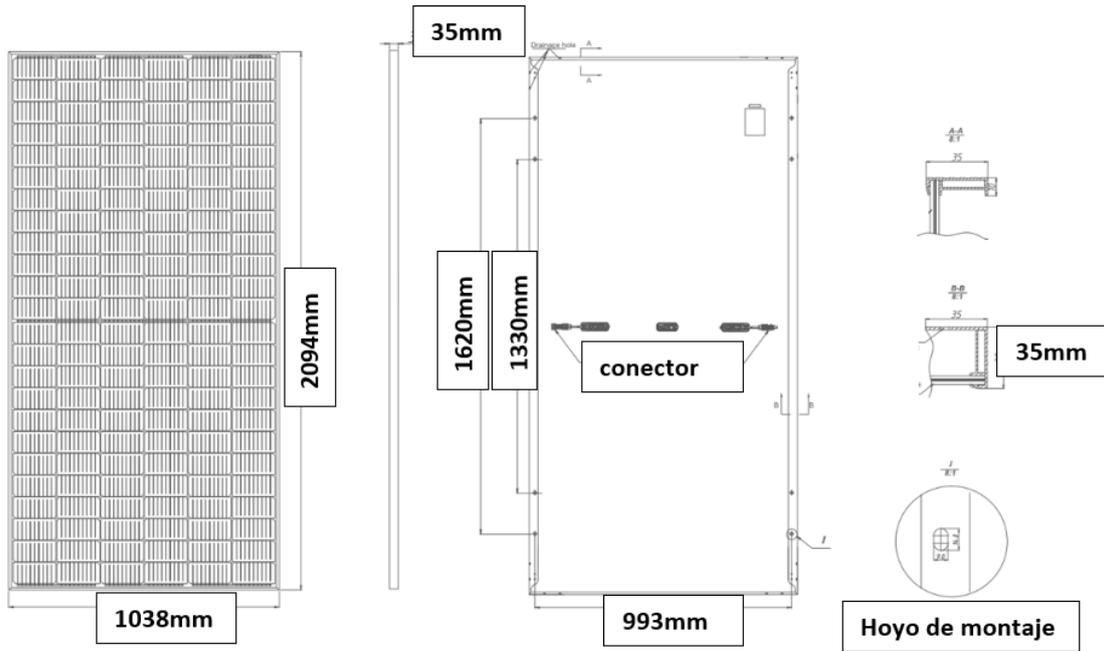


Figura 4.16. Dimensiones modulo fotovoltaico monocristalino  
Fuente: Autor

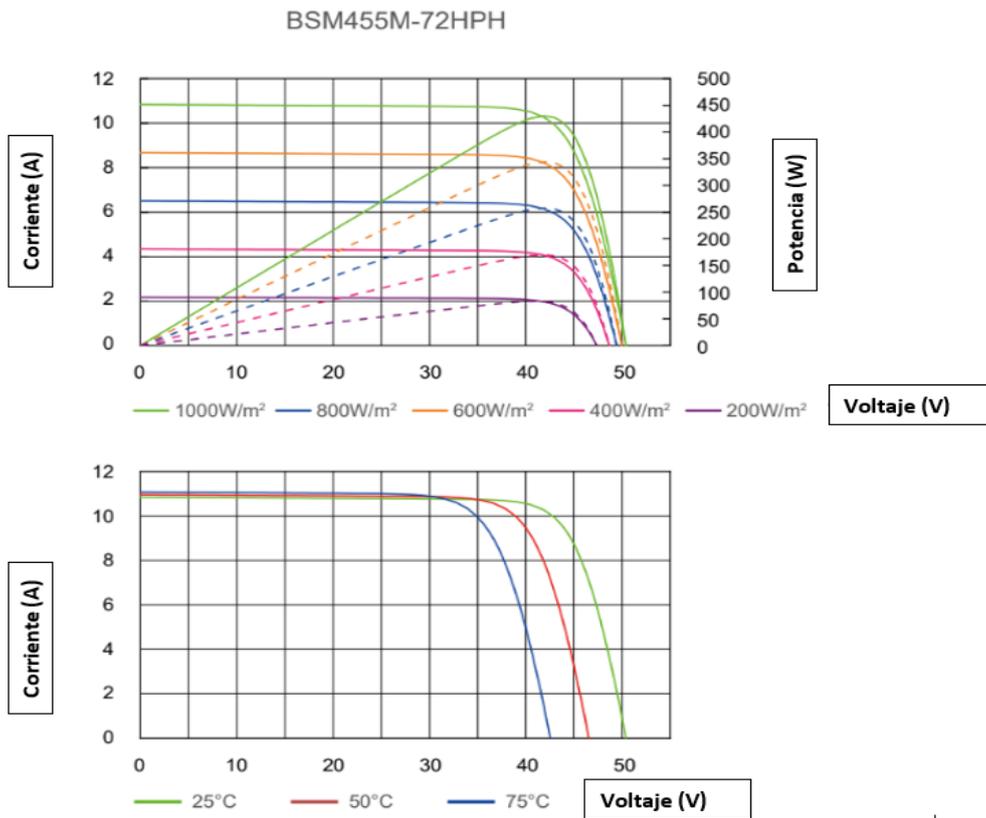


Figura 4.17. Curva de rendimiento modulo fotovoltaico monocristalino  
Fuente: Autor

Las Figuras 4.16., y 4.17., y tabla 4.5., muestra las características técnicas del módulo fotovoltaico la serie MSM455M – STC 455 cuenta con voltaje de operación 41.1Vdc y una eficiencia de 20.9%. La configuración del sistema por el software PVsyst

indica 196 módulos de 400 W, sin embargo, de acuerdo a las características del sistema y la potencia de los módulos fotovoltaicos propuestos, la nueva configuración será de 170 módulos fotovoltaicos con una potencia de sistema de 77,350 W.

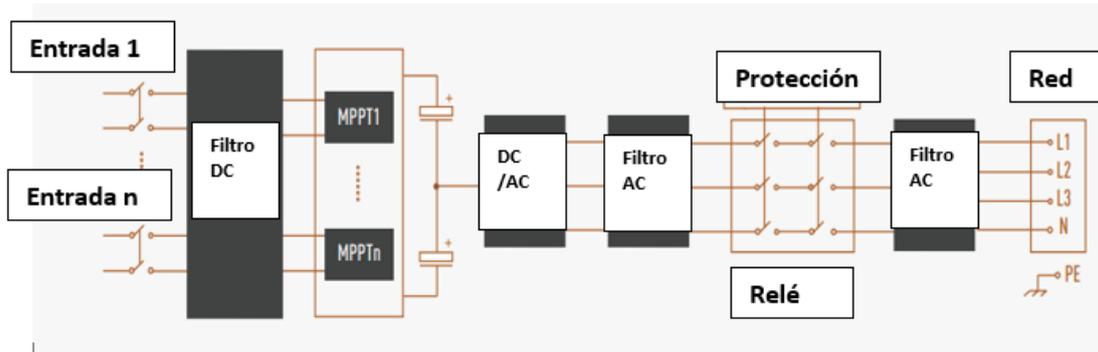


Figura 4. 18. Configuración de entrada y salida MPPT inversor centralizado  
Fuente: Autor

Tabla 4.6. Especificaciones técnicas del inversor

<b>Inversor BSM100K-B</b>		
<b>Características</b>	<b>Rangos</b>	
<b>Entrada DC</b>	Máximo voltaje DC	1100V
	Voltaje de entrada	200V
	Rango de voltaje MPPT	200-1000V
	Rango de carga completa MPPT	550 -850V
	Máxima corriente de cortocircuito en MPPT	65A /65A /65A/ 65A
	Máxima corriente de cortocircuito	100A /100A /100A /100A
	Número de entradas	5.0
	Numero de MPPT	4.0
<b>Salida AC</b>	Potencia Nominal de salida	100.00kW
	Máxima potencia activa	110.00kW
	Rango de salida de voltaje	400 3F
	Rango de operación de voltaje	300-520V
	Rango de salida de corriente	144A
	Máximo rango de salida de corriente	1583.8A
	Frecuencia	50/60Hz
	Factor de potencia	0.8
<b>Eficiencia</b>	THD	3.00%
	Máxima eficiencia	99.00%
	Eficiencia según estándar europeo	98.52%

Fuente: Autor

La figura 4.18., y tabla 4.6., muestran las especificaciones técnicas del inversor centralizado de 100 kW con un voltaje MPPT de 200 – 1000 Vdc, la salida entrada al sistema es 3F – 400 V. El número máximo 4 MPPT y cada uno cuenta con 5 entradas.

Tabla 4. 7. Configuración de arreglos fotovoltaicos de acuerdo a las entradas MPPT del inversor

	CONFIGURACION	MODULOS	P Unit (W)	P Total (W)	Vunit (V)	V Total(V)	I Unit(A)	I Total(A)
MPPT-1	SERIE	9	455	4095	41,1	369,9	11,6	
	PARALELO	5		20475				58
MPPT-2	SERIE	9	455	4095	41,1	369,9	11,6	
	PARALELO	4		16380				46,4
MPPT-3	SERIE	9	455	4095	41,1	369,9	11,6	
	PARALELO	5		20475				58
MPPT-4	SERIE	9	455	4095	41,1	369,9	11,6	
	PARALELO	5		20475				58

Fuente: Autor

La tabla 4.7., muestra la configuración por MPPT de acuerdo con las características indicadas en el módulo inversor, que es el número máximo que tiene el inversor centralizado la configuración para 3 MPPT será 5 paralelos de 9 módulos en serie y 1 MPPT de 4 paralelos de 9 módulos en serie. Cada MPPT contará con una entrada de 396.9Vdc. la figura 4.19. muestra un segmento del diagrama unifilar propuesto mismo que se encontrara en el capítulo de anexos, esta muestra el generador fotovoltaico propuesto y su conexión hasta el medidor bidireccional.

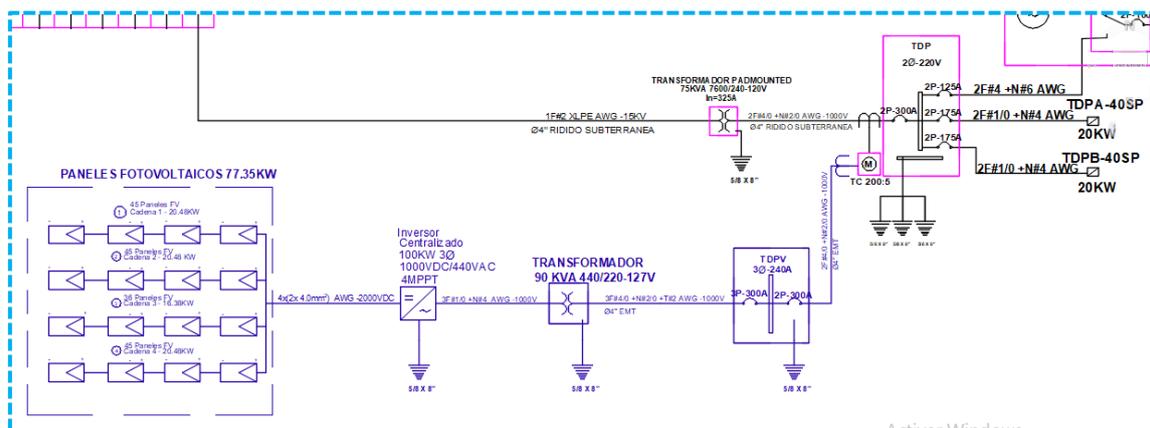


Figura 4. 19. Diagrama unifilar segmento de generador fotovoltaico hasta medidor

Fuente: Autor

## DIMENSIONES DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN

### ARREGLO FOTOVOLTAICO 170 PANELES

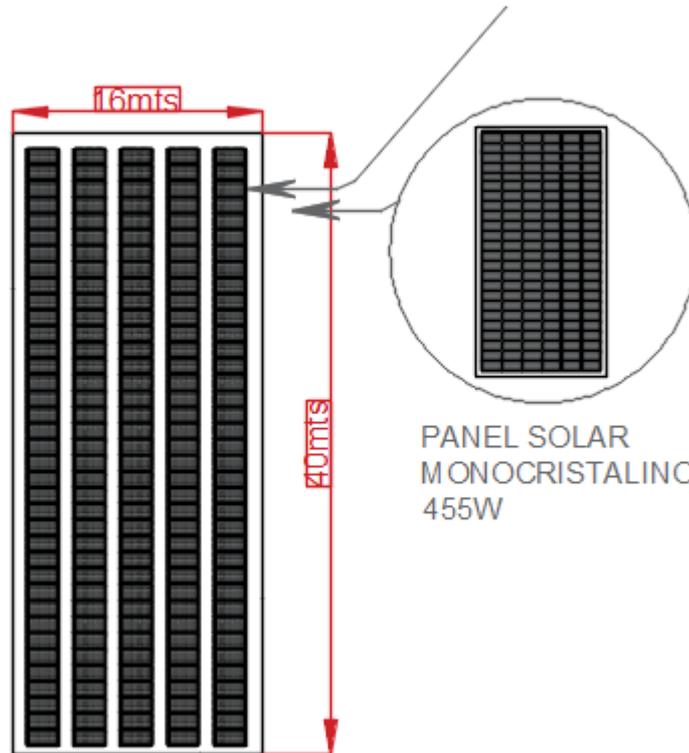


Figura 4. 20. Arreglo fotovoltaico propuesto de acuerdo con el área del terreno  
Fuente: Autor

Para finalizar el sistema se añadirá un pararrayo con dispositivo de cebado (PDC) con un radio de 45m como se muestra en la figura 4.19. unido mediante un mástil de 2 metros ubicado en el techo del predio el pararrayo estará conectado a la tierra del sistema mediante conductor de cobre desnudo hasta bajar a tierra.



Figura 4. 21. Pararrayo dispositivo de cebado  
Fuente: Autor

Se consideró la implementación de un electrodo químico cercano a la esquina del pararrayo y sus conexiones bimetálicas, la bajante conectara con el electrodo para

aterrizar el sistema. El proyecto cuenta con protección ante descargas atmosféricas y una tierra aislada sin embargo no se considera la implementación de supresores de voltaje porque las perturbaciones son generadas por la red eléctrica. La figura 4.20., muestra los elementos propuestos.

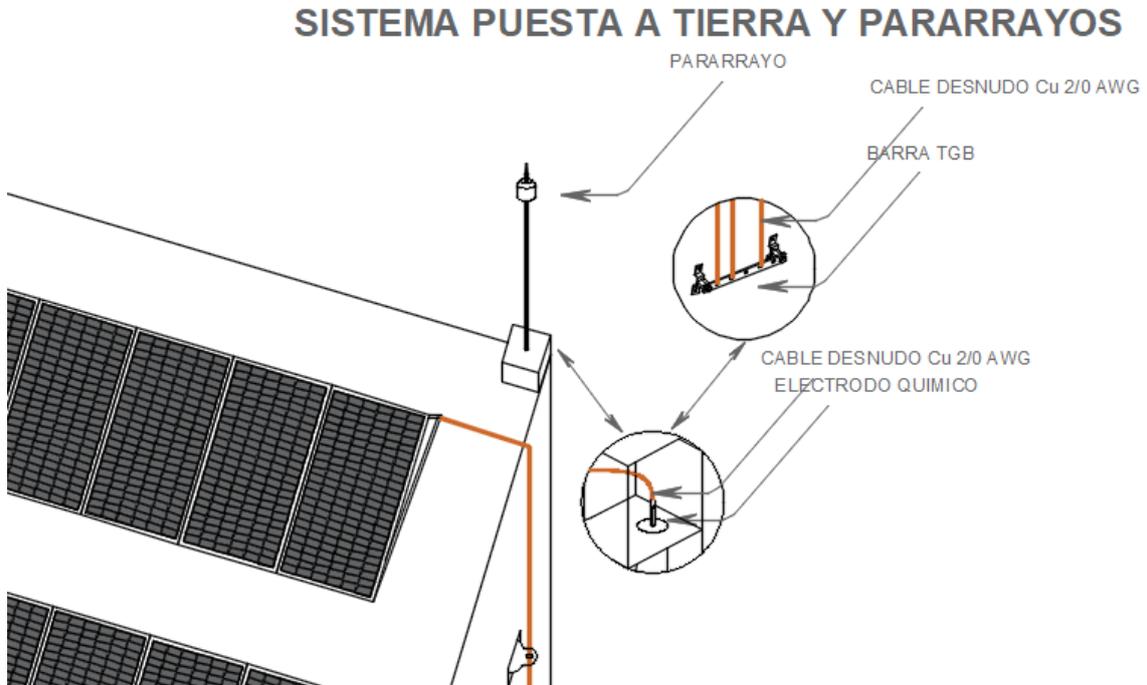


Figura 4. 22. Sistema de protección contra descargas directas e indirectas de rayos  
Fuente: Autor

El sistema puesta a tierra propuesto para este proyecto es unión de módulos mediante riel estructura, este tipo se usa cuando existen cadenas compuestas por varios módulos, se utiliza la estructura de aluminio para la conexión de los chasis mediante un chicote y conectores auxiliares.

## CAPITULO V

### 5. ANALISIS DE COSTO BENEFICIO

#### 5.1. Costo del sistema fotovoltaico interconectado a la red

Para analizar la factibilidad del proyecto es necesario conocer la viabilidad comercial, financiera y los beneficios que aporta el sistema para que el proyecto sea autosostenible. Para la implementación de un sistema fotovoltaico es necesario registrarse a las disposiciones que exige el marco legal de cada país, certificando legitimidad del sistema al momento de realizar sus operaciones respectivas como generador de energía. En Ecuador los sistemas fotovoltaicos interconectados a la red se presentan bajo la resolución del ARCERNR-013/2021 la cual clasifica con el término de generador distribuido para el autoabastecimiento a sistemas con capacidad hasta 100KW y el artículo 67 de la ley orgánica de servicio público de electricidad indica que este tipo de sistemas se encuentran exonerados a impuesto a la renta por generación de energía por medio de fuentes renovables.

La viabilidad comercial se evalúa que tan rentable ha sido la implementación del sistema fotovoltaico en función a las ventas generadas y los beneficios aportados. Los sistemas fotovoltaicos están clasificados desde el punto de vista económico y financiero como un proyecto autosostenible el cual necesita una inversión inicial misma que puede ser financiada por alguna entidad bancaria mediante un préstamo.

