



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICO-MECANICA

TEMA:

Diseño de un sistema fotovoltaico híbrido para disminuir el consumo de energía eléctrica (KWh) de una extrusora de plástico en fábrica de empaque de vía a Daule.

AUTOR (ES):

Fustillos Romero, Kevin Fernando

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECANICA**

TUTOR:

Ing. Bohórquez Escobar Celso Bayardo, Ph.D.

Guayaquil, Ecuador

02 de marzo del 2026



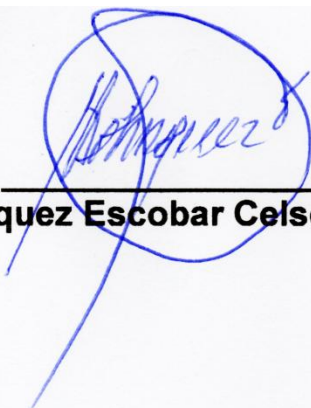
UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICO-MECANICA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **FUSTILLOS ROMERO, KEVIN FERNANDO** como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico-Mecánico**.

TUTOR - DIRECTOR DE LA CARRERA

f. 
Ing. Bohórquez Escobar Celso Bayardo, Ph.D.

Guayaquil, a los 02 del mes de marzo del año 2026



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICO-MECANICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

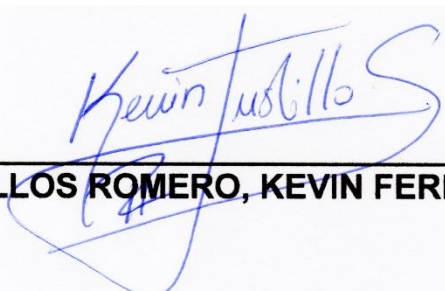
Yo, FUSTILLOS ROMERO, KEVIN FERNANDO

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO HIBRIDO PARA DISMINUIR EL CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA (KWh) DE UNA EXTRUSORA DE PLASTICO EN FABRICA DE EMPAQUE DE VIA A DAULE**, previo a la obtención del título de (INGENIERO ELÉCTRICO-MECANICO), ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente, este trabajo es de mi total autoría.

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

Guayaquil, a los 02 del mes de marzo del año 2026

f. 
FUSTILLOS ROMERO, KEVIN FERNANDO



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICO-MECANICA

AUTORIZACIÓN

Yo, **FUSTILLOS ROMERO, KEVIN FERNANDO**

Autorizamos a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO HIBRIDO PARA DISMINUIR EL CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA (KWh) DE UNA EXTRUSORA DE PLASTICO EN FABRICA DE EMPAQUE DE VIA A DAULE**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 02 del mes de marzo del año 2026

f. 
FUSTILLOS ROMERO, KEVIN FERNANDO



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICO-MECANICO

REPORTE DE COMPILATOR



La Dirección de las Carreras Telecomunicaciones, Electricidad y Electrónica y Automatización revisó el Trabajo de Integración Curricular, **DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO HIBRIDO PARA DISMINUIR EL CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA (KWh) DE UNA EXTRUSORA DE PLASTICO EN FABRICA DE EMPAQUE DE VIA A DAULE** presentado por el estudiante Fustillos Romero Kevin Fernando, de la Carrera de INGENIERÍA ELÉCTRICA-MECANICA, donde obtuvo del programa COMPILATOR, el valor de 3% de coincidencias, considerando ser aprobada por esta Dirección.

f. _____

Ing. Bohórquez Escobar Celso Bayardo, Ph.D.

Revisor - COMPILATOR

DEDICATORIA

Quiero agradecer el presente trabajo de investigación a mis hijos para demostrarles que con perseverancia, amor y dedicación todos los sueños se pueden cumplir. A mi esposa quien ha estado conmigo en los días difíciles, y no me ha dejado desmayar.

A mis padres que, gracias a su apoyo constante, hoy cumpla mi sueño.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios en primer lugar por guiarme a lo largo de mi vida estudiantil, a mi tutor quien con sus conocimientos y constancia ha sabido guiarme en la elaboración del presente trabajo investigativo.

A mis padres, quienes a pesar de los problemas han estado brindándome su apoyo constante.

A mi esposa e hijos, por saber entender los días de ausencia.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL
DESARROLLO**

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRO-MECANICA

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

ING. BOHÓRQUEZ ESCOBAR CELSO BAYARDO, PH.D.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. 