Tabla 5. 1. Presupuesto sistema fotovoltaico

#### Suministro de sistema fotovoltaico 80KW

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	P. Unitario (\$)	P. Total (\$)
1	Panel solar monocristalino 41V - 455W	170	Und.	\$168,75	\$28687,50
2	Inversor 3F 100K Vin:1100V Vout: 400V 50/60Hz onda completa	1	Und.	\$9737,5	\$9737,5
3	Transformador reductor 90kVA 1000/227-110V	1	Und.	\$8500	\$8500
4	Conector MC4 par (Macho/ hembra)	50	Und.	\$2,5	\$125
5	Cable solar PV 4mm	1000	m.	\$1,24	\$1240
6	Estructura metálica para sistema fotovoltaico con inclinación de 15°	1	Glb.	\$10076,3	\$10076,3
7	Conductor Superflex 4/0 AWG	30	m.	\$15,6	\$468
8	Caja de revisión metálica 20 x 20 x 15cm	2	Und.	\$18,4	\$36,8
9	Conector para funda sellada 2"	4	Und.	\$2,36	\$9,44
10	Funda sellada 2"	10	m.	\$1,63	\$16,3

**Sub Total:** 58896,84

Fuente: Autor

Tabla 5. 2. Presupuesto protección contra rayos y puesta tierra

Suministro de puesta a tierra sistema fotovoltaico 80KW					
Item	Descripción	Cantidad	Unidad	P. Unitario \$	P. Total\$
1	Pararrayo Nimbus 40	1	Und.	\$1150	\$1150
2	Mastil 2" x 3mts	1	Und.	\$9,8	\$9,8
3	Base con bisagra para mastil	1	Glb	\$24,4	\$24,4
4	Cable desnudo de cobre #2 AWG	10	m.	\$7,97	\$79,7
5	Taco fisher F6	12	Und.	\$0,35	\$4,2
6	Tornillo tripa de pato para taco F6 8mm	12	Und.	\$0,5	\$6
7	Aislador AB-R para bajante pararrayos	6	Und.	\$6,5	\$39
8	Riel Chanel	2	m.	\$11,4	\$22,8
9	Electrodo Puesta a tierra	1	Und.	\$850	\$850
<b>Sub Total:</b>					\$2185,9

Fuente: Autor

Las tablas 5.1., y 5.2., detallan los rubros de suministro para el sistema fotovoltaico de 80 kW y su sistema puesta a tierra como protección del sistema interconectado. El subtotal por suministro es \$ 61,082.64 dólares.

Tabla 5. 3. Presupuesto mano de obra

Mano de obra de sistema fotovoltaico 80KW y puesta a tierra					
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	P. Unitario\$	P. Total\$
1	Tendido de conductor PV	1000	und	\$0,66	\$660
2	Conexión de conectores MC4(macho/ hembra) con conductor FV y modulo fotovoltaico incluye distribución y arreglo de módulos	170	Und	\$30	\$5100
3	Instalación y configuración de inversor fotovoltaico	1	und	\$250	\$250
4	Montaje de soportaría y estructuras para módulos fotovoltaicos, incluye diseño y distancias de separación	1	Glb	\$2500	\$2500
5	Tendido de conductor 4/0	30	m	\$1,5	\$45
6	Instalaciones varias (Canalización, montaje de cajas de revisión metálica)	1	Glb	\$300	\$300
7	Instalación de sistema de protección contra rayos y puesta a tierra incluye: instalación de pararrayos con sus conexiones bimetálicas, montaje de electrodo en su respectiva caja de registro (incluye obra civil)	1	Und.	\$750	\$750
8	Miselanios / Varios	1	Und.	\$2500	\$2500
<b>Sub Total:</b>					\$12,105

Fuente: Autor

La tabla 5.3., detallan los rubros por mano de obra para el sistema fotovoltaico de 80kW y su sistema puesto a tierra. El subtotal por suministro es \$ 12,105.00 dólares.

El precio total por la implementación de este sistema tiene un monto de \$ 73,137.74 dólares. Por su monto mayor a 10.000 dólares es considerado como proyecto de largo plazo. El proyecto de Microred fotovoltaica interconectada a la red cuenta como un proyecto de emprendimiento su finalidad de generar energía eléctrica para disminuir el consumo diurno con un plazo determinado de 25 años. Se evaluará el costo beneficio mediante el TIR, VAN para evaluar la viabilidad del proyecto.

El TIR siendo la tasa de descuento necesaria para que el VAN llegue a cero, la tasa de descuento busca que el flujo de caja sea igual a la inversión. El TIR muestra la tasa de interés más alta en que la inversión puede ser rentable (Vazques, 2014).

El VAN representada como la resta del valor inicial y la serie de flujos que fueron originados por la inversión, para evaluar la factibilidad del proyecto es necesario que el VAN será mayor a cero, caso contrario el proyecto no será considerado como factible (Vazques, 2014).

El costo beneficio es la división entre el valor actual neto de ingresos sobre el valor actual de costos de inversión, lo que justificara la rentabilidad del proyecto y sustentara los beneficios adquiridos por la implementación del sistema (Vazques, 2014).

El punto de equilibrio conocida como la sumatoria entre los costos fijos y costos variables generados en el desarrollo del proyecto, busca demostrar el punto neutro donde el proyecto no genera más inversión ni pérdidas (Vazques, 2014).

El proyecto también está considerado como fuente de energía renovable o energía verde. Este tipo de proyectos buscan la generación de energía y el cuidado ambiental. La energía eléctrica fotovoltaica como generador eléctrico satisface la necesidad inicial del proyecto obteniendo su energía mediante un recurso considerado ilimitado. En cuanto al cuidado al medio ambiente este sistema disminuye el índice de gases de efecto de invernadero al no tener medios de combustión como generadores de energía. Para demostrar la reducción de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) Existen certificaciones que lo respaldan. Estas certificaciones son estímulos para demostrar que los proyectos de energía limpia cumplen con su objetivo. Según (MAATE, 2012) una tonelada de CO<sub>2</sub> que deje

de emitirse en la atmosfera puede ser vendido dentro del mercado internacional de carbono obteniendo beneficios por el cuidado al medio ambiente. Para el cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub> se aplicarán las ecuaciones 5.1. y 5.2. el cual calcula el costo total anual por la reducción de CO<sub>2</sub> que actualmente por tonelada es \$ 30.20 dólares que se lo muestra a continuación.

*Ecuación 5. 1. Consumo de CO<sub>2</sub> anual*

$$CO_2 = Ed_{anual} \times 0.267 \text{kg} \frac{CO_2}{kWh} \quad (5.1)$$

*Ecuación 5. 2. Costo del Co<sub>2</sub> por energía no consumida*

$$\text{Costo de } CO_2 = CO_2 \times \frac{\$}{\text{Ton } CO_2} \quad (5.2)$$

Para conocer el costo del CO<sub>2</sub> se toma la energía fotovoltaica anual real 94,474 KWh como lo muestra la tabla 4.1., sin embargo, en el Ecuador actualmente el excedente de energía aun no puede ser comercializado ya que no existe una ley que lo respalde por lo que se tomara la potencia real consumida 80,326.76 KWh/año de la tabla 3.3., y se lo multiplica por la tarifa que cuesta por cada tonelada de CO<sub>2</sub> recudido. Obteniendo el siguiente resultado.

$$CO_2 = 80,326.76 \text{ kWh} \times 0.267 \frac{CO_2}{kWh} = 21,44 \text{ kTon } CO_2$$

$$\text{Costo de } CO_2 = 21.44 \text{K Ton } CO_2 \times \frac{30.20}{\text{Ton } CO_2} = \$647.88 / \text{año}$$

Anualmente dentro del mercado de carbono la reducción de CO<sub>2</sub> en el proyecto representa un monto de \$ 647.88 USD.

El proyecto con un monto de \$ 73,137.74 USD cuenta como proyecto de largo plazo por lo que necesita financiamiento mediante préstamo bancario e inversión del cliente. Se tomará el 40% del financiamiento por parte del cliente y el 60% por medio de una entidad bancaria en un tiempo de 60 meses debido a las características que presenta la empresa en el capítulo III la tasa activa referencial es productivo empresarial con un interés de 9.30% y un máximo de 9.89% (CFN, 2022) como lo muestra la tabla 5.4.

Tabla 5. 4. Tabla de amortización a 60 meses

TABLA DE AMORTIZACION				
<b>Inst. Financiera:</b>	BANCO DEL PACIFICO			
<b>Monto:</b>	45000,00			
<b>Tasa:</b>	9,30%	T. Efectiva		9,89%
<b>Plazo:</b>	5 años			
<b>Gracia:</b>	0 años			
<b>Amortizacion periodos.</b>	30 Dias			
	60 para amortizar capital			
MES	SALDO	INTERES	PRINCIPAL	DIVIDENDO
0	45000,00			
1	44250,00	348,75	750	1098,75
2	43500,00	342,94	750	1092,94
3	42750,00	337,13	750	1087,13
4	42000,00	331,32	750	1081,32
5	41250,00	325,5	750	1075,5
6	40500,00	319,69	750	1069,69
7	39750,00	313,88	750	1063,88
8	39000,00	308,07	750	1058,07
9	38250,00	302,25	750	1052,25
10	37500,00	296,44	750	1046,44
11	36750,00	290,63	750	1040,63
12	36000,00	284,82	750	1034,82
13	35250,00	279	750	1029
14	34500,00	273,19	750	1023,19
15	33750,00	267,38	750	1017,38
16	33000,00	261,57	750	1011,57
17	32250,00	255,75	750	1005,75
18	31500,00	249,94	750	999,94
19	30750,00	244,13	750	994,13
20	30000,00	238,32	750	988,32
21	29250,00	232,5	750	982,5
22	28500,00	226,69	750	976,69
23	27750,00	220,88	750	970,88
24	27000,00	215,07	750	965,07
25	26250,00	209,25	750	959,25
26	25500,00	203,44	750	953,44
27	24750,00	197,63	750	947,63
28	24000,00	191,82	750	941,82
29	23250,00	186	750	936
30	22500,00	180,19	750	930,19
31	21750,00	174,38	750	924,38
32	21000,00	168,57	750	918,57
33	20250,00	162,75	750	912,75
34	19500,00	156,94	750	906,94
35	18750,00	151,13	750	901,13
36	18000,00	145,32	750	895,32
37	17250,00	139,5	750	889,5
38	16500,00	133,69	750	883,69
39	15750,00	127,88	750	877,88
40	15000,00	122,07	750	872,07
41	14250,00	116,25	750	866,25
42	13500,00	110,44	750	860,44
43	12750,00	104,63	750	854,63
44	12000,00	98,82	750	848,82
45	11250,00	93	750	843
46	10500,00	87,19	750	837,19
47	9750,00	81,38	750	831,38
48	9000,00	75,57	750	825,57
49	8250,00	69,75	750	819,75
50	7500,00	63,94	750	813,94
51	6750,00	58,13	750	808,13
52	6000,00	52,32	750	802,32
53	5250,00	46,5	750	796,5
54	4500,00	40,69	750	790,69
55	3750,00	34,88	750	784,88
56	3000,00	29,07	750	779,07
57	2250,00	23,25	750	773,25
58	1500,00	17,44	750	767,44
59	750,00	11,63	750	761,63
60	0,00	5,82	750	755,82

Fuente: Autor

Para evaluar el ahorro energético en función al costo beneficio se analizará el costo de facturación mensual para ello se tomará el consumo mensual más alto es 7702.01 KWh proyectado en el mes de agosto a continuación se muestra en la tabla 3.3., el valor de facturación más de acuerdo con el pliego tarifario en alta tensión por la resolución ARCONEL-032/17. El valor de facturación más alto cuenta con un monto de 1,477.89 UUSD como se muestra en la tabla 5.5.

Tabla 5. 5. Facturación eléctrica

<b>Servicio Eléctrico y Alumbrado Público (2020)</b>	
Fecha hasta:	
Tipo de Tarifa Arconel	Industrial alta tensión
Consumo kWh-mes.	7.702
Valor Consumo kWh-mes (pliego 2020)	\$ 1.309,34
Comercialización	\$ 7,07
Subsidio Cruzado Solidario	\$ 65,82
<b>Subtotal Servicio Eléctrico (SE)</b>	<b>\$ 1.382,23</b>
Servicio Alumbrado Público General	<b>\$ 71,66</b>
<b>Subtotal Servicio Alumbrado Público (APG)</b>	<b>\$ 71,66</b>
<b>Base I.V.A. 0%</b>	<b>\$ 1.453,89</b>
<b>I.V.A. 0%</b>	<b>\$ 1.453,89</b>
<b>Total SE y APG</b>	<b>\$ 1.453,89</b>
<b>CÁLCULO DEL ALUMBRADO PÚBLICO</b>	
Consumo kWh-mes (pliego 2013)	\$ 1.016,67
Comercialización (2013)	\$ 7,066
<i>Importe</i>	\$ 1.023,731
<b>Servicio Alumbrado Público (AP)</b>	<b>\$ 71,66</b>
Valor pendiente (saldo)	\$ 0,00
Planes de Financiamiento	\$ 0,00
<b>TOTAL, SECTOR ELÉCTRICO</b>	<b>\$ 1.453,89</b>
Contribución Bomberos	\$ 24,00
<b>VALOR A PAGAR</b>	<b>\$ 1.477,89</b>

Fuente: Autor

La energía entregada al sistema mensual promedio es 7898.65 kWh, la tabla 4.2., indica que en un periodo de 11 horas el sistema solar estará inyectando energía eléctrica a la red. El centro de investigación forma parte del sistema integral de industria con horarios rotativos de 24 horas. Se considera la energía entregada a la red en 46%, la industria en horario de 22:00 pm a 5:00 am el sistema opera al 50% de su capacidad sin embargo no se considera esta disminución de energía dentro del estudio. la energía inyectada a la red con la implementación del sistema fotovoltaico es de 46% el ahorro económico mensual de 679.83 USD.

Para el estudio de la factibilidad del proyecto se evaluó en función al costo por la implementación y puesta en marcha del sistema y los beneficios técnicos y económicos que el sistema presente, para efectos de este estudio solo se utilizó el beneficio del ahorro energético como medio de financiamiento anual y la reducción de dióxido de carbono como lo indica la ecuación 5.1., los cuales son beneficios medibles, se tomó el monto total del presupuesto por la implementación y puesta en servicio. No se considerarán los daños que pueda presentar el sistema por impacto al medio ambiente sin embargo se mencionara el impacto generado en escala medible simulando la implantación del proyecto.

Se procede a evaluar la factibilidad del proyecto mediante el ahorro mensual generado por la inyección de energía fotovoltaica, la bonificación anual por reducción de CO<sub>2</sub> mismos que contarán como ingresos anuales. Se considera los costos operativos y mantenimientos predictivos y preventivos con un monto promedio de 1300 anual, los sistemas fotovoltaicos cuentan con una autonomía de 25 años de vida útil, siempre que el sistema cuente con supervisión con su respectivo control estos gastos operativos se restarán a los ingresos anuales los cuales se presentan en la tabla 5.6., y figura 5.1.

Tabla 5.6. Costo/beneficio, TIR,VAN

Tabla de costo/ Beneficio, TIR y VAN

Año	Energia Anual	Costo ahorro enegetico FV	Bono de reduccion de CO2	Costo O&M	Flujo de caja	Saldo (USD)
0	94784	0	0	0	73137,74	
1	94784	8157,96	647,89	1302	7503,85	-65633,89
2	94784	8157,96	647,90	1300	7505,86	-58128,03
3	94784	8157,96	647,87	1304	7501,83	-50626,2
4	94784	8157,96	647,88	1300	7505,84	-43120,36
5	94784	8157,96	647,88	1300	7505,84	-35614,52
6	94784	8157,96	647,88	1303	7502,84	-28111,68
7	94784	8157,96	647,90	1300	7505,86	-20605,82
8	94784	8157,96	647,82	1305	7500,78	-13105,04
9	94784	8157,96	647,88	1300	7505,84	-5599,2
<b>10</b>	<b>94784</b>	<b>8157,96</b>	<b>647,88</b>	<b>1302</b>	<b>7503,84</b>	<b>1904,64</b>
11	94784	8157,96	647,88	1300	7505,84	9410,48
12	94784	8157,96	647,88	1300	7505,84	16916,32
13	94784	8157,96	647,82	1300	7505,78	24422,1
14	94784	8157,96	647,88	1300	7505,84	31927,94
15	94784	8157,96	647,88	1305	7500,84	39428,78
16	94784	8157,96	647,94	1300	7505,9	46934,68
17	94784	8157,96	647,88	1300	7505,84	54440,52
18	94784	8157,96	647,88	1303	7502,84	61943,36
19	94784	8157,96	647,88	1300	7505,84	69449,2
20	94784	8157,96	647,88	1302	7503,84	76953,04
21	94784	8157,96	647,88	1300	7505,84	84458,88
22	94784	8157,96	647,88	1300	7505,84	91964,72
23	94784	8157,96	647,88	1300	7505,84	99470,56
24	94784	8157,96	647,92	1304	7501,88	106972,44
25	94784	8157,96	647,88	1300	7505,84	114478,28
<b>Tasa interna de inversión</b>						5,16%
<b>Valor anual neto</b>						\$33.498,43

Fuente: Autor

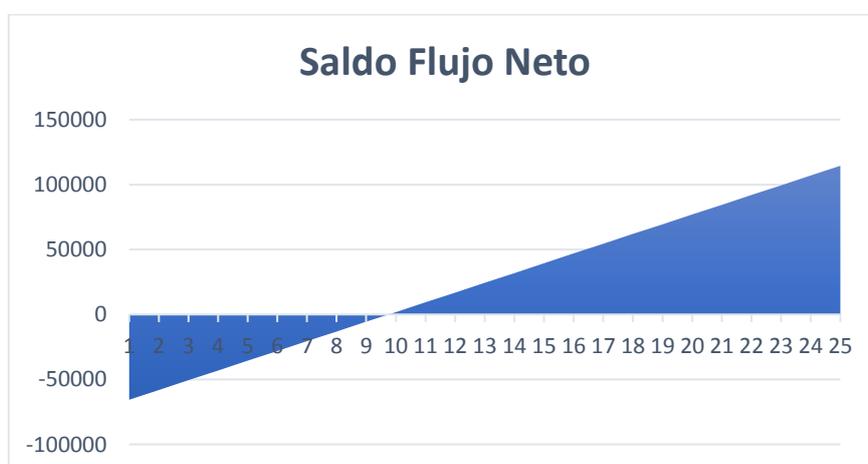


Figura 5. 1. Flujo neto sin préstamo bancario

Fuente: Autor

La tabla 5.6., muestra que en el año 10 hay un retorno de inversión, la tasa interna de inversión 5.16% y un valor anual neto de 33,498.43 USD. Cabe recalcar que esta tabla no contempla el préstamo realizado. La tabla 5.6., y figura 5.1., muestran el flujo neto en el intervalo de 25 años considerando el préstamo de una entidad bancaria con un 60% del financiamiento del proyecto y el 40% costado por el cliente.