ING. UBILLA GONZÁLEZ RICARDO XAVIER, MS.c

COORDINADOR DEL ÁREA DE LA CARRERA

f. 

ECON. ERIKA PAOLA ARZUBE MENDOZA, MGS.

OPONENTE

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| CAPITULO I: DESCRIPCIÓN GENERAL | 2 |
| 1.1.Introducción..... | 2 |
| 1.2.Antecedentes | 3 |
| 1.3.Definición del problema | 3 |
| 1.4. Justificación..... | 3 |
| 1.5. Objetivo General | 4 |
| 1.5.1Objetivos específicos | 4 |
| 1.6.Hipótesis | 4 |
| 1.7.Metodología y medios | 5 |
| CAPITULO II: MARCO TEORICO | 6 |
| 2.1.Energías renovables | 6 |
| 2.1.1.Energía eólica | 7 |
| 2.1.2.Energía hidroeléctrica | 8 |
| 2.1.3.Energía geotérmica | 8 |
| 2.1.4.Energía de biomasa y biogás | 9 |
| 2.1.5.Energía solar | 10 |
| 2.2. Paneles solares..... | 11 |
| 2.3. Tipos de paneles solares..... | 12 |
| 2.4. Paneles fotovoltaicos. | 14 |

| | |
|--|----|
| 2.5.Celdas fotovoltaicas. | 14 |
| 2.6. Clasificación de celdas fotovoltaicas. | 15 |
| 2.7. Elementos principales de un panel fotovoltaico. | 16 |
| 2.8. Parámetros eléctricos de un panel | 16 |
| 2.9. Factores que afectan la generación. | 17 |
| 2.10. Inclinación. | 17 |
| 2.11. Orientación..... | 18 |
| 2.12. Sombras..... | 18 |
| 2.13. Temperatura..... | 18 |
| 2.14.Sistema de generación híbrida..... | 18 |
| 2.14.1.Componentes de un sistema hibrido | 20 |
| 2.15. Arquitectura de un sistema hibrido | 20 |
| 2.15.1. Componentes de diseño de sistemas híbridos | 20 |
| 2.16. Sistemas híbridos en procesos industriales..... | 21 |
| 2.16.1. Tipos de sistemas híbridos industriales | 21 |
| 2.17. Ventajas del sistema hibrido en procesos industriales..... | 22 |
| 2.18.Mantenimiento de un sistema de generación híbrido..... | 22 |
| 2.19. Diseño de sistema fotovoltaicos | 23 |
| 2.19.1. Cálculo de demanda eléctrica | 23 |
| 2.19.2. Dimensionamiento de paneles solares | 24 |
| 2.19.3. Dimensionamiento de inversores..... | 24 |
| 2.19.4. Dimensionamiento de protecciones eléctricas | 25 |
| 2.20. Análisis de sombras y orientación | 26 |

| | |
|--|-----------|
| 2.20.1. Desarrollo | 26 |
| 2.21. Generadores diésel como respaldo energético en la industria | 26 |
| 2.22. Integración de la red eléctrica con sistemas de generación distribuida | 28 |
| 2.23. Impacto económico del uso de energías renovables en la industria | 29 |
| 2.24. Normativa aplicada a sistemas Fotovoltaicos industriales | 30 |
| 2.25. Máquinas Extrusoras de Plástico | 31 |
| 2.25.1. Función de una máquina extrusora de plástico | 31 |
| CAPITULO III: LEVANTAMIENTO DE INFORMACION | 32 |
| 3.1. Generalidades | 32 |
| 3.1.1. Antecedentes del proyecto | 32 |
| 3.1.2. Ubicación | 32 |
| 3.1.3. Irradiación y trayectoria solar | 33 |
| 3.1.4. Temperatura | 34 |
| 3.1.5. Consumo de energía | 35 |
| CAPITULO IV: DISEÑO SISTEMA FOTOVOLTAICO | 36 |
| 4.1. Generalidades | 36 |
| 4.2. Dimensionamiento del sistema Fotovoltaico | 36 |
| 4.3. Numero de paneles fotovoltaicos | 37 |
| 4.4. Reduccion de consumo energético | 37 |
| 4.5. Dimensionamiento de inversor y relación DC/AC | 38 |
| 4.6. Dimensionamiento de Generador | 39 |
| 4.7. Area de instalación de Paneles | 39 |