Tabla 5. 7. Costo/ beneficio, TIR,VAN con préstamo

<b>Tabla de costo/ Beneficio, TIR y VAN</b>							
<b>Año</b>	<b>Energía Anual</b>	<b>Costo ahorro energético FV</b>	<b>Bono de reducción de CO2</b>	<b>Costo O&amp;M</b>	<b>Flujo de caja</b>	<b>PRESTAMO</b>	<b>Saldo (USD)</b>
0	94784	0	0	0	-78185		
1	94784	8157,96	647,89	1302	7503,85	-9837	-2333,15
2	94784	8157,96	647,90	1300	7505,86	-9837	-4664,29
3	94784	8157,96	647,87	1304	7501,83	-9837	-6999,46
4	94784	8157,96	647,88	1300	7505,84	-9837	-9330,62
5	94784	8157,96	647,88	1300	7505,84	-9837	-11661,78
6	94784	8157,96	647,88	1303	7502,84		-33158,94
7	94784	8157,96	647,90	1300	7505,86		-25653,08
8	94784	8157,96	647,82	1305	7500,78		-18152,3
9	94784	8157,96	647,88	1300	7505,84		-10646,46
10	94784	8157,96	647,88	1302	7503,84		-3142,62
<b>11</b>	<b>94784</b>	<b>8157,96</b>	<b>647,88</b>	<b>1300</b>	<b>7505,84</b>		<b>4363,22</b>
12	94784	8157,96	647,88	1300	7505,84		11869,06
13	94784	8157,96	647,82	1300	7505,78		19374,84
14	94784	8157,96	647,88	1300	7505,84		26880,68
15	94784	8157,96	647,88	1305	7500,84		34381,52
16	94784	8157,96	647,94	1300	7505,9		41887,42
17	94784	8157,96	647,88	1300	7505,84		49393,26
18	94784	8157,96	647,88	1303	7502,84		56896,1
19	94784	8157,96	647,88	1300	7505,84		64401,94
20	94784	8157,96	647,88	1302	7503,84		71905,78
21	94784	8157,96	647,88	1300	7505,84		79411,62
22	94784	8157,96	647,88	1300	7505,84		86917,46
23	94784	8157,96	647,88	1300	7505,84		94423,3
24	94784	8157,96	647,92	1304	7501,88		101925,18
25	94784	8157,96	647,88	1300	7505,84		109431,02
<b>Tasa interna de inversión</b>							9,03%
<b>Valor anual neto</b>							\$177.032,82

Fuente: Autor

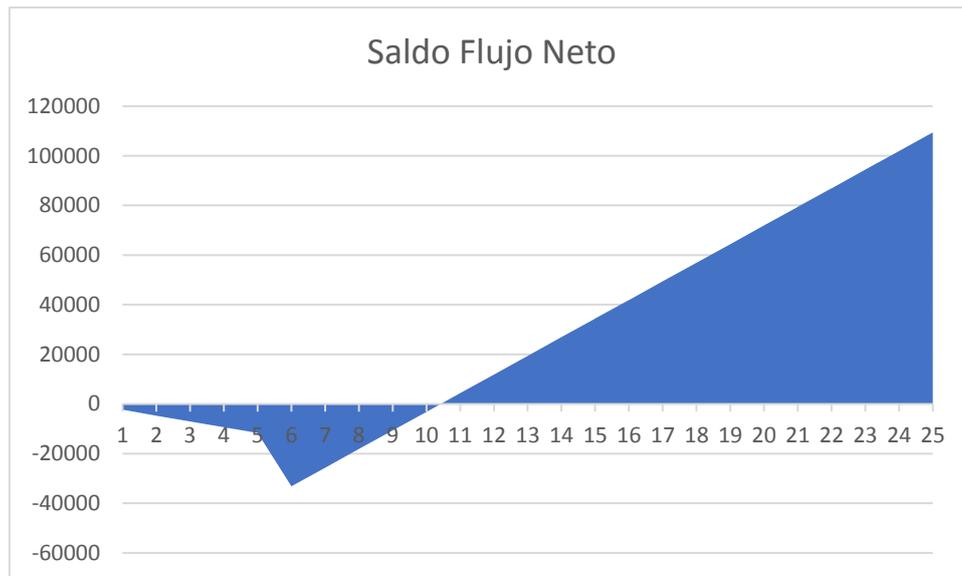


Figura 5. 2. Flujo neto con préstamo bancario  
Fuente: Autor

La tabla 5.7., y figura 5.2., muestra el préstamo correspondiente al 60% se saldará en los primeros 5 años de inversión del proyecto, el excedente se sumará con el 40% que corresponde a la inversión del cliente evidenciando en el año 11 un retorno de inversión y una tasa de inversión de 9.03% y valor anual neto de 177,032.82 USD.

El proyecto paga su inversión en el año 10. Se realiza una comparación entre la inversión inicial del proyecto Vs el ahorro obtenido desde el año 11 con 7505.84 USD anuales en el año 25 este ahorro llega a un monto de 109,431.02 USD. Para conocer el porcentaje de ahorro se aplicará la fórmula de costo beneficio obteniendo los siguientes resultados:

Ecuación 5. 3. Valor costo - beneficio

$$\text{costo} - \text{beneficio} = \frac{\text{Costos de inversion}}{\text{Suma de ingresos}} \quad (5.3)$$

$$\text{costo} - \text{beneficio} = \frac{78,185.00}{109,431.02} = 71\%$$

La ecuación 5.3., muestra que el beneficio obtenido es de 71% lo cual refleja que el proyecto es rentable a partir del ahorro del consumo eléctrico.

## 5.2. Evaluación técnica de beneficios del sistema fotovoltaico interconectado a la red

La evaluación de la rentabilidad energética toma como análisis la tabla 3.3 muestra el consumo de energía generado en el año 2019 y la tabla 4.1 los balances y

resultados obtenidos por el diseño de microred fotovoltaica interconectada a la red, la figura 5.3., hace una comparativa de los meses de consumo del predio y lo contrasta con la energía suministrada al sistema con la implementación de la microred, se puede evidenciar que la energía inyectada al sistema en horario diurno anual supera en un 18% al consumo anual que presenta el predio, Los meses de octubre y noviembre el consumo supera a la microred con un promedio de 21% por lo que en esos meses necesitara el soporte de la red eléctrica convencional para abastecer la demanda.

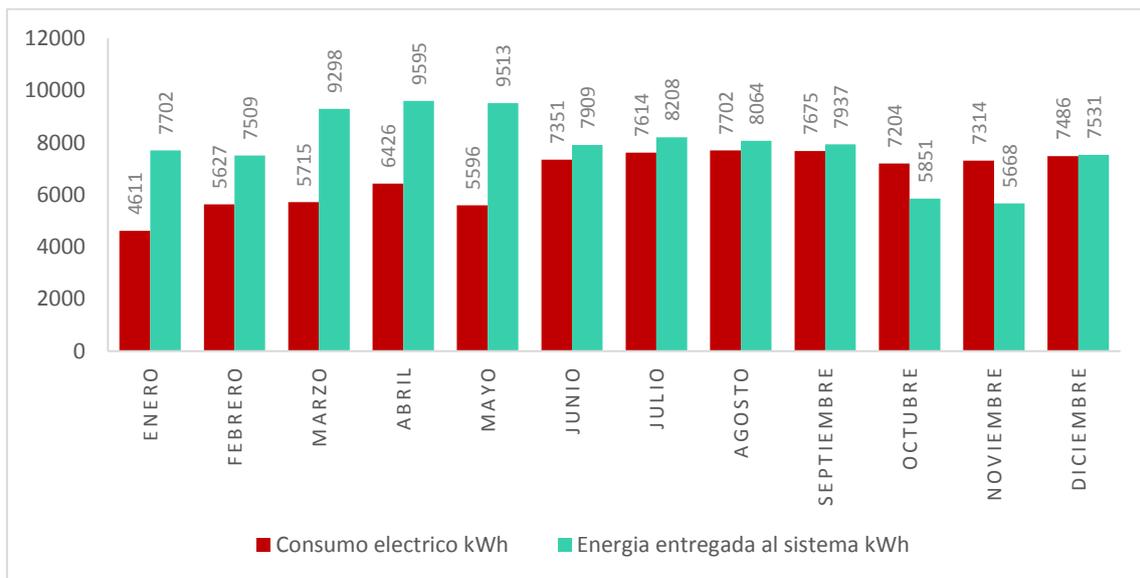


Figura 5. 3. Energía consumida Vs Energía inyectada al sistema (kWh)  
Fuente: Autor

### 5.3. Evaluación Ambiental

La evaluación del impacto ambiental busca analizar las características positivas y negativas que presente proyecto al momento de su instalación y puesta en servicio en función al cuidado del medio ambiente, para ello se confiere la evaluación de 3 variables: el entorno, la complejidad de la instalación y la sociedad (Castillon & Carillo, 2021).

#### 5.3.1. Características del entorno

La figura 3.1., y la tabla 3.1., muestran la ubicación del predio, mismo que en encuentra ubicado en la vía duran tambo de acuerdo a un estudio realizado por el municipio (DURAN, 2015), el subsuelo del cantón dura es árido rico en minas de piedras. La figura 5.4., indica que el suelo donde sitúa el predio es suelo franco de elevada productividad agrícola.

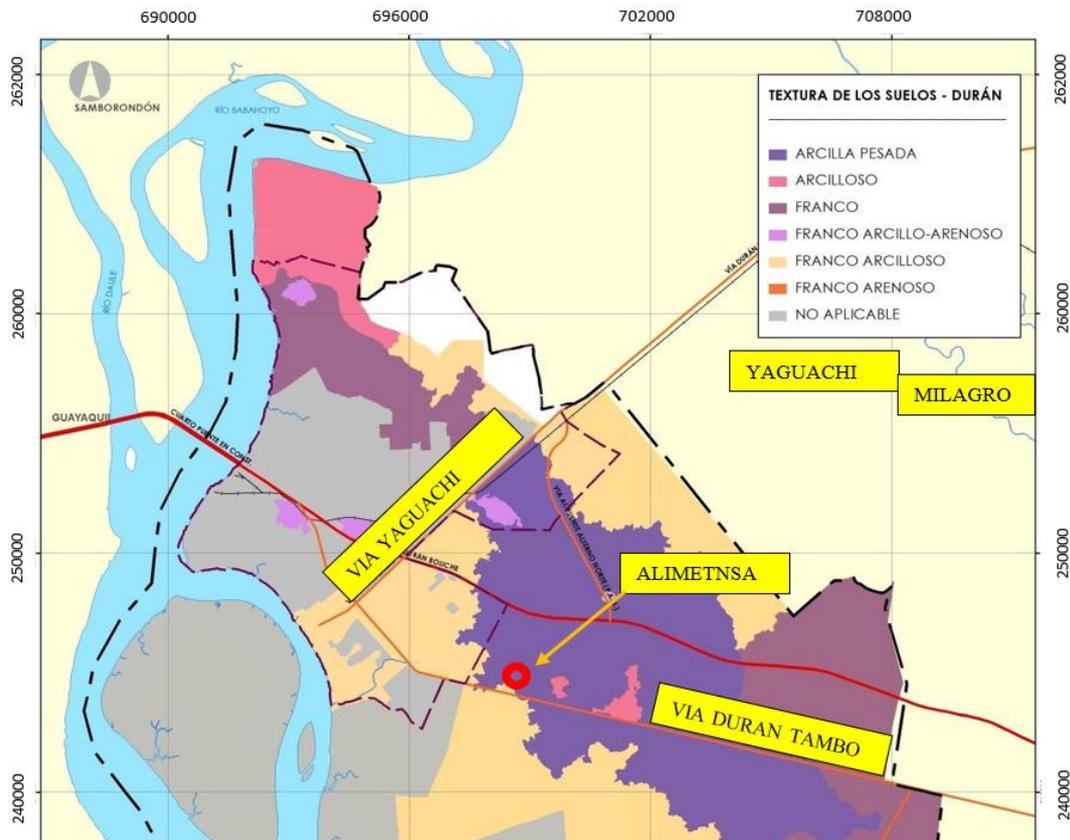


Figura 5.4. Textura de suelos Cantón Duran  
Fuente: Pronared, 2010 Editada por: Autor

En 2015 se realizó un estudio ambiental para clasificar el nivel de contaminación ambiental en el cantón duran, se evidencia en la figura 5.5., la contaminación por desechos sólidos en las áreas urbanas, en los límites que sitúa al rio guayas del cantón contaminación por descargas industriales, a finales de la vía Duran-Tambo contaminación por uso de pesticidas en las zonas industriales y piscinas acuícolas (DURAN, 2015). La ubicación del predio se encuentra en una zona donde el nivel de contaminación es despreciable por lo ante el uso de contaminantes externos, también cuenta con una temperatura promedio de 29°C de acuerdo a los datos obtenidos por Climate-Data (Climate.ORG, 2022). Evaluando las figuras 5.4., y 5.5., el predio cuenta con las condiciones ambientales para poder implementar el proyecto.

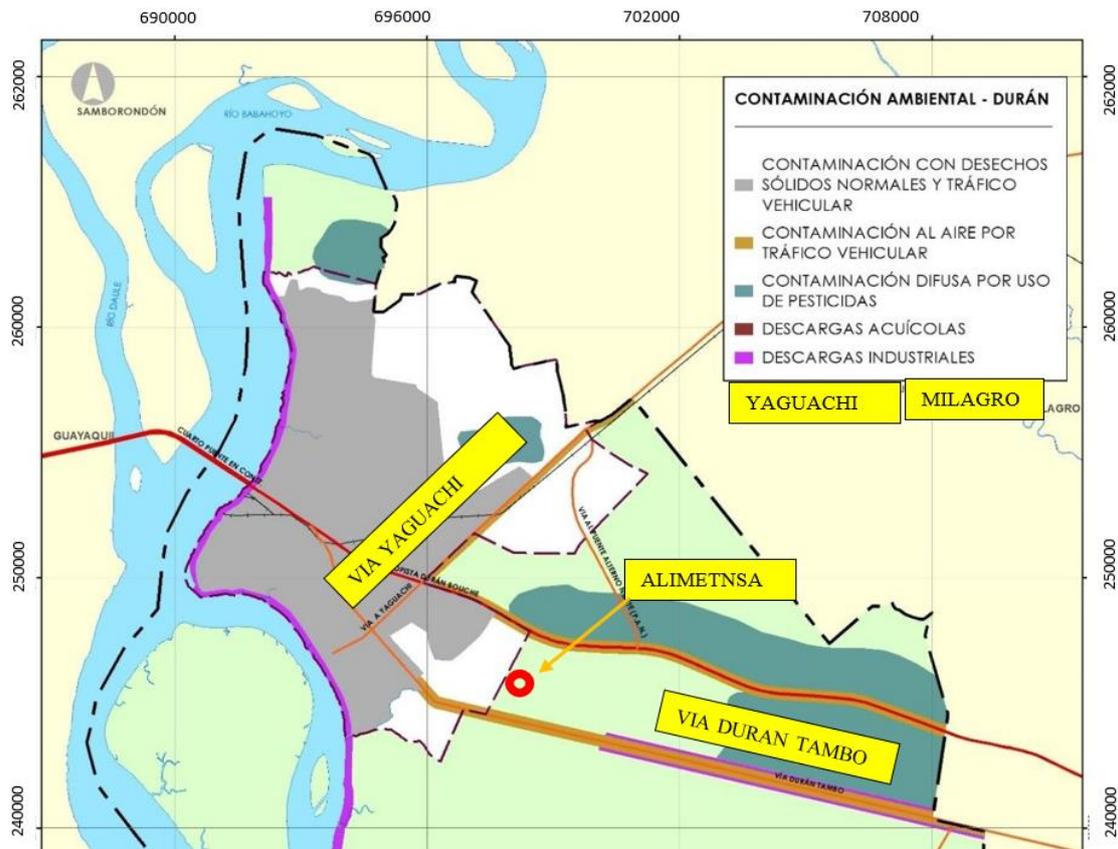


Figura 5.5. Contaminación ambiental Cantón Durán  
Fuente: Pronared, 2010 Editada por: Autor

### 5.3.2. Matriz de impacto ambiental

Al ser un generador de energía renovable, no genera mayor complejidad para el estudio de impacto ambiental, por las condiciones climatológicas, estado del entorno no genera ninguna complicación para la instalación y la sociedad. Para la evaluación de impactos utilizo el matiz de Leopold y MIIA debido a la simplicidad en los factores que se evaluarán en el estudio (Arboleda, 2008).

El número de impactos ambientales se calculará evaluando el rango de los factores para medir grado de afección que tiene cada variable para ello se utilizara la ecuación 5.4.

Ecuación 5. 4. Matriz MIIA

$$I_{amb} = \pm[3IN + 2EX + MO + PE + PV + SI + AC + EF + PR + RC] \quad (5.4)$$

Donde:

**Signos ( $\pm$ ):** Indican si cualquiera de las variables actúa en beneficio o en contra generando un impacto.

**Intensidad (IN):** define la peligrosidad que puede presentar la instalación y operatividad en base al factor ambiental.

**Extensión (EX):** define el grado de afectación que tiene el impacto y la expansión que esta pueda tener.

**Momento (MO):** Establece en que periodo de tiempo se genera un siniestro, considerando como mediano plazo  $\leq 5$  años y largo plazo  $\geq 10$  años.

**Persistencia (PE):** Determina la permanencia del impacto sea de manera fugaz, temporal o de daño permanente.

**Reversividad (PV):** al contrario de persistencia este establece el periodo de tiempo en que el daño pueda ser reversible.

**Sinergia (SI):** determina la probabilidad que el daño pueda relacionarse con otros factores que puedan aumentar la peligrosidad del impacto.

**Acumulación (AC):** Determina el grado de concentración que pueda tener el impacto antes de volverse volátil.

**Efecto (EF):** evalúa la peligrosidad directa o indirecta que puede tener el impacto frente a otros factores.

**Periodicidad (PR):** determina la probabilidad en la que se pueda generar un impacto ambiental.

**Recuperabilidad (RC):** Establece el nivel de recuperación que pueda presentar un sistema ante un siniestro.

La tabla 5.8 muestra los valores que manejan las variables consideradas en la matriz MIIA en base al grado de impacto que este pueda tener sobre el ambiente, así como la recuperación.

Tabla 5.8. Criterios de impacto ambiental

<b>Criterios de impacto ambiental</b>	
<b>Intensidad (IN)</b>	<b>Valor</b>
Destrucción total	1
Afección Mínima	12
<b>Extensión (EX)</b>	<b>Valor</b>
Puntual	1
Parcial	2
Extenso	4
Total	8
<b>Momento (MO)</b>	<b>Valor</b>
Corto plazo	4
Mediano plazo	2
Largo plazo	1
<b>Persistencia (PE)</b>	<b>Valor</b>
Fugaz	1
Temporal	2
Permanente	4
<b>Reversibilidad (PV)</b>	<b>Valor</b>
Fugaz	1
Temporal	2
Permanente	4
<b>Sinergia (SI)</b>	<b>Valor</b>
No sinérgico	1
Sinérgico moderado	2
Altamente sinérgico	4
<b>Acumulación (AC)</b>	<b>Valor</b>
Acumulación simple	1
Producido acumulativo	4
<b>Efecto (EF)</b>	<b>Valor</b>
Indirecto	1
Directo	4
<b>Periodicidad (PR)</b>	<b>Valor</b>
Discontinuo	1
Aparición Irregular	2
Continuo	4
<b>Recuperabilidad (RC)</b>	<b>Valor</b>
Corto plazo	1
Mediano plazo	2
Mitigable	4
Irrecuperable	8

Fuente: Leopold, 2002 Editado por: Autor

La importancia del impacto de acuerdo al grado de criticidad maneja los eventos como positivo, irrelevante, severo y crítico y se manejan mediante una escala de colores. El rango se evalúa mediante la sumatoria de las variables, en caso de adicionarse nuevas acciones estas no deben añadirse al cálculo existente ya que pueden alterar la ecuación minorizando al agente causante mediante medidas correctivas (Castillon & Carillo, 2021).

Tabla 5.9. Importancia del impacto ambiental

RANGO DE LA IMPORTANCIA	CATEGORÍA
+	POSITIVO
<25	IRREVELANTE
25 – 50	MODERADO
50 – 75	SEVERO
≥75	CRITICO

Fuente: Leopold, 2002 Editado por: Autor

Las tablas 5.8., muestra los rangos que se manejan las variables y la tabla 5.9., muestra los niveles de impacto ambiental, Se evaluaron las variables del proyecto simulando la ejecución de construcción y operatividad del sistema, por lo que se asumen valores de acuerdo a las características del sitio como se lo muestra en las figuras 5.4., y 5.5., describen las condiciones del terreno y el nivel de contaminación. Con los datos obtenidos se evaluó los posibles riesgos que conlleva la implementación del sistema fotovoltaico contra el medio ambiente aplicando la matriz MIIA calificando las actividades para medir el impacto como lo muestra la tabla 5.10., cabe recalcar que la medición es una expectativa al nivel de riesgo que presente el proyecto.

Tabla 5.10. Identificación de impacto ambiental en la etapa de construcción y operación

IMPACTOS	ACTIVIDADES	±	IN	EX	MO	PE	SI	PR	AC	EF	RV	RC	IMPORTANCIA
Emisiones al aire	Transporte		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
Pérdida total o parcial de la calidad del suelo	Descarga en destino		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
	Excavación		1	2	4	1	2	1	1	1	1	1	19
Deterioro de la vista y paisaje	Descarga		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
	Excavación		1	2	4	1	2	1	1	1	1	1	19
	Ubicación de paneles		4	2	4	2	2	1	1	2	1	2	31
	Bodegaje		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
Deterioro de atractivos naturales y factores físicos singulares.	Disposición final		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
	Descarga		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
	Excavación		1	2	4	1	2	1	1	1	1	1	19
	Ubicación de paneles		4	2	4	2	2	1	1	2	1	2	31
Afección a vegetación natural	Bodegaje		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
	Disposición final		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
	Transporte		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
	Excavación		1	2	4	1	2	1	1	1	1	1	19
Afección hábitats naturales	Transporte		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
	Excavación		1	2	4	1	2	1	1	1	1	1	19
Efecto en la entomofauna	Excavación		1	2	4	1	2	1	1	1	1	1	19
Barreras biológicas	Transporte		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
Efecto en Bosques Nativos	Descarga en destino		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
	Transporte		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
Generación de vectores, insectos y enfermedades	Bodegaje		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
	Conexiones de equipos		6	2	4	2	1	2	1	1	1	1	35
	Disposición final		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
Invasión de malezas	Bodegaje		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
Cambios en el uso del suelo	Recepción		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
Alteración de espacios silvestres	Transporte		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
	Excavación		1	2	4	1	2	1	1	1	1	1	19
Alteración pastizales	Descarga en destino		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
	Transporte		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
	Transporte		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
Intervención en áreas protegidas	Transporte		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
	Excavación		1	2	4	1	2	1	1	1	1	1	19
	Descarga en destino		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
	Disposición Final		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
Alteración de la salud de la población	Disposición Final		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
Riesgo en la seguridad de trabajadores y población	Recepción		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
	Descarga		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
	Bodegaje		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
	Transporte		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
	Conexiones		6	2	4	2	1	2	1	1	1	1	35
	Disposición final		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
Cambios y/o alteración de relaciones con la comunidad	Transporte		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
	Descarga		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
	Desconexión		6	2	4	2	1	2	1	1	1	1	35
	Disposición final		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
Deposición de residuos y/o generación de residuos	Recepción		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
	Descarga		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
	Pruebas de funcionamiento		6	2	4	2	1	2	1	1	1	1	35
	Bodegaje		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
	Transporte		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
	Conexiones		6	2	4	2	1	2	1	1	1	1	35
	Cambio de piezas		4	2	4	2	1	2	1	1	1	1	29
	Disposición final		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
Alteración del bienestar de las comunidades	Descarga		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
	Bodegaje		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
	Disposición final		1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	18
Pérdida total o parcial de la arqueología	Excavación		1	2	4	1	2	1	1	1	1	1	19

Fuente: Leopold, 2002 Editado por: Autor

La tabla 5.10., muestra que la identificación de impactos por instalación y puesta en servicio está dentro de un rango irrelevante y moderado, por lo cual el sistema no

representa un riesgo al medio ambiente. Al ser un sistema interconectado a la red no cuenta con banco de baterías por lo cual no presenta un nivel severo ya que la constitución química de las baterías las vuelve volátil.

#### 5.4. Funcionamiento del sistema

El proyecto tiene como fuente de energía un sistema fotovoltaico y como fuente secundaria a la red eléctrica, El sistema trabaja en horarios diurno de 12 horas por medio de la red fotovoltaica en caso de requerir más capacidad para suplir la demanda se inyectará una porción de energía de la red eléctrica. En horarios nocturnos este trabajara suministrado por el sistema convencional y un generador 18kW como respaldo de energía para los aireadores y motores de las piscinas como se muestra en la figura 3.3., demostrando que el proyecto es autosostenible al recibir la radiación para la conversión en energía eléctrica, la calidad de la energía suele venir libre de perturbaciones gracias a las etapas de ratificación que maneja el inversor.

De acuerdo a la regulación (ARCERNNR, 2021) el capítulo II indica que la energía producida por una microred fotovoltaica como generador de energía eléctrica en caso que se produzcan excedentes de energía estos podrán ser entregados a la red de baja o media tensión de la empresa distribuidora como lo muestra la figura 5.6.

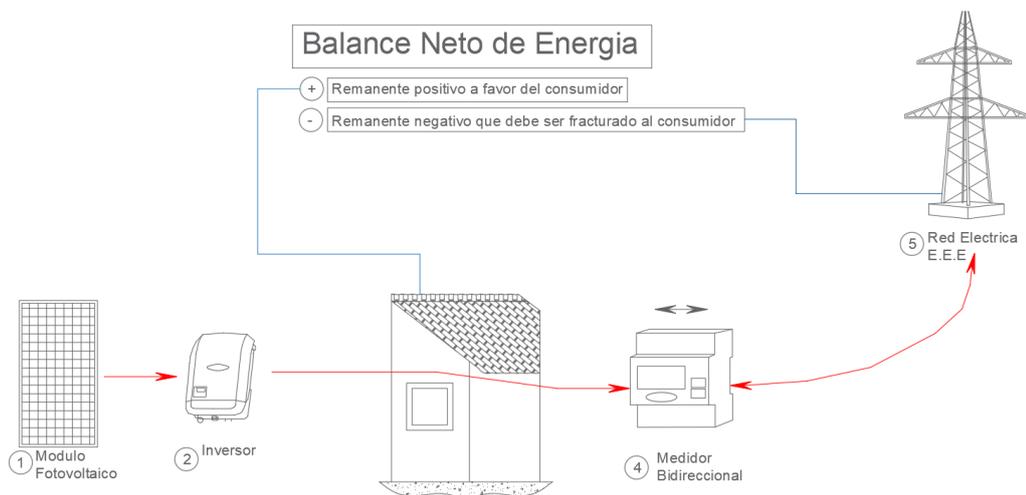


Figura 5.6. Balance Neto  
Fuente: ARCONEL, 2018 editada por: Autor

La empresa distribuidora realizara un balance económico mensual de la energía inyectada al sistema y la energía consumida por el equipo de medición aplicando la ecuación 5.4.

Ecuación 5. 5. Energía neta

$$ENET = EREDi - EINYi \quad (5.5)$$

Donde:

**ENET:** es la energía neta en el periodo mensual de consumo. Su unidad es (KWh)

**EREDi:** es la energía consumida por la red de distribución en el periodo de consumo mensual. Su unidad es (KWh)

**EINYi:** es la energía inyectada por la SGDA en el periodo de consumo mensual. Su unidad es (KWh)

$$ENET \leq 0; \text{ entonces } ENET \rightarrow |ENET| = -ENET$$

Si el resultado de ENET es  $\leq 0$  la empresa distribuidora facturara al consumidor el valor de 0 por concepto de energía consumida mensual. En caso de que ENET sea negativo este excedente será utilidad como crédito, como lo muestra la siguiente ecuación (ARCERNNR, 2021).

Ecuación 5. 6. Crédito de energía mensual

$$CEMi = |ENET| \quad (5.6)$$

Donde:

**CEMi:** es el credito de energia mensual a favor del consumidor

Si  $ENETi$  es  $> 0$  entonces  $CEMi = 0$  por lo que no cuenta con un saldo a favor del consumidor por lo que necesito la intervención en ciertos periodos de la red de la empresa distribuidora. La empresa distribuidora verificara si el usuario dispone de un saldo acumulado correspondiente anterior, en caso de tener un excedente total o parte se debitara el saldo acumulado correspondiente al mes anterior, para cubrir la demanda requerida por ENET en el mes  $i$ . Esta tarifa no estará sujeto a subsidios, solo los consumidores de tipo residencial estarán sujetos a las tarifas de dignidad y subsidio cruzado (ARCERNNR, 2021).

De acuerdo con la Figura 5.3., se puede evidenciar en los meses de enero a septiembre un remanente positivo que puede ser utilizado como crédito a favor, los meses de octubre y noviembre son meses donde la irradiancia solar en el sitio es menor por lo que necesita inyección de la red eléctrica distribuidora por lo cual el sistema se ve beneficiada de la resolución ARCERNNR-013/2021 (ARCERNNR, 2021).

para evaluar el ahorro energético se tomó como base a los pliegos tarifarios del sector industrial. El ejercicio tomó como modo de simulación la potencia de los meses más altos consumido por el cliente 16.64KW y la potencia inyectada a la red de 30.29KW. la tabla 5.11., muestra que el sistema al inyectar energía en horario de 8:00 a 12:00 genera un ahorro total de 671.22 dólares.

Tabla 5. 11. Cálculo del ahorro para sector industrial generadores solares

MES 1			
Ej: 1	Industrial Medio voltaje con demanda demanda de energía		
Cargos horarios	4,79		
8:00 a 22:00			0,083
22:00 a 8:00			0,083
Comercialización			1,414
Consumos horarios	16,64	kW	
8:00 a 22:00	5591,04	kWh-	mes
22:00 a 8:00	2496	kWh-	mes
<b>Factura spee antes del SGDA</b>	<b>752,34</b>		<b>USD</b>
Generación	30,29	kW	
8:00 a 22:00	8287,344	kWh-	mes
22:00 a 8:00	0	kWh-	mes
Balance			
Consumos horarios			
8:00 a 22:00	-2696,304	kWh-	mes
22:00 a 8:00	2496	kWh-	mes
Energía equivalente inyectada:	<b>8287,344</b>		
8:00 a 22:00	8287,344		
22:00 a 8:00	0		
Energía equivalente consumida:	<b>8087,04</b>		
8:00 a 22:00	5591,04		
22:00 a 8:00	2496		
Energía neta equivalente en el período mensual de consumo	-200,304		
Energía consumida facturable	0		
Crédito de energía equivalente mes	200,304		
Crédito de energía equivalente acumulado	200,304		
<b>Factura spee antes del SGDA</b>	<b>81,12</b>		<b>USD</b>
<b>Ahorro SPEE</b>	<b>671,22</b>		<b>USD</b>
<b>Costo SAPG</b>	<b>75,82</b>		<b>USD</b>
<b>Costo Nuevo SAPG</b>	<b>75,82</b>		<b>USD</b>
<b>Ahorro SAPG</b>	<b>-</b>		<b>USD</b>
<b>Ahorro total</b>	<b>671,22</b>		<b>USD</b>

Fuente: CNELEP editada por: Autor

#### **5.4.1. Beneficios Técnicos del sistema**

Como detalle final se mencionan algunos beneficios que hacen rentable al sistema propuesto, los cuales son:

- Sistema amigable con el medio ambiente
- Sistema autosostenible
- Autonomía del sistema hasta 25 años con previo mantenimiento preventivo como lo indica la resolución ARCERNNR-013/2021.
- Fácil instalación
- Mejor calidad de energía ingresada al sistema
- Crédito a favor del consumidor por remanente positivo inyectado a la red

## CONCLUSIONES

En el Capítulo I, propone una alternativa de implementar una microred fotovoltaica interconectada para satisfacer la demanda diurna en un periodo de 12 horas y demostrar los beneficios que se puede obtener con la implementación de este generador renovable mediante el desarrollo de sus objetivos.

El capítulo II nos proporcionó el estado del arte y los antecedentes internacionales que indican que las energías renovables se están convirtiendo en la solución ante la crisis energética por falta de combustible fósil, probando que las fuentes de energía ilimitadas cuentan con beneficios que favorecen a la generación energética, al ahorro y al cuidado con el medio ambiente.

En el capítulo III mediante levantamiento de información se pudo evidenciar que en el periodo 2021 la empresa tuvo un consumo de energía anual de 80326.76 KWh, por su capacidad en energía bajo la resolución ARCERNNR-013/2021, se puede implementar una microred fotovoltaica como fuente generadora de energía.

En el capítulo IV se procedió a elaborar el diseño del proyecto a través del software PVsyst que permitió realizar criterios de selección según datos proporcionados por satélites meteorológicos, sin embargo, previo a los resultados obtenidos por el sistema se evaluó la energía generada por el proyecto en el periodo de captación solar de 11 horas vs la energía consumida por el usuario en un periodo de 24 horas. Con una energía inyectada anual de 94,474 KWh y consumo anual de energía de 80,326.76 KWh la energía inyectada es mayor 18% lo cual cuenta como beneficio para el sistema. También se valoró la energía mensual inyectada a la red con 7898.15 KWh vs la energía consumida mensual de 6693.89KWh y finalmente energía diaria inyectada a la red de 329.11KWh vs energía diaria consumida de 278.91KWh, indicando de esta manera que el sistema podría cubrir un periodo de 24 horas si contara con un sistema de respaldo de energía sin embargo volvería un proyecto autónomo.

En el capítulo V demuestra que el proyecto con una inversión inicial de 78,185.00 dólares es rentable con un TIR de 9.03%. Invirtiendo en el proyecto con préstamos y un autofinanciamiento se demuestra un ahorro de 7500.00 dólares anuales, después haber

pagado el monto total de la inversión entre los años 10 y 11. Este ahorro constara como beneficio económico teniendo en cuenta que la vida útil del proyecto es de 25 años, de esta manera el ahorro desde el año 11 hasta el año 25 es de 109,431.02 dólares. Se comparo el valor del proyecto vs el ahorro económico demostrando una ganancia de 71%.

## **RECOMENDACIONES**

Para dimensionar un sistema fotovoltaico es necesario evaluar la zona de instalación, la incidencia de sombras, la irradiación anual, las horas solar pico, las pérdidas que puede generar el sistema, el número de impactos de rayos anual sobre el área y las protecciones del sistema.

Se recomienda el uso de software de dimensionamiento para sistemas fotovoltaicos ya que nos permite evaluar las pérdidas reales del sistema, trabaja con datos meteorológicos obtenidos mediante satélite para considerar las restricciones del sistema y las mejores opciones para la selección de componentes en función a la demanda requerida.

Es necesario realizar un mantenimiento preventivo anual a los módulos fotovoltaicos, conexiones, inversor y sistemas de protección para garantizar su operatividad con una autonomía hasta 25 años como lo indica la resolución ARCERNNR-013/2021 para el ciclo de vida útil de generadores renovables.

Se recomienda un estudio de los beneficios que puede tener la implementación de hidrogeno verde en conjunto con el sistema fotovoltaico como fuente de energía térmica y fuentes de almacenamiento.

Se recomienda realizar a profundidad un estudio del nivel de impacto ambiental para evaluar en una escala medible el número de impactos concurrentes en función al tiempo de desarrollo del proyecto y medidas correctivas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alimentsa. (2018). Camara nacional de acuacultura.
- Alvarez, G., & Vaca, H. (2014). *Diseño e implementacion de microred hibrida a base de energia fotovoltaica y termica diesel en la empresa Trace Oilfiled Services Cia Ltda para reducir la contaminacion ambiental*. Ambato: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. Carrera de Ingeniería Electromecánica.
- Arboleda, J. (2008). Manual para la evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras. Colombia.
- ARCERNNR. (2021). *Microgeneracion*, 39.
- ARCONEL. (2015). *Estadistica anual y multianual del sector electrico ecuatoriano*, 300.
- Argoti, N. (2021). *Diseño de una microred de distribucion de energia electrica con gneracion hibrida fotovoltaica - termica, para atender la comunidad aislada Zancudococha*. Quito: Escuela Politecnica Nacional. Facultad de Ingeniería Electrica y Electronica.
- Armijos, K., & Cabrera, J. (2020). *Implementacion de un sistema fotovoltaico de 600W para la alimentacion del laboratorio de metrologia*. Guayaquil: Universidad politecnica saleciana.
- Arroyo, O. (2013). Estudio de la factibilidad de iluminacion con la tecnologia led conectado con un panel fotovoltaico. En O. Arroyo, *Estudio de la factibilidad de iluminacion con la tecnologia led conectado con un panel fotovoltaico*. Mexico.
- CAF, B. d. (2013). Energía una visión sobre la porenica fotovoltaica instalada en el mundo. 23.
- Castillon, D., & Carillo, J. (2021). *Evaluacion del impacto ambiental de la instalacion de un sistema fotovoltaico en la finca del hotel Santa Helena en Restrepo - Meta(Colombia)*. Colombia: Universidad Libre - Facultad de ingenieria ambiental.
- CELEC EP. (2021). *Plan maestro de electricidad MERNNR-VEER-2021-0008-AM*, 16.
- CFN. (2022). *Índices y tablas de amortización para préstamos* . Quito.
- Chavez, I. (2012). Diseño de sistemas fotovoltaicos autonomos. En I. Chavez, *Diseño de sistemas fotovoltaicos autonomos* (pág. 6).
- Climate.ORG. (2022). *Diagrama de temperatura duran*. Obtenido de <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-del-guayas/duran-2960/>
- Dehn. (2010). Manual de proteccion contra rayos y descargas atmosfericas.
- DURAN, G. (2015). *Plan de desarrollo geografia urbana*. Duran.
- EIA. (2014). Key World Energy Statistics. *International Energy Agency*.
- energy, G. r. (2015). *renewable energy in total final energy comsumption* , 204.
- Fabio, A. (2016). Diseño e instalacion solar fotovoltaica con capacidad para 3 kilovatios. Bogota.
- Fotersa. (2014). *Estudio de impacto ambiental granja solar fotovoltaico del pacifico I*. Honduras: Universidad Catolica de honduras.