| | |
|---|----|
| 4.8.Dimensionamiento de cables y protecciones..... | 40 |
| 4.8.1.Dimensionamiento DC / String | 40 |
| 4.8.2. Dimensionamiento DC / DCDB – Inversor | 41 |
| 4.8.3.Protecciones DC | 41 |
| 4.8.4.Dimensionamiento AC / Inversor – Tablero | 41 |
| 4.8.5.Protecciones AC..... | 41 |
| 4.8.6.Puesta a Tierra..... | 41 |
| 4.9.Dimensionamiento sistema FV – Software PVsyst. | 42 |
| CAPITULO V: ANALISIS ECONOMICO Y PRESUPUESTARIO | 46 |
| 5.1.Generalidades | 46 |
| 5.2.Presupuesto Sistema Fotovoltaico | 46 |
| 5.3.Análisis económico Costo-beneficio | 47 |
| 5.3.1.Pay Back / Tiempo de retorno | 47 |
| 5.3.2.Beneficio total – Vida útil | 48 |
| 5.4.Tiempo de ejecución | 48 |
| CONCLUSIONES | 49 |
| RECOMENDACIONES..... | 50 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 51 |
| ANEXOS | 56 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Energías renovables | 6 |
| Figura 2. Energía Eólica | 7 |
| Figura 3. Energía hidroeléctrica | 8 |
| Figura 4. Energía Geotérmica..... | 9 |
| Figura 5. Energía Biomasa-Biogás | 10 |
| Figura 6. Sistema fotovoltaico..... | 11 |
| Figura 7 Paneles fotovoltaicos | 13 |
| Figura 8. Imagen referencial placas solares térmicas | 13 |
| Figura 9. Placas solares híbridas | 14 |
| Figura 10. Imagen referencial paneles fotovoltaicos | 14 |
| Figura 11. Inclinação..... | 18 |
| Figura 12. Sistema fotovoltaico híbrido | 19 |
| Figura 13. Inversores fotovoltaicos | 25 |
| Figura 14. Generador a diésel | 28 |
| Figura 15. Generación distribuida..... | 29 |
| Figura 16. Maquina extrusora de plástico | 31 |
| Figura 17. Ubicación geográfica de maquina extrusora | 32 |
| Figura 18. Mapa de irradiación solar en Ecuador..... | 33 |
| Figura 19. Trayectoria solar | 34 |
| Figura 20. Temperatura Guayaquil | 34 |

| | |
|--|----|
| Figura 21. Temperatura por hora en Guayaquil | 35 |
| Figura 22. ubicación del proyecto | 42 |
| Figura 23. datos meteorológicos..... | 43 |
| Figura 24. Orientación de los paneles solares. | 43 |
| Figura 25. Interfaz del software para la selección de equipos..... | 44 |
| Figura 26. Energía producida por el sistema FV | 44 |
| Figura 27. Diagrama unifilar..... | 45 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Tabla de consumo Mensual | 35 |
| Tabla 2. Especificaciones técnicas del panel solar | 37 |
| Tabla 3. Especificaciones técnicas del inversor | 38 |
| Tabla 4. Datos tecnicos del modulo | 40 |
| Tabla 5. Elementos de protección DC..... | 41 |
| Tabla 6. Elementos de proteccion AC..... | 41 |
| Tabla 7. Especificaciones componentes PT | 41 |
| Tabla 8. Presupuesto referencial sistema FV – 175KW | 46 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|----|
| Anexos 1. Resolución ARCONEL-042/18 | 56 |
| Anexos 2. Resolución ARCONEL-005/24 | 58 |
| Anexos 3. Resolución ARCONEL-005/24 | 71 |
| Anexos 4. Ficha técnica modulo JAM66D45-630/LB | 76 |
| Anexos 5. Ficha técnica inversor SUN2000-150K-MG0..... | 78 |

RESUMEN

En el presente trabajo se desarrolla un diseño técnico y económico para un sistema fotovoltaico híbrido, conformado por un sistema de generación solar, la red eléctrica local y un generador a diésel, lo cual será aplicado para un proceso industrial de extrusión de plástico ubicado en la vía a Daule de la ciudad de Guayaquil-Ecuador. El sistema en mención tiene la función principal de reducir el consumo de energía eléctrica entregada por la red de distribución de Cnel, además de disminuir costos operativos de producción y mejorar la confiabilidad.