- Gonzales, J. (2009). Energías renovables. En J. Gonzales, *Energías renovables* (págs. 4-7). Barcelona: Reverte.
- Hidalgo, A. (2015). Diseño de un sistema de energía fotovoltaica para la facultad de ciencias ambientales de la universidad internacional SEK. 22-24.
- Izquierdo, F. (1990). Atlas solar del Ecuador con fines de generacion energetica. En f. Izquierdo, *Atlas solar del Ecuador con fines de generacion energetica* (pág. 5). Quito.
- Lopez, L. (2014). Diseño de un sistema fotovoltaico integrado a la red para el area de estacionamiento de la univercidad tecnologica de Salamanca. 32/101.
- MAATE. (2012). *Guia para el calculo de efectos de invernadero*. Quito.
- Mogrovejo, W., & Sarmiento, J. (2017). Consumo de la energia solar fotovoltaica. 19-234.
- Ocampo, F., & Suarez, W. (2017). *Diseño y simulacion de la operacion y control de los convertidores estaticos de una microred fotovoltaica (micro smart grid) aplicado a un sistema de alumbrado publico a partir de fuentes de energias renovables*. Quito: Escuela Politecnica Nacional. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.
- Perpiñan, O. (2013). Energia solar fotovoltaica. En O. Perpiñan, *Energia solar fotovoltaica* (págs. 1-2).
- Sanchez, M. (2011). Energia solar fotovoltaica. En M. Sanchez, *Energia solar fotovoltaica* (pág. 311).
- Santamarta, J. (2004). Las energias renovables son el futuro. En j. Santamarta, *Las energias renovables son el futuro* (págs. 34-35). World Watch.
- SMA. (2018). *Tecnologias de inversor solar*. España.
- Vazques, C. (2014). Analisis, modelamiento y gestion de una microred electrica para edificaciones residenciales usando paneles fotovoltaicos. En C. Vazques, *Analisis, modelamiento y gestion de una microred electrica para edificaciones residenciales usando paneles fotovoltaicos* (pág. 25). Quito.

## Glosario

### Definiciones:

**Acometida:** se denomina a los conductores que circulan desde la red eléctrica hasta el predio.

**Alimentador:** se denomina a todo conductor de un circuito que deriva desde un tablero de distribución eléctrico.

**Albedo:** radiación que incide sobre objetos del terreno.

**Altura solar:** es el Angulo de elevación que tiene el sol con respecto al horizonte donde se proyecta la luz sobre una superficie plana.

**Azimut:** se define como el Angulo de orientación que se proyecta sobre una superficie de una esfera existente o imaginaria.

**Consumo de energía:** es la cantidad de energía entrega a un sistema en un tiempo dado.

**Corriente eléctrica:** se denomina el flujo de electrones que circula por un conductor en un tiempo dado. Su unidad cuantificada es el Amperio (A).

**Demanda de energía:** es la cantidad de energía relativa a su periodo de tiempo donde el sistema necesita energía para poder operar.

**Eficacia:** Consiste en cumplir todos los requerimientos asignados.

**Eficiencia:** Consiste en generar el mayor rendimiento con la menor cantidad de recursos-

**Energía (E):** se define como el trabajo realizado por una fuerza en forma de movimiento. Su unidad cuantificada es el Julio (J).

**Energía renovable:** Es la energía obtenida por los recursos naturales del planeta tierra para ser convertida y utilizada en energía aprovechable. Su unidad cuantificada es el Julio (J).

**Horas sol pico (HSP):** se denomina a la máxima energía aprovechada en un periodo de tiempo determinado que incide en una superficie plana. Su unidad cuantificada son las horas (h).

**Irradiación (H):** es la radiación que incide sobre una superficie plana en un periodo de tiempo. Su unidad cuantificada es la Energía ( $J/m^2$  o  $Wh/m^2$ ).

**Irradiación (I):** es la radiación que incide sobre una superficie plana. Su unidad cuantificada es la potencia ( $W/m^2$ ).

**Irradiación directa:** son los rayos de sol que inciden de manera directa a una superficie plana.

**Irradiación difusa:** son la resultante después de haber reflejado en cualquier partícula del aire e incidido en una superficie plana.

**Irradiancia global:** se puede entender como la sumatoria de la radiación directa y difusa que inciden sobre una misma superficie.

**Orientación solar:** es el recorrido que tiene el sol al incidir sobre una superficie.

**Potencia efectiva:** es la potencia real con la que operan las instalaciones. Su unidad cuantificada es el Vatio (W).

**Potencia de inyección:** Es la potencia inyectada en el punto de conexión. Su unidad cuantificada es el Vatio (W).

**Potencia pico:** Es la potencia instalada en módulos fotovoltaicos, siempre será mayor que la potencia de inyección. Su unidad cuantificada es el Vatio (W).

**Potencia nominal:** es la potencia máxima indicada por el fabricante que puede alcanzar un sistema operando en condiciones normales. Su unidad cuantificada es el Vatio (W).

**Radiación solar:** es la energía propagada por el sol en todas las direcciones del espacio.

**Sistema:** es el conjunto de componentes que operan siguiendo un mismo lineamiento.

**Sistema fotovoltaico:** es el conjunto de componentes eléctricos interconectados capaces de poder generar energía eléctrica mediante la captación de la radiación solar.

**Sistema puesta a tierra:** es un conjunto de componentes eléctricos que aterrizan el sistema eléctrico a tierra con la finalidad de proteger las instalaciones.

**Sistema de sobretensión:** es un conjunto de dispositivos capaces de aterrizar y suprimir los remanentes generados por descargas atmosféricas de incidencia directa e indirecta, perturbaciones de voltaje y huecos.

**Sombra:** se denomina un espacio o región detrás de un objeto donde no incide luz.

**Voltaje:** se define como la diferencia de potencial que existe entre dos puntos opuestos. Su unidad cuantificada es el voltio (V).

**Terminologías:**

**ARCONEL:** Agencia de regulación y control de electricidad.

**CAF:** Banco de desarrollo de América latina.

**CNEL:** Corporación nacional de electricidad.

**EIA:** Evaluación de impacto ambiental.

**MEER:** Ministerio de energía y recursos renovables.

**NASA:** Administración nacional de aeronáutica en el espacio (National Aeronautics and Space Administration).

**PVPS:** Sistema fotovoltaico de potencia programable (Photovoltaic Power Systems Programmed).

**SAPG:** Servicio de alumbrado público general.

**SGDA:** Sistema de generación distribuida para el autoabastecimiento.

**SPEE:** Servicio de energía eléctrica

**TIR:** Tasa interna de retorno.

**VAN:** Valor actual neto.

**Simbología Romana:**

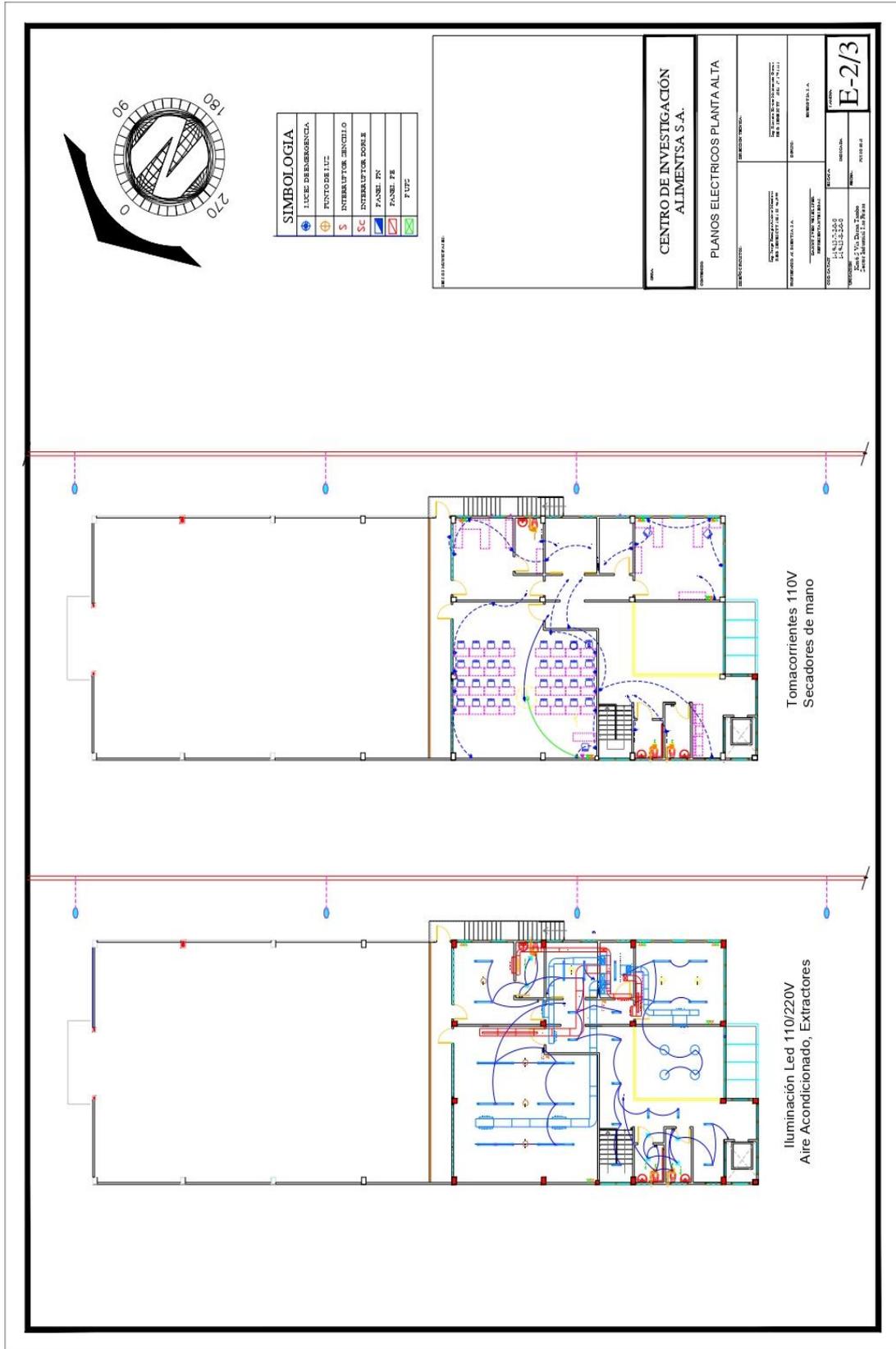
**$\alpha$ :** Alfa

**$\beta$ :** Beta

**$\gamma$ :** Gamma

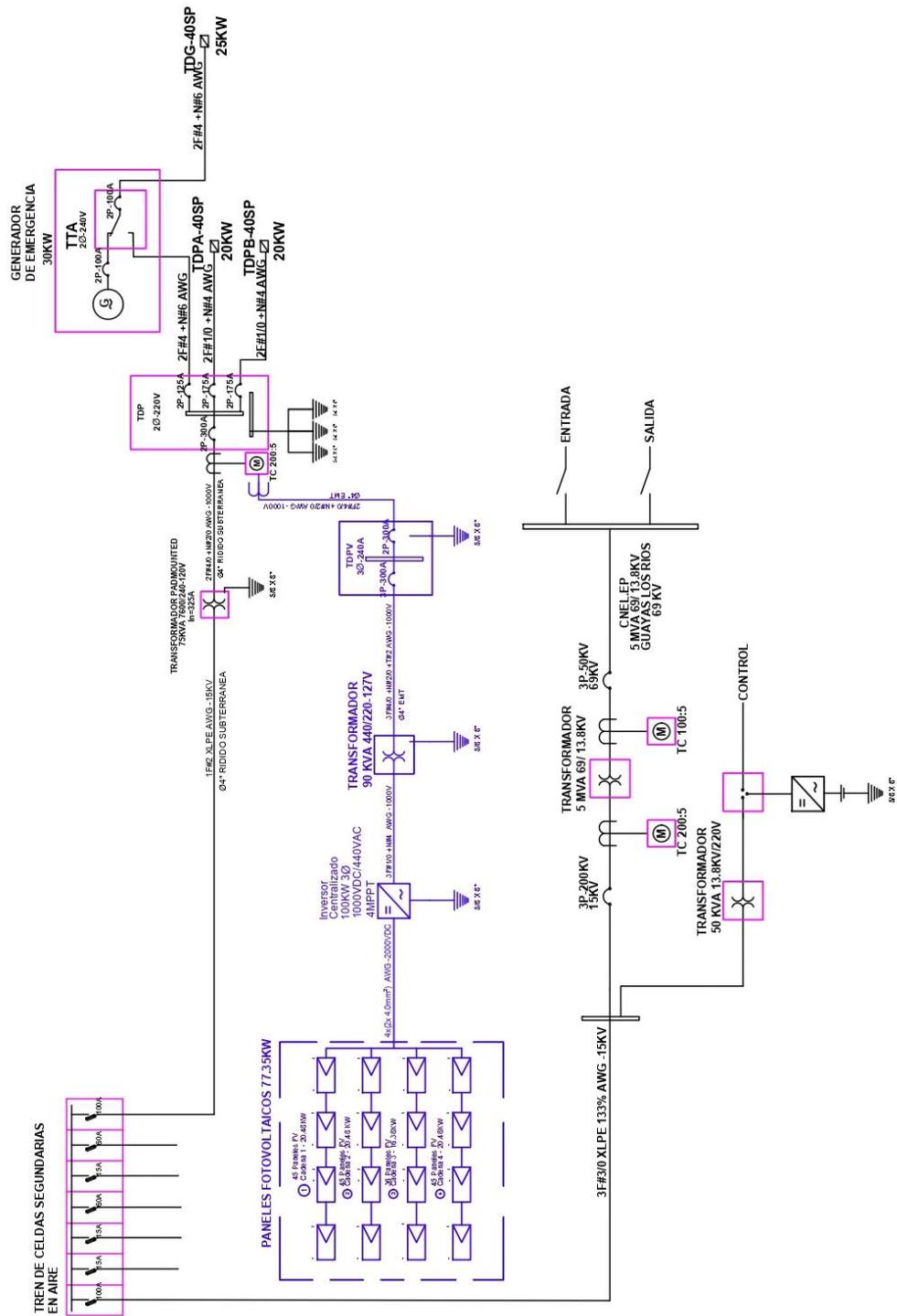
**$\theta$ :** Teta





ANEXO 2. Diseño eléctrico





ANEXO 4. Diagrama propuesto con generación fotovoltaica centro de investigación

## PVsyst - Simulation report

### Grid-Connected System

Project: Centro de investigacion de larvas - Duran -Ecuador

Variant: CONFIGURACION 67KWP CON INVERSOR CENTRAL

No 3D scene defined, no shadings

System power: 78.4 kWp

Duran Tambo - Ecuador

*PVsyst TRIAL*

*PVsyst TRIAL*

*PVsyst TRIAL*

| Author

*ANEXO 5. Informe arreglo fotovoltaico PVsyst*



Project: Centro de investigacion de larvas - Duran -Ecuador  
 Variant: CONFIGURACION 67KWp CON INVERSOR CENTRAL

**PVsyst V7.2.12**  
 VC1, Simulation date:  
 20/03/22 21:46  
 with v7.2.12

**Project summary**

<b>Geographical Site</b> Duran Tambo Ecuador	<b>Situation</b> Latitude -2.21 °S Longitude -79.75 °W Altitude 9 m Time zone UTC-5	<b>Project settings</b> Albedo 0.20
<b>Meteo data</b> Duran Tambo Meteonorm 8.0 (2010-2014), Sat=100% - Sintético		

**System summary**

<b>Grid-Connected System</b>	<b>No 3D scene defined, no shadings</b>	
<b>PV Field Orientation</b> Fixed plane Tilt/Azimuth 12 / 0 °	<b>Near Shadings</b> No Shadings	<b>User's needs</b> Unlimited load (grid)
<b>System information</b>		
<b>PV Array</b> Nb. of modules Pnom total	196 units 78.4 kWp	<b>Inverters</b> Nb. of units Pnom total Pnom ratio 1 unit 100 kWac 0.784

**Results summary**

Produced Energy	95.06 MWh/year	Specific production	1213 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	83.10 %
-----------------	----------------	---------------------	-------------------	----------------	---------

**Table of contents**

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Main results	4
Loss diagram	5
Special graphs	6



Project: Centro de investigacion de larvas - Duran -Ecuador

Variant: CONFIGURACION 67KWP CON INVERSOR CENTRAL

**PVsyst V7.2.12**

VC1, Simulation date:  
20/03/22 21:46  
with v7.2.12

**General parameters**

<b>Grid-Connected System</b>		<b>No 3D scene defined, no shadings</b>	
<b>PV Field Orientation</b>		<b>Sheds configuration</b>	<b>Models used</b>
Orientation		No 3D scene defined	Transposition Perez
Fixed plane			Diffuse Perez, Meteonorm
Tilt/Azimuth	12 / 0 °		Circumsolar separate
<b>Horizon</b>		<b>Near Shadings</b>	<b>User's needs</b>
Free Horizon		No Shadings	Unlimited load (grid)

**PV Array Characteristics**

<b>PV module</b>		<b>Inverter</b>	
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Generic
Model	TSM-DE15H-(II)-400	Model	FreeSun FS0100 LVT
(Original PVsyst database)		(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	400 Wp	Unit Nom. Power	100 kWac
Number of PV modules	196 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	78.4 kWp	Total power	100 kWac
Modules	14 Strings x 14 In series	Operating voltage	450-820 V
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Pnom ratio (DC:AC)	0.78
Pmpp	71.5 kWp		
U mpp	529 V		
I mpp	135 A		
<b>Total PV power</b>		<b>Total inverter power</b>	
Nominal (STC)	78 kWp	Total power	100 kWac
Total	196 modules	Number of inverters	1 unit
Module area	398 m²	Pnom ratio	0.78
Cell area	342 m²		

**Array losses**

<b>Thermal Loss factor</b>		<b>DC wiring losses</b>		<b>Module Quality Loss</b>				
Module temperature according to irradiance		Global array res.	65 mΩ	Loss Fraction	-0.8 %			
Uc (const)	20.0 W/m²K	Loss Fraction	1.5 % at STC					
Uv (wind)	0.0 W/m²K/m/s							
<b>Module mismatch losses</b>		<b>Strings Mismatch loss</b>						
Loss Fraction	2.0 % at MPP	Loss Fraction	0.1 %					
<b>IAM loss factor</b>								
Incidence effect (IAM): Fresnel AR coating, n(glass)=1.526, n(AR)=1.290								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000

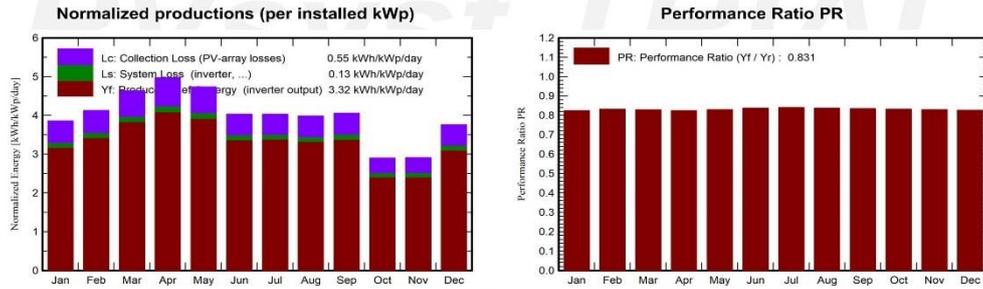


Project: Centro de inverstigacion de larvas - Duran -Ecuador  
 Variant: CONFIGURACION 67KWP CON INVERSOR CENTRAL

PVsyst V7.2.12  
 VC1, Simulation date:  
 20/03/22 21:46  
 with v7.2.12

Main results

**System Production**  
 Produced Energy 95.06 MWh/year  
 Specific production 1213 kWh/kWp/year  
 Performance Ratio PR 83.10 %