Se realiza un seguimiento y control del consumo de energía de la extrusora, un estudio del recurso solar a disposición, los dimensionamientos correspondientes tanto del sistema fotovoltaico, inversores industriales trifásico y un generador para respaldo. Adicional a nuestro diseño se incluye los cálculos y dimensionamiento de las protecciones DC/AC, conductores y respectiva puesta a tierra, todo dentro de las normativas vigentes en el Ecuador.

Con el fin de tener una proyección de la producción anual generada por el sistema fotovoltaico en estudio y cuál será su aporte a la reducción de consumo de energía eléctrica local, se realizó una simulación utilizando el software PVsyst.

Además, se implementa un análisis económico de costo-beneficio, para considerar el aporte en ahorro energético y cual es tiempo de recuperación de la inversión. Finalmente se demuestra que el proyecto es viable en el sector industrial, ya que se confirma la existencia de una significativa reducción del consumo energético de la red local y mejora en el proceso operativo.

Palabras clave: Energía solar, fotovoltaica; inversor trifásico; sistema híbrido; eficiencia energética; autoconsumo energético; extrusora industrial; PVsyst.

ABSTRACT

In this work, a technical and economic design for a hybrid photovoltaic system is developed, consisting of a solar generation system, the local electrical grid, and a diesel generator, which will be applied to an industrial plastic extrusion process located on the Daule road in the city of Guayaquil, Ecuador. The mentioned system has the main function of reducing the consumption of electrical energy supplied by the Cnel distribution network, as well as decreasing production operating costs and improving reliability.

The energy consumption of the extruder is monitored and controlled, and a study is carried out on the available solar resources and the corresponding dimensions of the photovoltaic system, three-phase industrial inverters, and a backup generator. In addition to our design, we include the calculations and dimensions of the DC/AC protections, conductors, and respective grounding, all in accordance with current regulations in Ecuador.

In order to project the annual production generated by the photovoltaic system under study and its contribution to reducing local electricity consumption, a simulation was carried out using PVsyst software.

Additionally, a cost-benefit economic analysis is implemented to consider the contribution to energy savings and the payback period of the investment. Finally, it is demonstrated that the project is viable in the industrial sector, as a significant reduction in local network energy consumption and an improvement in the operational process are confirmed.

Keywords: Solar energy, photovoltaic energy; three-phase inverter; hybrid system; energy efficiency; energy self-consumption; industrial extruder; PVsyst.

ACRÓNIMOS

Definiciones:

AC: Corriente alterna

ARCERNNR: Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables

ARCONEL: Agencia de Regulación y Control de Electricidad

ATS: Automatic Transfer Switch (interruptor de transferencia automática)

DC: Corriente continua

DCDB: Tablero de distribución en corriente continua (Direct Current Distribution Board)

FV: Fotovoltaico

HSP: Horas Sol Pico

IEC: International Electrotechnical Commission

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers

KVA: Kilovoltio amperio

KW: Kilovatio

KWh: Kilovatio hora

MPPT: Maximum Power Point Tracking (seguimiento del punto de máxima potencia)

PE: Puesta a tierra de protección

PVsyst: Photovoltaic System Software

SGDA: Sistema de Generación Distribuida para Autoabastecimiento

SFV: Sistema Fotovoltaico

SPD: Surge Protection Device (dispositivo de protección contra sobretensiones)

THD: Total Harmonic Distortion (distorsión armónica total)

CAPITULO I: DESCRIPCIÓN GENERAL

1.1. Introducción

El sector de la industria usa más energía cada día. El precio de la energía que usamos sube y la gente quiere que el suministro no falle. Por eso la gente busca soluciones de energía que usen menos recursos y que cuesten menos. En este caso los sistemas de generación distribuida, y los sistemas fotovoltaicos, sirven como una opción para dar más energía a los procesos de la industria.

La variabilidad de la generación solar y la dependencia de la red eléctrica crean desafíos para las aplicaciones de la industria que necesitan energía sin interrupciones, como los procesos de extrusión. Los sistemas híbridos combinan la generación fotovoltaica, la red eléctrica y los generadores de respaldo. Los sistemas híbridos permiten que la operación siga sin parar, que la energía se utilice de forma eficiente y que los costos se reduzcan.

La presente investigación aborda la problemática mediante la propuesta de un sistema fotovoltaico híbrido. Teniendo como objetivo general diseñar un sistema fotovoltaico híbrido que permita disminuir el consumo de energía eléctrica (KWh) en el uso de una extrusora de plástico alcanzando un mejor rendimiento productivo con ayuda de la energía solar.

A lo largo de este trabajo, se explorarán los objetivos específicos que direccionan el planteamiento de este sistema, desde el diagnóstico de la extrusora de plástico en su trabajo continuo en un turno de ocho horas, hasta el diseño un sistema fotovoltaico híbrido para la disminución de consumo de energía eléctrica (KWh). El propósito final es demostrar cómo la implementación de esta tecnología puede no solo disminuir significativamente la factura eléctrica, sino también mejorar el rendimiento productivo de la fábrica al ofrecer una fuente de energía más estable y predecible, contribuyendo a la sostenibilidad operativa.

1.2. Antecedentes

En el ámbito nacional, Ecuador ha apoyado la generación de energía renovable en sistemas distribuidos con el enfoque en el autoabastecimiento, primordialmente en sectores productivos con un índice alto de consumo energético. Sin embargo, la incursión de sistemas híbridos presenta limitaciones técnicas y económicas en industrias con alta demanda, ya que se requieren estudios específicos sobre dimensionamiento y viabilidad.

Por lo cual es necesario desarrollar estudios aplicados que evalúen la integración de sistemas fotovoltaicos híbridos en procesos industriales, teniendo en consideración las condiciones reales de operación, el marco regulatorio nacional y las características del equipo industrial utilizado.

1.3. Definición del problema

El proceso industrial de extrusión de plástico genera una alta demanda de energía eléctrica de la red local. Tal dependencia crea una alta exposición del proceso de producción a todos los aumentos tarifarios, interrupciones del suministro y cambios en la calidad de la energía que afectan la eficiencia y la continuidad operativa. Además, la escasez de energía de respaldo suficiente socava la capacidad de responder a fallos eléctricos, lo que lleva a paradas no planificadas y pérdidas económicas.

En tales circunstancias, se requiere una forma de diseñar un sistema energético que contribuya al suministro de energía en combinación con el suministro eléctrico convencional, reduzca los costos operativos y asegure la continuidad del proceso de extrusión para que se adopte la generación fotovoltaica y un sistema de respaldo confiable.

1.4. Justificación

Desde la perspectiva de la técnica, el desarrollo de este proyecto permite evaluar la viabilidad de un sistema de energía del sol con respaldo en un proceso de producción. El proyecto entrega un modelo de diseño. El modelo combina la generación de energía que se puede reponer, la red eléctrica y un generador de respaldo según la normativa.

En la economía, la implementación del sistema reduce el consumo energético de la red pública. La implementación del sistema genera los ahorros económicos y mejora la competitividad del proceso industrial. Desde el punto de vista ambiental, el uso de energía solar permite disminuir la huella de carbono asociada al consumo eléctrico industrial, alineándose con los principios de sostenibilidad y eficiencia energética.

Finalmente, desde el punto de vista académico, este estudio constituye un aporte técnico aplicable a futuros proyectos de generación distribuidos en el sector industrial ecuatoriano.

1.5. Objetivo General

Diseñar un sistema fotovoltaico híbrido que permita disminuir el consumo de energía eléctrica (KWh) en el uso de una extrusora de plástico en una fábrica de empaque de vía Daule, alcanzando un mejor rendimiento productivo con ayuda de la energía solar e implementación de generador a diésel.

1.5.1 Objetivos específicos

1. Valorar el consumo energético actual (kWh) de la extrusora de plástico en el transcurso de los últimos 5 meses.
2. Analizar el perfil de consumo energético del proceso de extrusión industrial. Evaluar el recurso solar disponible en el área de estudio para la generación fotovoltaica.
3. Realizar el análisis económico del sistema para determinar su viabilidad financiera.

1.6. Hipótesis

La implementación de un sistema fotovoltaico híbrido integrado por red eléctrica, generación solar y un generador diésel permite disminuir el consumo de energía eléctrica procedente de la red pública y mejorar la continuidad operativa del proceso industrial de extrusión, resultando técnica y económicamente viable bajo las condiciones de operación analizadas.

1.7. Metodología y medios

La metodología empleada en este estudio es de tipo descriptiva y aplicada, basada en el análisis de datos reales de consumo energético del proceso industrial. Se realiza la evaluación del recurso solar, el dimensionamiento técnico del sistema fotovoltaico híbrido, la simulación energética mediante software especializado y el análisis económico del proyecto.