Balances and main results

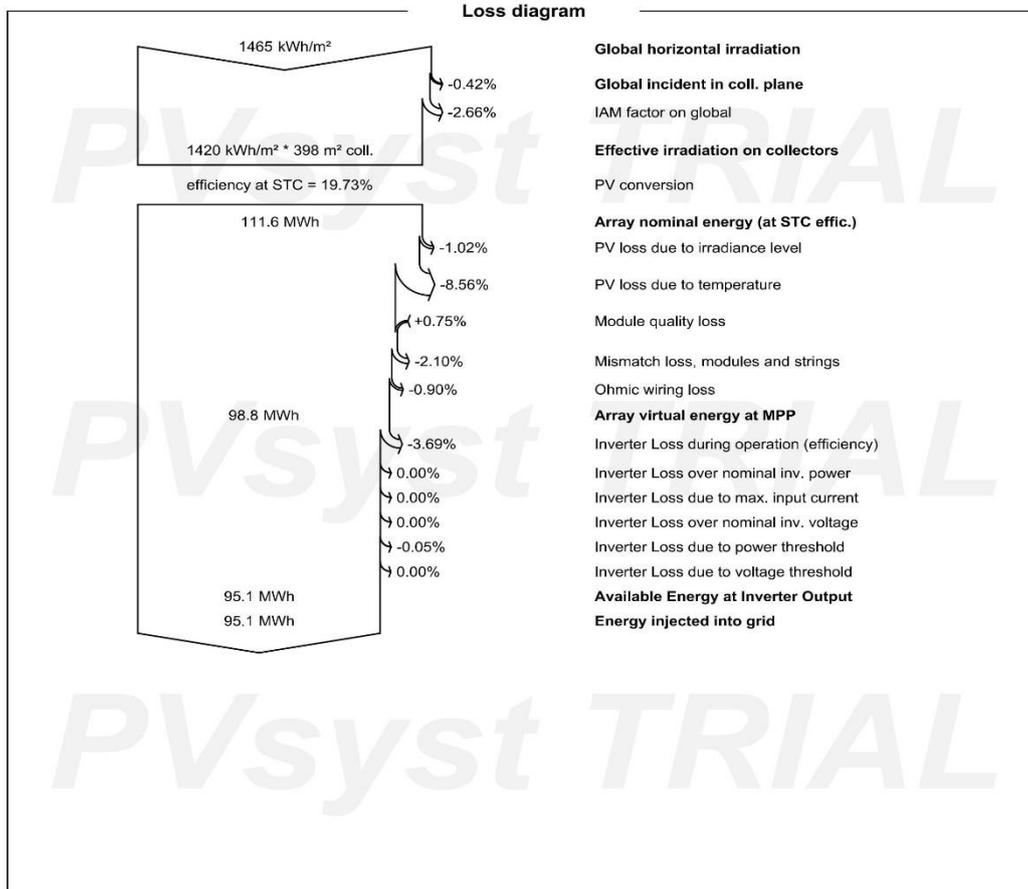
	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	129.2	70.85	26.61	119.6	115.8	8.031	7.725	0.824
February	120.7	76.51	26.45	115.5	112.3	7.814	7.531	0.831
March	145.8	87.44	27.00	143.6	140.0	9.664	9.329	0.828
April	145.7	73.91	26.68	149.0	145.8	9.977	9.631	0.824
May	138.6	70.63	26.41	146.8	143.6	9.895	9.545	0.829
June	113.5	63.20	24.79	120.9	118.0	8.235	7.931	0.837
July	118.8	72.82	24.46	124.9	121.9	8.540	8.230	0.841
August	120.1	72.02	24.12	123.3	120.3	8.396	8.087	0.836
September	121.7	74.06	24.13	121.6	118.5	8.270	7.959	0.835
October	93.2	67.45	24.52	89.9	87.0	6.134	5.863	0.832
November	92.1	67.37	24.67	87.3	84.4	5.943	5.680	0.830
December	125.9	76.97	26.54	116.6	113.0	7.858	7.552	0.826
Year	1465.3	873.23	25.53	1459.2	1420.3	98.756	95.064	0.831

Legends

GlobHor Global horizontal irradiation  
 DiffHor Horizontal diffuse irradiation  
 T\_Amb Ambient Temperature  
 GlobInc Global incident in coll. plane  
 GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings  
 EArray Effective energy at the output of the array  
 E\_Grid Energy injected into grid  
 PR Performance Ratio



PVsyst V7.2.12  
VC1, Simulation date:  
20/03/22 21:46  
with v7.2.12



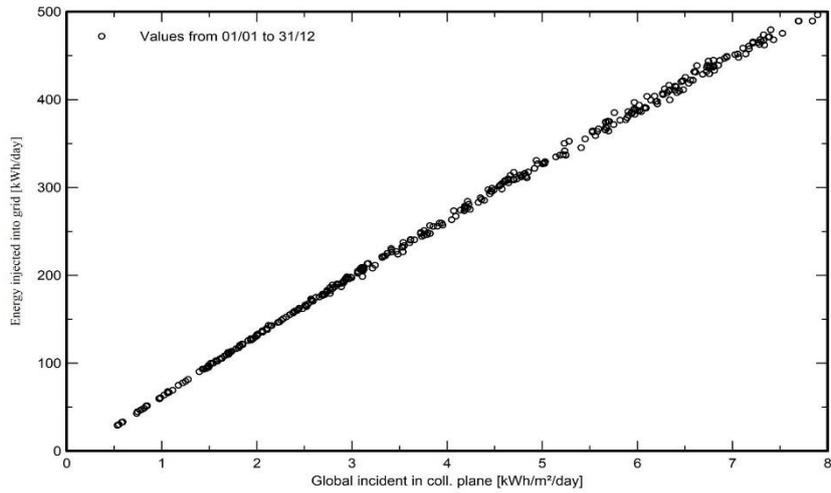


**PVsyst V7.2.12**  
VC1, Simulation date:  
20/03/22 21:46  
with v7.2.12

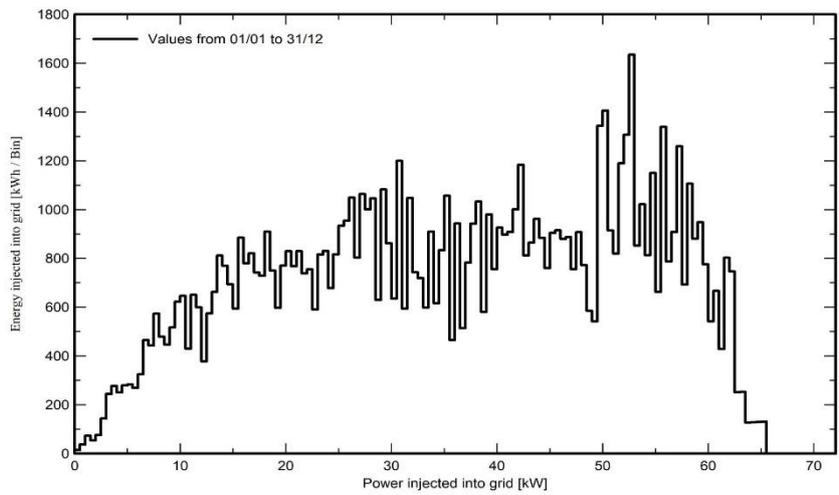
Project: Centro de investigación de larvas - Duran -Ecuador  
Variant: CONFIGURACION 67KWP CON INVERSOR CENTRAL

### Special graphs

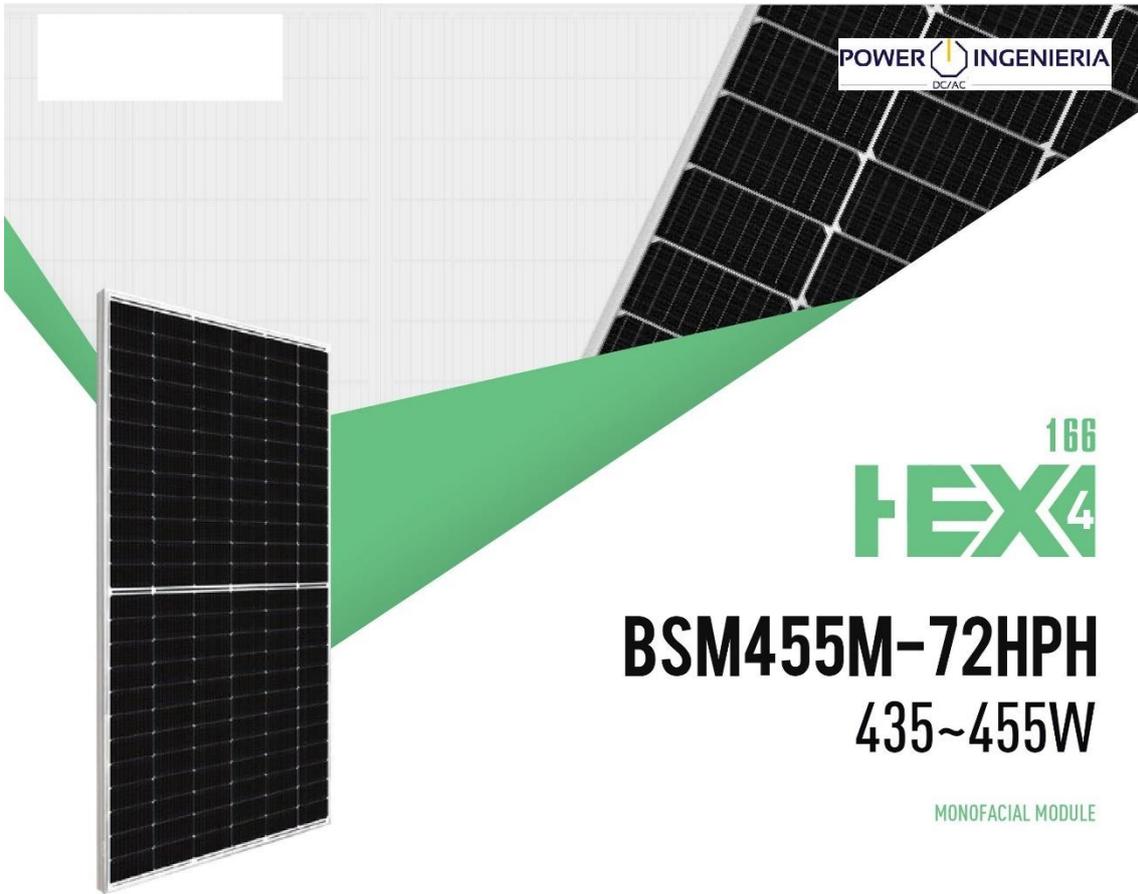
Diagrama entrada/salida diaria



Distribución de potencia de salida del sistema



# Datasheet Modulo fotovoltaico



166  
**HEX4**

## BSM455M-72HPH 435~455W

MONOFACIAL MODULE

### BLUESUN SOLAR CO.,LTD

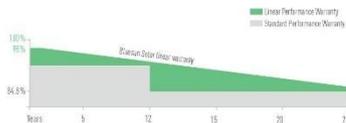
Bluesun, founded in 2004, as a superior photovoltaic manufacturer, is devoted to the R&D and the production of crystalline silicon solar cells and modules for 17 years. The company has its sales areas spread all over more than 100 countries and regions in the world, and the cumulative historical shipments exceeded 12 GW.

### PERFORMANCE WARRANTY

**12** Enhanced Product Warranty on Materials and Work man ship.

**25** Linear Power Performance Warranty\*

**±0.5%** Annual Degradation Over 25 years no more than 0.55%



\*According to the applicable Bluesun Solar Limited Warranty Statement.

### MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES

ISO 9001:2015 / Quality management system

ISO 14001:2015 / Standards for environmental

ISO 45001: 2018 / International standards for occupational health & safety

### PRODUCT CERTIFICATES

IEC 61215 / IEC 61730 / UL 61730 / INMETRO



### THE IDEAL SOLUTION FOR:



#### High module conversion efficiency

MBB Half Cell Technology, Module efficiency up to 20.9 %



#### Withstanding harsh environment

Reliable quality leads to a better sustainability even in harsh environment like desert, farm and coastline



#### PID Resistance

Excellent Anti-PID performance guarantee via optimized mass-production process and materials control



#### Excellent weak light performance

More power output in weak light condition, such as cloudy, morning and sunset



#### Extended wind and snow load tests

Module certified to withstand extreme wind (2400 Pa) and snow loads (5400 Pa)

\*Release BSM455M-72HPH(435-455W)-2022-01-Rev01-EN

## ANEXO 6. Catalogo modulo solar monocristalino

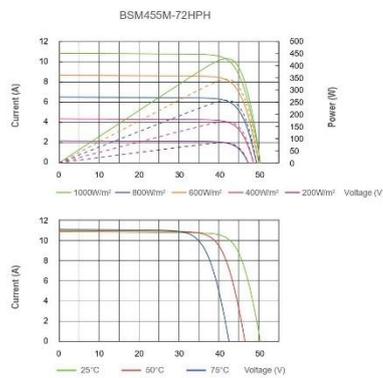
# HEX 4

## SPECIFICATIONS

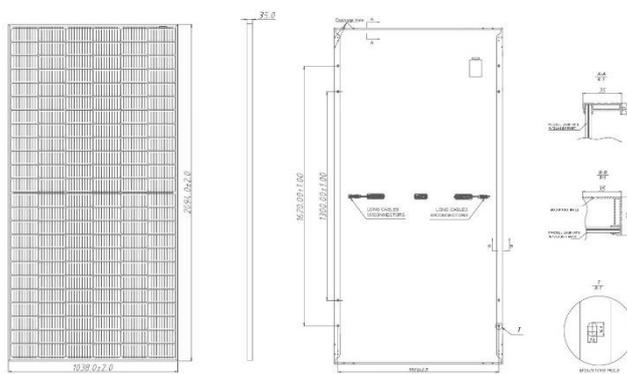
Module Type	BSM435M-72HPH		BSM440M-72HPH		BSM445M-72HPH		BSM450M-72HPH		BSM455M-72HPH	
	STC	NMOT								
Maximum Power (P <sub>max</sub> /W)	435	324	440	328	445	332	450	335	455	339
Operating Voltage (V <sub>mpp</sub> /V)	40.3	37.6	40.5	37.8	40.7	38.0	40.9	38.2	41.1	38.4
Operating Current (I <sub>mpp</sub> /A)	10.80	8.62	10.87	8.67	10.94	8.73	11.01	8.78	11.08	8.84
Open-Circuit Voltage (V <sub>oc</sub> /V)	49.0	45.6	49.2	45.8	49.4	46.0	49.6	46.2	49.8	46.4
Short-Circuit Current (I <sub>sc</sub> /A)	20.0	9.15	11.40	9.20	11.47	9.26	11.54	9.32	11.61	9.37
Module Efficiency η <sub>m</sub> (%)	20.0		20.2		20.4		20.7		20.9	

STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5 NMOT: Irradiance at 800W/m<sup>2</sup>, Ambient Temperature 20°C, Air Mass AM1.5, Wind Speed 1m/s

## I-V CURVE



## ENGINEERING DRAWINGS



## MECHANICAL SPECIFICATION

Cell Type	Monocrystalline
Cell Dimensions	166*166mm
Cell Arrangement	144 (6*24)
Weight	25.5kg
Module Dimensions	2094*1038*35mm
Cable Length	Portrait 300mm/Landscape 1200mm/Customized
Cable Cross Section Size	TUV: 4mm <sup>2</sup> (0.006inches <sup>2</sup> )/UL: 12AWG
Front Glass	3.2mm (0.13inches) AR Coating Tempered Glass
No. of Bypass Diodes	3
Packing Configuration	31pcs/carton, 704pcs/40hq
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68

## OPERATING CONDITIONS

Maximum System Voltage	1000V/1500V(DC)(IEC)
Operating Temperature	-40°C~+85°C
Maximum Series Fuse	20A
Static Loading	Snow Loading: 5400Pa/ Wind Loading: 2400Pa
Conductivity at Ground	≤0.1Ω
Safety Class	II
Resistance	≥100MΩ
Connector	T01/LJQ-3-CSY/MC4/MC4-EVO2

## TEMPERATURE COEFFICIENT

Temperature Coefficient P <sub>max</sub>	-0.36%/°C
Temperature Coefficient V <sub>oc</sub>	-0.26%/°C
Temperature Coefficient I <sub>sc</sub>	+0.043%/°C
NMOT	43±2°C

\*Release BSMXIM-72HPH(435-455W)-2022-01-Rev01-EN

# Datasheet Inversor Centralizado

Three Phase  
4MPPTs

## BSM100K-B

Commercial Medium Power Inverter

100KW



20% Max DC Overload



200Vdc low starting voltage  
higher yield



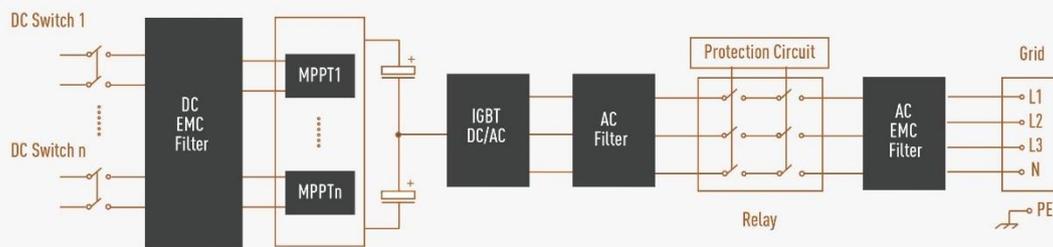
High precision & intelligent  
string detection  
Compatible with  
182/210 PV panels



AC&DC type II SPD



Intelligent string monitoring



ANEXO 7. Catalogo inversor trifásico centralizado

TECHNICAL PARAMETERS

Model		BSM100K-B
DC Input	Max. DC Voltage	1100V
	Starting Voltage	200V
	MPPT Voltage Range	200V-1000V
	MPPT Range Full Load	550V-850V
	Max. Input Current of Each MPPT	65A / 65A / 65A / 65A
	Max. short-circuit current	100A / 100A / 100A / 100A
	Number of DC Inputs	5 / 5 / 5 / 5
	MPPT Number	4
AC Output	Rated Output Power	100kW
	Max. Active Power (cos φ =1)	110kW
	Rated Output Voltage	400V(Three Phase)
	Operating Voltage Range	300V-520V
	Rated Output Current	144A
	Max. Output Current	1583.8A
	Rated Grid Frequency	50Hz / 60Hz
	Power Factor	0.8 (Leading) ~ 0.8 (Lagging)
	THD	<3%
System Parameters	Max.Efficiency	99.00%
	European Efficiency	98.52%
	AC/DC SPD	Support
	Insulation Impedance Detection	Support
	Residual Leakage Current Detection	Support
	PV String Fault Detection	Support
	Output Overcurrent Protection	Support
	Protection Degree	IP65
	Operating Temperature Range	-40 C ~ +60 C
	Cooling System	Smart Air Cooling
	Standby Power Consumption	<1W
	Topology Structure	Transformerless
	Operating Altitude	5000m (Derating above 3000m)
	Display	LED Indicator + APP
	Communication	RS485 / WiFi / GPRS / 4G
Certification	IEC61683 / IEC62109 / IEC61000 / IEC62116 / IEC61727	
Mechanical Parameters	Dimensions (W*H*D)	800*680*330mm
	Weight	89kg

\*Release BSMXXX-B-2022-03-Rev01-EN

PERIODO: **ENERO - DICIEMBRE \***

EMPRESAS ELÉCTRICAS:

**CNEL EL ORO - CNEL ESMERALDAS - CNEL GUAYAS LOS RÍOS - CNEL LOS RÍOS - CNEL MANABÍ - CNEL MILAGRO - CNEL SANTA ELENA - CNEL SANTO DOMINGO - CNEL SUCUMBIOS - GALAPAGOS**

CARGOS TARIFARIOS ÚNICOS

JUNIO - NOVIEMBRE \*\*

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW-mes)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACION (USD/Consumidor)	
<b>NIVEL VOLTAJE</b>				
<b>BAJO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA</b>				
<b>COMERCIALES</b>				
08:00 hasta 22:00 horas 22:00 hasta 08:00 horas	4,790	0,090	1,414	
		0,072		
<b>INDUSTRIALES</b>				
08:00 hasta 22:00 horas 22:00 hasta 08:00 horas	4,790	0,065		
		0,069		
<b>E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES</b>				
08:00 hasta 22:00 horas 22:00 hasta 08:00 horas	4,790	0,080		
		0,066		
<b>BOMBEO AGUA</b>				
08:00 hasta 22:00 horas 22:00 hasta 08:00 horas	4,790	0,070		
		0,056		
<b>NIVEL VOLTAJE</b>				
<b>BAJO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA DIFERENCIADA</b>				
<b>BOMBEO AGUA SERVICIO PÚBLICO DE AGUA POTABLE</b>				
L-V 08:00 hasta 18:00 horas L-V 18:00 hasta 22:00 horas L-V 22:00 hasta 08:00 horas*** S,D 18:00 hasta 22:00 horas	2,620	0,056	1,414	
		0,095		
		0,045		
		0,056		
<b>VEHICULOS ELÉCTRICOS</b>				
L-V 08:00 hasta 18:00 horas L-D: 18:00 hasta 22:00 L-D: 22:00 hasta 08:00 horas SyD: 08:00 hasta 18:00 horas	4,050	0,080		
		0,100		
		0,050		
<b>NIVEL VOLTAJE</b>				
<b>BAJO Y MEDIO VOLTAJE</b>				
1-300 Superior	<b>BOMBEO AGUA - COMUNIDADES CAMPESINAS DE ESCASOS RECURSOS ECONÓMICOS SIN FINES DE LUCRO</b>		0,700	
		0,040		
08:00 hasta 22:00 horas 22:00 hasta 08:00 horas	<b>ASISTENCIA SOCIAL, BENEFICIO PÚBLICO Y CULTO RELIGIOSO CON DEMANDA</b>		1,414	
	3,000	0,065		
	<b>ASISTENCIA SOCIAL Y BENEFICIO PÚBLICO CON DEMANDA HORARIA</b>			
	3,000	0,065		
		0,054		

# Tasas de Interés

Enero 2022

## 1. TASAS DE INTERÉS ACTIVAS EFECTIVAS VIGENTES PARA EL SECTOR FINANCIERO PRIVADO, PÚBLICO Y, POPULAR Y SOLIDARIO

Tasas Referenciales		Tasas Máximas*	
Tasa Activa Efectiva Referencial para el segmento:	% anual	Tasa Activa Efectiva Máxima para el segmento:	% anual
Productivo Corporativo	7.39	Productivo Corporativo	8.86
Productivo Empresarial	9.30	Productivo Empresarial	9.89
Productivo PYMES	10.23	Productivo PYMES	11.26
Consumo	16.16	Consumo	16.77
Educativo	8.64	Educativo	9.50
Educativo Social	5.49	Educativo Social	7.50
Vivienda de Interés Público	4.97	Vivienda de Interés Público	4.99
Vivienda de Interés Social	4.98	Vivienda de Interés Social	4.99
Inmobiliario	9.79	Inmobiliario	10.40
Microcrédito Minorista	19.92	Microcrédito Minorista	28.23
Microcrédito de Acumulación Simple	20.51	Microcrédito de Acumulación Simple	24.89
Microcrédito de Acumulación Ampliada	20.17	Microcrédito de Acumulación Ampliada	22.05
Inversión Pública	8.28	Inversión Pública	9.33

De acuerdo a la Resolución 603-2020-F, de la Junta de Política y Regulación Monetaria y Financiera.  
De acuerdo a la Resolución JPRF-F-2021-004, de la Junta de Política y Regulación Financiera

## 2. TASAS DE INTERÉS PASIVAS EFECTIVAS PROMEDIO POR INSTRUMENTO

Tasas Referenciales	% anual	Tasas Referenciales	% anual
Depósitos a plazo	5.57	Depósitos de Ahorro	0.98
Depósitos monetarios	0.59	Depósitos de Tarjetahabientes	1.31
Operaciones de Reporto	1.50		

## 3. TASAS DE INTERÉS PASIVAS EFECTIVAS REFERENCIALES POR PLAZO

Tasas Referenciales	% anual	Tasas Referenciales	% anual
Plazo 30-60	4.04	Plazo 121-180	5.11
Plazo 61-90	4.36	Plazo 181-360	5.84
Plazo 91-120	5.05	Plazo 361 y más	7.74

## 4. TASAS DE INTERÉS PASIVAS EFECTIVAS MÁXIMAS PARA LAS INVERSIONES DEL SECTOR PÚBLICO

(según regulación No. 133-2015-M)

## 5. TASA BÁSICA DEL BANCO CENTRAL DEL ECUADOR

## 6. OTRAS TASAS REFERENCIALES

Tasa Pasiva Referencial	5.57	Tasa Legal	7.39
Tasa Activa Referencial	7.39	Tasa Máxima Convencional	8.86

ANEXO 9. Tasa de interés 2022

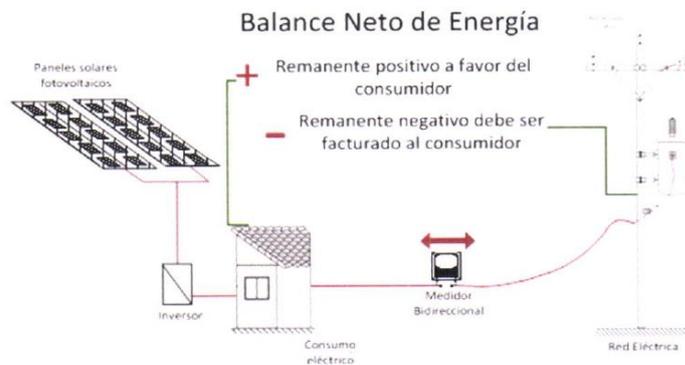


## CAPÍTULO II – CONDICIONES GENERALES PARA LA PARTICIPACIÓN DE CONSUMIDORES CON $\mu$ SFV

Los consumidores interesados en instalar un SFV, deberán observar las disposiciones relacionadas con el proceso de conexión y autorización de operación, tratamiento comercial, mecanismo de liquidación de la energía, entre otros, que se describen en esta Regulación.

### 12 TRATAMIENTO COMERCIAL DE LA ENERGÍA PRODUCIDA POR SISTEMAS FOTOVOLTAICOS $\mu$ SFV DE BAJA CAPACIDAD

La energía producida por el consumidor con  $\mu$ SFV estará destinada únicamente al autoconsumo de la vivienda y/o edificación donde va a instalarse. En caso de que eventualmente se produzcan excedentes de energía, éstos podrán ser entregados a la red de baja o media tensión de la empresa de distribución, según corresponda, y su liquidación se realizará a través de un mecanismo de balance mensual neto de energía, conforme al siguiente esquema:



La empresa de distribución realizará mensualmente el balance económico de la energía entregada y consumida para la facturación al consumidor, para lo cual tomará en consideración el registro de los flujos de energía inyectada y consumida del equipo de medición.

La aplicación de las condiciones establecidas en la presente Regulación será posible para un (1) solo  $\mu$ SFV por inmueble.

#### 12.1 LIQUIDACIÓN DE LA ENERGÍA ENTREGADA A LA RED DE LA EMPRESA DE DISTRIBUCIÓN

La empresa de distribución deberá realizar el balance neto mensual de la energía entregada y consumida por el consumidor con  $\mu$ SFV dentro de los diez (10) primeros días del mes siguiente.

Sesión de Directorio de 22 de octubre de 2018  
Página 11 de 41



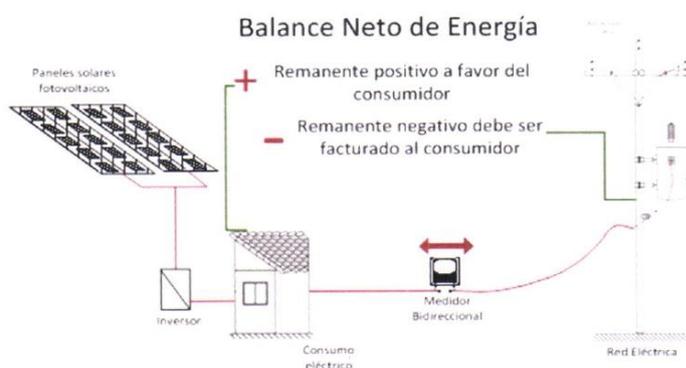


## CAPÍTULO II – CONDICIONES GENERALES PARA LA PARTICIPACIÓN DE CONSUMIDORES CON $\mu$ SFV

Los consumidores interesados en instalar un SFV, deberán observar las disposiciones relacionadas con el proceso de conexión y autorización de operación, tratamiento comercial, mecanismo de liquidación de la energía, entre otros, que se describen en esta Regulación.

### 12 TRATAMIENTO COMERCIAL DE LA ENERGÍA PRODUCIDA POR SISTEMAS FOTOVOLTAICOS $\mu$ SFV DE BAJA CAPACIDAD

La energía producida por el consumidor con  $\mu$ SFV estará destinada únicamente al autoconsumo de la vivienda y/o edificación donde va a instalarse. En caso de que eventualmente se produzcan excedentes de energía, éstos podrán ser entregados a la red de baja o media tensión de la empresa de distribución, según corresponda, y su liquidación se realizará a través de un mecanismo de balance mensual neto de energía, conforme al siguiente esquema:



La empresa de distribución realizará mensualmente el balance económico de la energía entregada y consumida para la facturación al consumidor, para lo cual tomará en consideración el registro de los flujos de energía inyectada y consumida del equipo de medición.

La aplicación de las condiciones establecidas en la presente Regulación será posible para un (1) solo  $\mu$ SFV por inmueble.

#### 12.1 LIQUIDACIÓN DE LA ENERGÍA ENTREGADA A LA RED DE LA EMPRESA DE DISTRIBUCIÓN

La empresa de distribución deberá realizar el balance neto mensual de la energía entregada y consumida por el consumidor con  $\mu$ SFV dentro de los diez (10) primeros



días laborables del mes siguiente de la operación del  $\mu$ SFV, en base al reporte de la energía consumida y entregada que registre el equipo de medición, según la siguiente expresión:

$$\Delta E = (\text{Energía consumida de la red} - \text{Energía inyectada en la red})$$

$\Delta E$ : Resultado del balance neto  $< 0$ ; remanente negativo

$\Delta E$ : Resultado del balance neto  $> 0$ ; remanente positivo

En el caso en que el resultado del balance mensual neto de energía, exista un remanente negativo a facturar al consumidor, la empresa de distribución valorará la energía consumida a la tarifa correspondiente del pliego tarifario aprobado por ARCONEL y será facturada al consumidor con  $\mu$ SFV, conforme lo establece el contrato de suministro.

El remanente negativo a facturar al consumidor no estará sujeto al subsidio de la tarifa dignidad ni subsidio cruzado.

Por el contrario, en el caso eventual en que el resultado del balance mensual neto de energía, exista un remanente positivo de energía entregada a la red a favor del consumidor con  $\mu$ SFV, esta energía se considerará como crédito de energía a favor del consumidor que se pasa al siguiente mes y así sucesivamente, hasta un periodo máximo de reseteo.

El periodo para resetear el crédito energético es de dos años a partir de la fecha de la autorización de operación del  $\mu$ SFV, luego de lo cual empieza nuevamente un similar mecanismo desde cero, hasta que exista una causal de desconexión del  $\mu$ SFV o se cumpla el plazo de operación.

Para cualquiera de los dos casos la facturación por parte de la empresa distribuidora debe considerar:

- Los consumidores con  $\mu$ SFV conectados en baja o media tensión que cuenten con tarifa con demanda o demanda horaria, cancelarán los cargos por potencia establecidos en el pliego tarifario, conforme a la categoría establecida por la distribuidora, para ello la distribuidora deberá asumir que el consumidor no cuenta con un  $\mu$ SFV, es decir que para la determinación de cálculos para estos cargos, se asumirá que el consumidor no está generando para su abastecimiento con el  $\mu$ SFV.
- Los consumidores con  $\mu$ SFV deberán cancelar mensualmente el cargo de comercialización
- El consumidor con  $\mu$ SFV está en la obligación de cancelar la tarifa de servicio de alumbrado público general en función de su consumo mensual total
- El consumidor con  $\mu$ SFV deberá cancelar los rubros de basura y bombas en función de las ordenanzas emitidas para el efecto.



## Artículo 9 PROCEDIMIENTO PARA OBTENER LA FACTIBILIDAD DE CONEXIÓN

### 9.1 Solicitud de factibilidad de conexión de una SGDA

El trámite de solicitudes de factibilidad de conexión, para proyectos de generación distribuida que vayan a ser desarrollados por los proponentes, se sujetará a las siguientes disposiciones:

- El Proponente solicitará la factibilidad de conexión a la Distribuidora respectiva, presentando la información establecida en el formulario del ANEXO 1.
- En este formulario se consignan los datos generales del Proponente, del SGDA y se identifica el punto de la red eléctrica donde se prevé conectar la SGDA.
- En el formulario la Distribuidora hará constar la fecha de recepción del mismo, y asignará a la solicitud un Código Único de Trámite, con el cual el Proponente podrá realizar las consultas y seguimiento sobre el estado de avance de su solicitud.

### 9.2 Factibilidad de conexión para SGDA Categoría 1

Para solicitudes de factibilidad de conexión de SGDA de potencias nominales señaladas en la Tabla N.1, que requieran conectarse en sincronismo con la red de distribución, la Distribuidora, a partir de la recepción del formulario ANEXO 1, procederá conforme a lo siguiente:

Tabla No. 1 Potencias nominales de las SGDA Categoría 1.

Voltaje de conexión	Potencia Nominal
Bajo	≤ a 10 kW monofásica
	≤ a 20 kW bifásica
	≤ a 30 kW trifásica

- Luego de recibida la solicitud de parte del Proponente, la Distribuidora dispondrá de un término de cinco (5) días para aceptar a trámite la solicitud, en caso de que esta requiera información adicional notificará al Proponente por escrito, el cual tendrá un término de cinco (5) días para completar la información, en caso de no hacerlo se dará por terminado el trámite.
- Una vez aceptada a trámite la solicitud, la Distribuidora, dentro de un término de quince (15) días adicionales, realizará los análisis técnicos respectivos de tal forma que la operación de la futura SGDA no afecte a la calidad del servicio eléctrico y otorgará la factibilidad de conexión del proyecto al Proponente.
- En la factibilidad de conexión, se establecerá el esquema de conexión y las condiciones de operación que deberá cumplir la SGDA en régimen de operación normal y de falla de la red de distribución.

Los costos que impliquen las adecuaciones y/o modificaciones de la red de distribución estrictamente necesarias para la conexión de la SGDA, serán asumidos por el Proponente del proyecto.

Sesión Electrónica de Directorio de 05 de abril de 2021

8

- Dimensionamiento del SGDA;
  - Especificaciones del equipamiento del SGDA;
  - Diagrama unifilar de la instalación;
5. Diseño de las obras y/o adecuaciones a la red de distribución que se deberán implementar para poder conectar la SGDA al sistema de distribución;
  6. Esquema de conexión, seccionamiento y protecciones
  7. Cronograma de ejecución del proyecto del SGDA;
  8. Autorización del uso del agua emitido por la autoridad competente en los casos que aplique;
  9. Estar al día en los pagos a la Distribuidora del SPEE y SAPG de todos los suministros de energía eléctrica a nombre del consumidor;

b) La Distribuidora, en un término de treinta (30) días contados a partir de la entrega de todos los documentos descritos en el literal a), verificará que los mismos estén completos. En caso de que los requisitos entregados no estén completos, informará al Proponente sobre las aclaraciones, alcances o ajustes que se requieran realizar a tales documentos. En caso de que la Distribuidora no emita observaciones continuará con las siguientes etapas para la emisión del Certificado de Calificación.

c) Las aclaraciones, alcances o ajustes requeridos por la Distribuidora, referidos en el literal b), serán atendidos por el Proponente dentro de un término de quince (15) días contados a partir de su notificación; de no existir respuesta del Proponente dentro del señalado término, la Distribuidora dará por terminado el trámite y le comunicará oficialmente al Proponente.

d) Una vez entregados los documentos a satisfacción de la Distribuidora, ésta, dentro de un término adicional de quince (15) días, elaborará el informe de aprobación y emitirá el Certificado de Calificación respectivo, de acuerdo al formato establecido en el ANEXO 2.

e) El plazo de vigencia del Certificado de Calificación será igual al tiempo de vida útil de la SGDA, dependiendo de la tecnología de generación, de acuerdo a lo establecido en la Tabla N.2.

f) Seis meses previos a la terminación del plazo de vigencia del Certificado de Calificación, el consumidor podrá actualizar la documentación indicada en el artículo 10, para renovar el Certificado de Calificación de su SGDA.

Tabla No. 2 Vidas útiles aplicables a cada tecnología de generación eléctrica.

<b>Tecnología</b>	<b>Vida Útil (años)</b>
Fotovoltaica	25
Eólica	25
Biomasa	20
Biogás	20
Hidráulica	30

Sesión Electrónica de Directorio de 05 de abril de 2021

11

concepto del análisis de la factibilidad de conexión, conexión a la red de distribución, peajes y por el otorgamiento del Certificado de Calificación.

## **CAPÍTULO V OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

### **Artículo 16 REQUISITOS OPERATIVOS**

Las SGDA's serán autodespachadas y cumplirán las disposiciones operativas dispuestas por la Distribuidora.

El cumplimiento de los parámetros de calidad de producto del SGDA es de responsabilidad del consumidor propietario del SGDA y el control de dicho cumplimiento estará exclusivamente a cargo de la Distribuidora.

En caso de que la Distribuidora detectare que un SGDA está incumpliendo los parámetros de calidad de producto definidos por esta, o su operación está afectado a la red, de distribución, dispondrá al consumidor la suspensión de la operación de la SGDA, hasta que dichos parámetros se encuentren dentro de los límites permitidos, debiendo notificar a la Distribuidora las acciones correctivas realizadas.