Como medios de investigación se utilizan fichas técnicas de equipos normativos, nacionales e internacionales, software de simulación fotovoltaica, herramientas de cálculo eléctrico y análisis financiero, permitiendo desarrollar un estudio integral y coherente con las condiciones reales de operación.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1. Energías renovables

Las energías renovables son energías obtenidas de fuentes naturales que se renuevan constantemente o se consumen mucho más rápido de lo que se consumen, e incluyen la luz solar, el viento, el agua en movimiento o la energía térmica producida por el calor interno de la Tierra. Estas fuentes contrastan con los combustibles fósiles, cuya formación es extremadamente lenta y cuyo consumo acelerado ha producido impactos ambientales significativos, como el aumento de gases de efecto invernadero y el cambio climático global (ONU, 2026).

El desarrollo de sistemas de energía renovable es considerado esencial para lograr una transición energética sostenible, disminuir la dependencia de combustibles fósiles y mitigar los efectos del cambio climático, dado que tecnologías como la solar y eólica generan electricidad con bajas o nulas emisiones directas de CO₂ (EIA, 2024). La expansión reciente de la capacidad instalada de energías renovables a nivel mundial también ha demostrado que estas tecnologías pueden convertirse en fuentes competitivas y económicamente viables frente a las plantas de energía tradicionales (Reuters, 2025).

Figura 1. Energías renovables



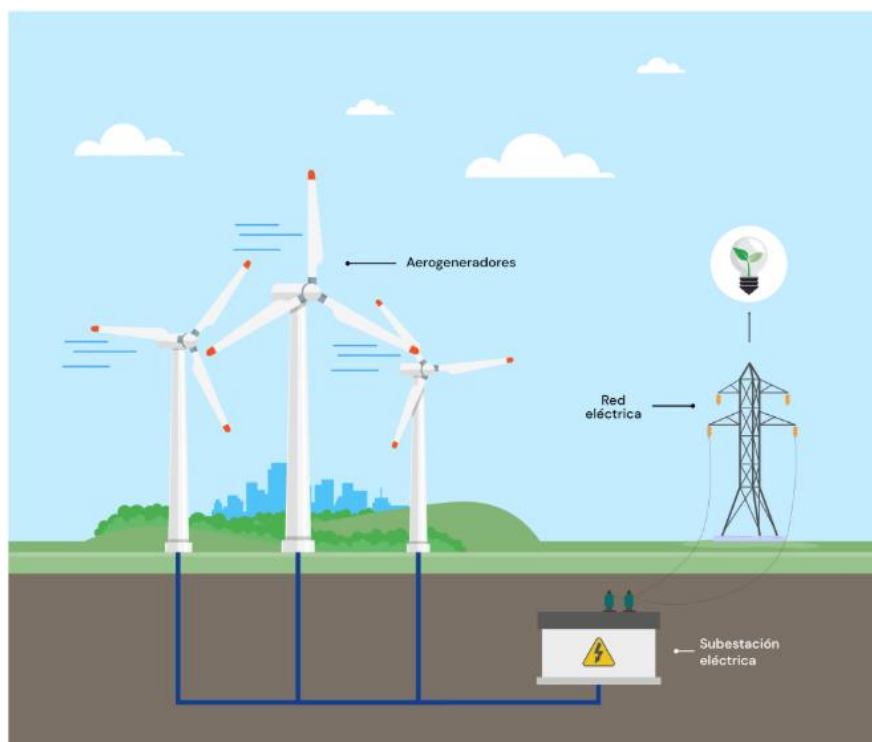
Nota: tipos de energías renovables. Fuente. mundobiotec,2023

2.1.1. Energía eólica

La energía eólica se obtiene transformando la energía cinética del viento en energía eléctrica mediante aerogeneradores. El concepto se basa en la interacción del flujo de aire con las palas del rotor para producir un punto de rotación que activa un generador eléctrico. La potencia generada depende principalmente de la velocidad del viento, la densidad del aire y el área barrida por el rotor, lo que convierte a la correcta selección del sitio en un factor crítico para su aprovechamiento eficiente (Manwell, McGowan & Rogers, 2023).

La energía eólica ya es una de las tecnologías renovables más maduras y competitivas a nivel mundial, tanto en aplicaciones terrestres como marinas, con un rendimiento altamente competitivo. Varias investigaciones han informado que su inclusión en los sistemas eléctricos es importante para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la seguridad energética, especialmente cuando se combina con otros sistemas renovables o sistemas de respaldo híbridos (IEA, 2024).