Para la puesta en servicio de la SGDA, operación normal, respuesta a condiciones anormales de operación, requisitos para la calidad de producto, condiciones de operación en isla, monitoreo y control, se podrá tomar como referencia la norma IEEE Std. 1547 en lo que sea aplicable.

El propietario de la SGDA, es el responsable de la operación segura y confiable de la SGDA y de los equipos del campo de conexión, de tal forma que las maniobras de conexión y su operación no afecten la calidad del servicio eléctrico y la seguridad de la operación del sistema de distribución.

El propietario de la SGDA es adicionalmente responsable de daños derivados de la operación de la SGDA que afecten a la seguridad de personas y a bienes de terceros.

### **Artículo 17 GESTIÓN DE MANTENIMIENTOS Y REVERSIÓN DE BIENES.**

Es responsabilidad del consumidor: planificar, financiar y ejecutar los mantenimientos de las SGDA's, equipos e instalaciones asociadas, en coordinación con la Distribuidora.

Los activos de las SGDA de propiedad de consumidores no serán revertidos al Estado ecuatoriano al terminar el plazo de vigencia del Certificado de Calificación, se procederá con su desconexión.

## **CAPÍTULO VI BALANCE DE ENERGÍA, MEDICIÓN y FACTURACIÓN**

### **Artículo 18 BALANCE DE ENERGIA**

La energía producida por un SGDA tendrá como objetivo principal el autoabastecimiento de la demanda de energía eléctrica asociada a una cuenta contrato del consumidor. Si por

Sesión Electrónica de Directorio de 05 de abril de 2021

14

condiciones operativas de la SGDA o por variación del consumo se presentaren eventuales excedentes de energía, estos se inyectarán a la red de distribución y su tratamiento por parte de la Distribuidora se sujetará a las siguientes disposiciones.

### 18.1 Consumidores con tarifa residencial y general sin demanda

Para un consumidor que tenga asignada una tarifa sin demanda de acuerdo al pliego tarifario del SPEE vigente, se considerará lo siguiente:

La Distribuidora mediante el sistema de medición respectivo, determinará el balance de energía neta mensualmente, entre la energía consumida desde la red de distribución y la energía inyectada por el SGDA y calculará la energía neta  $ENET_i$ :

$$ENET_i = ERED_i - EINY_i \quad (1)$$

Donde:

$ENET_i$	Energía neta en el periodo mensual de consumo $i$ (kWh)
$ERED_i$	Energía consumida desde la red de distribución en el periodo mensual de consumo $i$ (kWh)
$EINY_i$	Energía inyectada por la SGDA en el periodo mensual de consumo $i$ (kWh)

a) Si  $ENET_i \leq 0$ , la Distribuidora facturará al consumidor por concepto de energía consumida, con valor cero;  $EF = 0$ , además:

$$CEM_i = |ENET_i| \quad (2)$$

Donde:

$CEM_i$	Crédito de Energía a favor del consumidor obtenido en el mes $i$ (kWh)
---------	--

b) Si  $ENET_i > 0$ , en este caso el  $CEM_i = 0$ , por no haber un saldo a favor del consumidor en el mes  $i$ .

La Distribuidora verificará si el consumidor dispone de un saldo total acumulado de energía a su favor en el mes anterior  $SEA_{(i-1)}$ ; si es así, se debitará parte o la totalidad del  $SEA_{(i-1)}$ , para cubrir el  $|ENET_i|$  del mes  $i$ .

$SEA_{i-1}$	Saldo total acumulado de energía disponible del consumidor en el mes anterior $(i-1)$ (kWh). $SEA_0 = 0$
$EF_i$	Energía Facturable correspondiente al mes $i$

Si con el  $SEA_{(i-1)}$  disponible se logra cubrir la totalidad del  $|ENET_i|$ , en el mes de consumo  $i$ , la energía facturable en el mes  $i$  será cero;  $EF=0$ , caso contrario se le facturará el saldo de energía restante aplicando la tarifa correspondiente del Pliego Tarifario del SPEE.

Se actualizará el  $SEA_i$  mensualmente sobre la base de los créditos generados y valores devengados para cubrir el  $|ENET_i|$ , para considerarlo en el cálculo de la energía facturable del mes siguiente.

A partir del inicio de la operación de la SGDA, cada 24 meses el  $SEA$  se reseteará a cero, sin que la Distribuidora tenga derecho otorgar una compensación económica por dicha energía.

El consumidor que cuente con una SGDA cancelará mensualmente el cargo de comercialización, sobre la base de lo establecido en el pliego tarifario vigente.

La factura mensual que emita la Distribuidora deberá adjuntar una tabla en la que conste los siguientes valores:  $ERED_i$ ,  $EINY_i$ ,  $ENET_i$ ,  $CEM_i$  y  $SEA_i$ , correspondientes a los doce periodos de consumo anteriores, tomando como referencia el ANEXO 4 de esta Regulación.

### 18.2 Consumidores con tarifa general con demanda

Para un consumidor que tenga asignada una tarifa con demanda de acuerdo al pliego tarifario del SPEE vigente, se considerará lo siguiente:

El cálculo de la energía facturable mensual se realizará en conformidad a lo establecido en el artículo 18.1.

Además, independiente del valor mensual por energía que le sea facturado al consumidor, la Distribuidora le facturará mensualmente el cargo por demanda y el cargo de comercialización, sobre la base de lo establecido en el pliego tarifario del SPEE vigente.

A partir del inicio de operación del SGDA, la demanda facturable mensual corresponderá a la demanda máxima registrada en el mes de consumo por el respectivo medidor de demanda y corresponderá a aquella que fue requerida por el consumidor de la red de distribución.

### 18.3 Consumidores con tarifa general con demanda horaria

Para un consumidor que tenga asignada una tarifa con demanda horaria, de acuerdo al pliego tarifario del SPEE vigente, se considerará lo siguiente:

La Distribuidora mediante el sistema de medición respectivo, determinará el balance neto de energía mensualmente, entre la energía mensual consumida desde la red de distribución y la energía inyectada por el SGDA, en cada uno de los periodos de demanda horaria aplicables al consumidor, según el pliego tarifario del SPEE vigente.

Sobre la base de la energía consumida de la red e inyectada por el SGDA en el mes  $i$ , en cada periodo de demanda, la Distribuidora calculará la Energía Equivalente Inyectada por el SGDA ( $EEINY_i$ ) y la Energía Equivalente Consumida de la red por el consumidor ( $ERED_i$ ) aplicando las siguientes fórmulas:

Sesión Electrónica de Directorio de 05 de abril de 2021

16

$$EEINY_i = \sum_{k=1}^n (EINY_k \times T_k) / Tm_i \quad (3)$$

$$EERED_i = \sum_{k=1}^n (ERED_k \times T_k) / Tm_i \quad (4)$$

$$ENETE_i = EERED_i - EEINY_i \quad (5)$$

Donde:

$EEINY_i$	Energía Equivalente Inyectada por el SGDA en el mes $i$ (kWh)
$EERED_i$	Energía Equivalente Consumida de la red en el mes $i$ (kWh)
$Tm_i$	Mayor de los cargos tarifarios horarios de los periodos de demanda aplicables al consumidor en el mes $i$ (USD/kWh)
$T_k$	Cargo tarifario por energía del periodo de demanda $k$ (USD/kWh)
$EINY_k$	Energía inyectada por el SGDA en el mes en análisis, en los periodos de demanda en que aplica el cargo tarifario por energía $T_k$ (kWh)
$ERED_k$	Energía consumida de la red en el mes en análisis, en los periodos de demanda en que aplica el cargo tarifario por energía $T_k$ (kWh)
$n$	Número de cargos tarifarios por energía aplicables a la tarifa a la que corresponde el consumidor
$ENETE_i$	Energía neta equivalente en el periodo mensual de consumo $i$ (kWh)

a) Si  $ENETE_i \leq 0$ , la Distribuidora facturará por concepto de energía consumida, con valor cero;  $EF=0$ , además:

$$CEEM_i = |ENETE_i| \quad (6)$$

Donde:

$CEEM_i$	Crédito de Energía Equivalente a favor del consumidor obtenido en el mes $i$ (kWh)
----------	--

b) Si  $ENETE_i > 0$ , en este caso el  $SEEM_i = 0$ , por no haber un saldo a favor del consumidor en el mes  $i$ .

La Distribuidora verificará si el consumidor dispone de un saldo total acumulado de energía equivalente a su favor en el mes anterior  $SEEA_{(i-1)}$ ; si es así, se debitará parte o la totalidad del  $SEEA_{(i-1)}$  para cubrir el  $|ENETE_i|$  del mes  $i$ .

Sesión Electrónica de Directorio de 05 de abril de 2021  
17

$SEEA_{i-1}$	Saldo total acumulado de energía equivalente disponible del consumidor en el mes anterior ( $i-1$ ) (kWh). Para el primer mes: ( $n = 1, SEEA_0 = 0$ )
$EF_i$	Energía Facturable correspondiente al mes $i$

Si con el  $SEEA_{(i-1)}$  disponible se logra cubrir la totalidad del  $|ENETE_i|$ , en el mes de consumo  $i$ , la energía facturable en el mes  $i$  será cero;  $EF=0$ . Caso contrario se le facturará el saldo de energía restante aplicando el mayor de los cargos tarifarios ( $T_m$ ).

Se actualizará el  $SEEA_i$  mensualmente sobre la base de los créditos generados y valores devengados para cubrir el  $|ENETE_i|$ , para considerarlo en el cálculo de la energía facturable del mes siguiente.

A partir del inicio de la operación de la SGDA, cada 24 meses el SEEA se reseteará a cero, sin que la Distribuidora tenga derecho otorgar una compensación económica por dicha energía.

Además, independiente del valor mensual por energía que le sea facturado al consumidor, la Distribuidora le facturará mensualmente el cargo por demanda y el cargo de comercialización, sobre la base de lo establecido en el pliego tarifario del SPEE vigente.

A partir del inicio de operación del SGDA, la demanda facturable mensual corresponderá a la demanda máxima registrada en el mes de consumo por el respectivo medidor de demanda horaria y corresponderá a aquella que fue requerida por el consumidor de la red de distribución.

La factura mensual que emita la Distribuidora deberá adjuntar una tabla en la que conste los siguientes valores:  $EREED_i$ ,  $EEINY_i$ ,  $ENETE_i$ ,  $CEEM_i$  y  $SEEA_i$ , correspondientes a los doce periodos de consumo anteriores, tomando como referencia el ANEXO 4 de esta Regulación.

## Artículo 19 MEDICIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Los aspectos relacionados al sistema de medición de energía eléctrica se sujetarán a lo siguiente:

### 19.1 SGDA ubicado en el mismo inmueble o predio del consumidor

Para los casos en los que la SGDA esté ubicado en el mismo inmueble del consumidor, la Distribuidora instalará en el punto de entrega un medidor bidireccional que permita registrar el consumo neto de energía por parte del consumidor, según lo descrito en el artículo 18 de esta Regulación.

La Distribuidora será la encargada de la adquisición, calibración inicial e instalación del equipo de medición bidireccional. El consumidor deberá cancelar la diferencia del costo del equipo de medición en relación al equipo que la Distribuidora instalaría a un usuario de la misma categoría sin un SGDA.

El valor indicado en el párrafo anterior, será cancelado en la primera planilla de consumo,

Sesión Electrónica de Directorio de 05 de abril de 2021

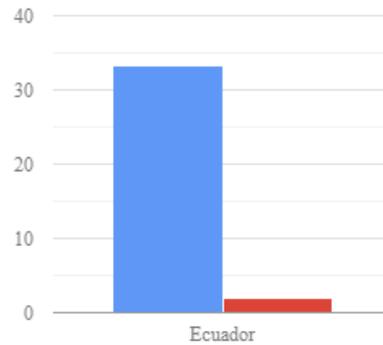
18

Ver además> Consumo GWh Generación GWh Producción de petróleo Reservas de Petroleo

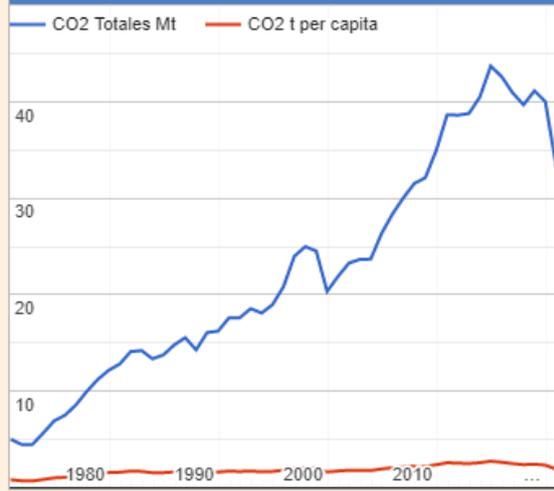
**Ecuador - Emisiones de CO2**

Fecha	CO2 Totales Mt	CO2 Kg/1000\$	CO2 t per capita
2020	33,279	0,18	1,92
2019	40,007	0,20	2,34
2018	41,116	0,21	2,44
2017	39,670	0,20	2,39
2016	40,914	0,21	2,50
2015	42,583	0,22	2,64
2014	43,688	0,23	2,75
2013	40,489	0,22	2,59
2012	38,774	0,22	2,51
2011	38,599	0,23	2,54
2010	38,633	0,25	2,59
2009	34,944	0,23	2,38
2008	32,111	0,22	2,22
2007	31,525	0,22	2,22
2006	30,046	0,22	2,15
2005	28,378	0,22	2,07
2004	26,363	0,21	1,95
2003	23,690	0,21	1,78
2002	23,651	0,21	1,81
2001	23,277	0,22	1,81
2000	21,891	0,21	1,73
1999	20,345	0,20	1,64

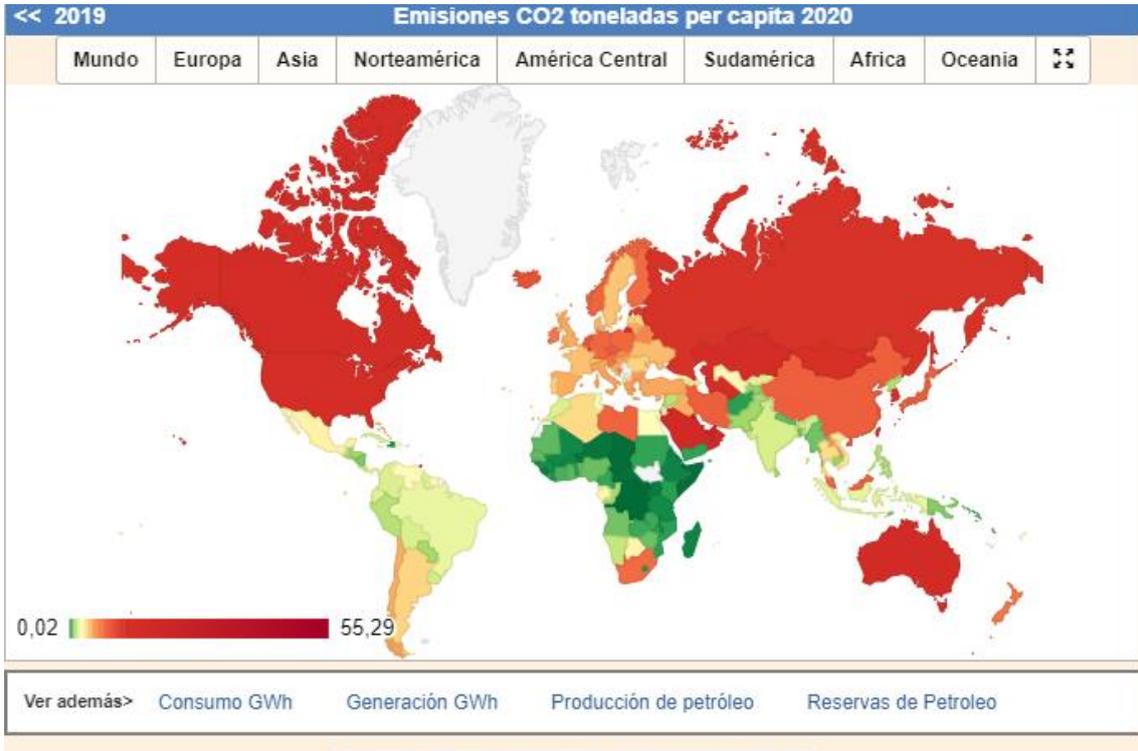
**Ecuador - Emisiones de CO2**



**Ecuador - Emisiones de CO2**



ANEXO 12. Emisiones de CO2 Ecuador 2020



ANEXO 13. Incidencia de emisiones de CO2 mundial

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Ronnie Alexander Bonilla Sánchez**, con C.C: # **0926951658** autor del trabajo de titulación: **Estudio de un sistema de Microred fotovoltaica para disminuir el consumo de electricidad diurna en centro de investigación de criadero de larvas en industria de balanceado Duran** 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 agosto de 2022

f. 

Nombre: **Ronnie Alexander Bonilla Sánchez**

C.C: **0926951658**



<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>			
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN</b>			
<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	Estudio de un sistema de microred fotovoltaica para disminuir el consumo de electricidad diurna en centro de investigación de criadero de larvas en industria de balanceado Duran.		
<b>AUTOR(ES)</b>	Bonilla Sánchez Ronnie Alexander		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	MSc. Mazzini Muñoz Gustavo Miguel; MSc. Bohórquez Heras Diana; MSc. Bohórquez Escobar Celso Bayardo		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Sistema de Posgrado		
<b>CARRERA:</b>	Maestría en Electricidad		
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	Magister en Electricidad con mención Energías Renovables y Eficiencia Energética.		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	9 de agosto del 2022	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	135
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Eficiencia energética – sistema fotovoltaico		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	AHORRO ENERGETICO, ENERGIA RENOVABLE, MICRORED, FOTOVOLTAICA		
<b>RESUMEN/ABSTRACT:</b>	Las fuentes de energía convencionales para la obtención de energía eléctrica se ha manejado mediante la quema de combustibles que son recursos limitados que han sido sobre explotados a lo largo de décadas llevándolos a la contaminación del medio ambiente mediante un incremento de CO2 en la atmosfera terrestre y extinción de estos recursos dentro de algunos años, por lo que fue necesario la inclusión de las energías renovables como medio de generación de energía eléctrica, siendo esta una energía virtualmente inagotable y generada mediante medios que no atentan contra el ecosistema se ha vuelto una solución ante la problemática energética y ecológica que vive la sociedad migrando a tecnologías de energía renovables como generadores eléctricos. El presente trabajo de titulación tiene como objetivo realizar un estudio sistema de Microred fotovoltaica interconectada a la red para disminuir el consumo eléctrico de centro de investigación de criadero de larvas ubicado en Duran y demostrar que el proyecto puede ser autosustentable mediante el ahorro energético, la reducción de CO2 y con un mantenimiento preventivo mínimo.		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-990705653	<b>E-mail:</b> ronnie.bonilla@cu.ucsg.edu.ec	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):::</b>	<b>Nombre:</b> MSc. Celso Bayardo Bohórquez Escobar		
	<b>Teléfono:</b> +593-995147293		
	<b>E-mail:</b> celso.bohorquez@cu.ucsg.edu.ec		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			