Figura 2. Energía Eólica



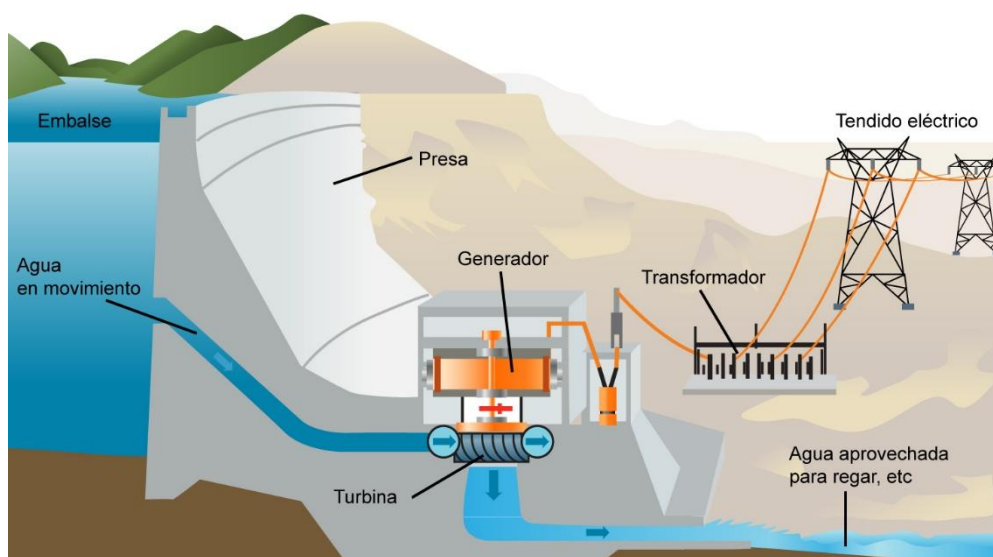
Nota: Esquema de funcionamiento de la energía eólica. Fuente. Pitmageneracion,2023

2.1.2. Energía hidroeléctrica

La energía hidroeléctrica utiliza la energía potencial y cinética del agua en movimiento para generar electricidad mediante turbinas hidráulicas acopladas a generadores eléctricos. Esta tecnología se caracteriza por su alta eficiencia energética, la cual puede superar el 90 %, y por su capacidad para suministrar grandes volúmenes de energía de forma continua y estable (IRENA, 2023).

La clasificación de las plantas hidroeléctricas es la siguiente: de embalse, de flujo de río y de almacenamiento por bombeo. Desempeñando un papel importante en la integración de energías renovables variables, permitiendo almacenar energía en forma de agua elevada y liberarla cuando la demanda lo requiere. Teniendo en consideración que el desarrollo de proyectos hidroeléctricos debe contemplar cuidadosamente los impactos ambientales y sociales asociados a la alteración de ecosistemas acuáticos y territorios locales (World Bank, 2022).

Figura 3. Energía hidroeléctrica



Nota: Esquema de funcionamiento energía hidroeléctrica. Fuente. Luzydiversion, 2022

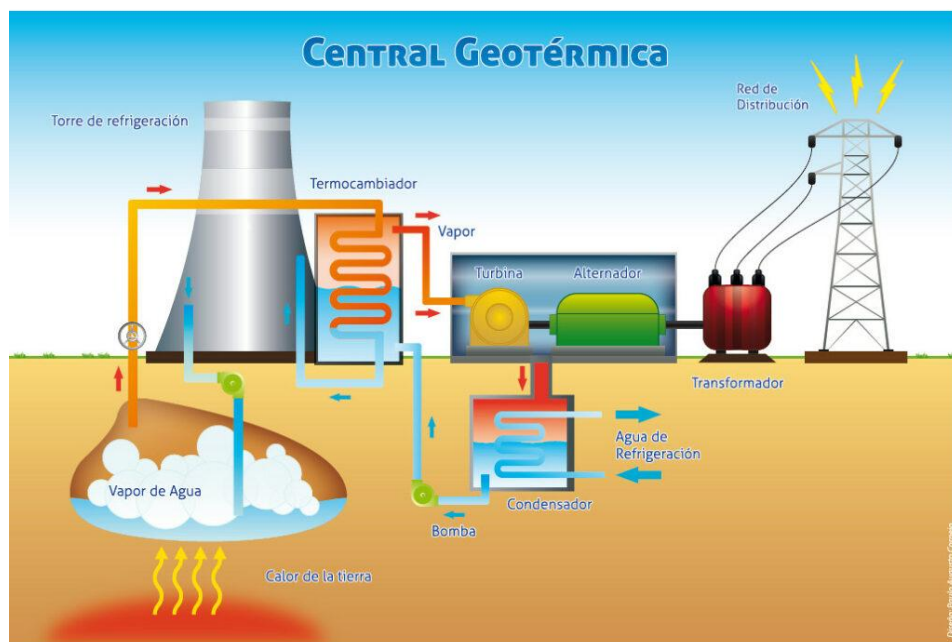
2.1.3. Energía geotérmica

La energía geotérmica utiliza el calor dentro de la Tierra, producido por vapor o agua caliente almacenada bajo tierra. Este recurso puede utilizarse

tanto para la generación de electricidad como para aplicaciones térmicas directas, tales como calefacción industrial o climatización (DiPippo, 2021).

Un beneficio clave de la energía geotérmica es la generación continua, independientemente del clima, lo que la convierte en una fuente de energía muy confiable para el sistema eléctrico. Sin embargo, su desarrollo está condicionado por la disponibilidad geográfica del recurso y por los elevados costos iniciales asociados a la exploración y perforación, lo que limita su implementación masiva en determinadas regiones (IRENA, 2022).

Figura 4. Energía Geotérmica



Nota: Esquema de funcionamiento de energía geotérmica. Fuente. Todo ingenierías, 2020

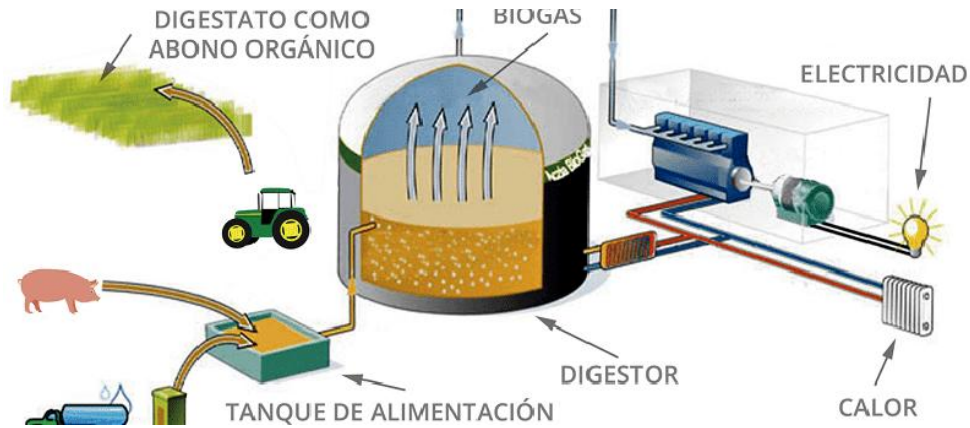
2.1.4. Energía de biomasa y biogás

La energía de biomasa se deriva de materia orgánica de origen vegetal o animal que se convierte en energía térmica o eléctrica. Este proceso puede llevarse a cabo mediante la combustión, la gasificación o la digestión anaeróbica. En el caso del biogás, este se genera principalmente a partir de residuos orgánicos y estiércol, produciendo una mezcla rica en metano que puede ser utilizada como combustible (IEA Bioenergy, 2023).

La utilización de energía de biomasa también tiene los beneficios de valorizar los residuos y contribuir a la economía circular, así como reducir la presión negativa que los residuos orgánicos deben soportar. No obstante, su

sostenibilidad depende de una adecuada gestión del recurso, ya que un uso ineficiente o no planificado puede generar impactos negativos sobre el uso del suelo y la seguridad alimentaria (REN21, 2024).

Figura 5. Energía Biomasa-Biogas



Nota: Esquema de funcionamiento de energía biomasa y biogas. Fuente. Solucionesdecombustion,2021

2.1.5 Energía solar

La energía solar es una fuente de energía renovable que depende de la irradiación solar proporcionada por el Sol para crear energía térmica (y por lo tanto eléctrica) mediante la recolección de energía de la radiación electromagnética. Entre las tecnologías más difundidas se encuentran los sistemas solares fotovoltaicos, los cuales transforman directamente la radiación solar en electricidad mediante el efecto fotoeléctrico presente en materiales semiconductores, principalmente el silicio cristalino (Green et al., 2022).

2.1.5.1. Energía solar fotovoltaica

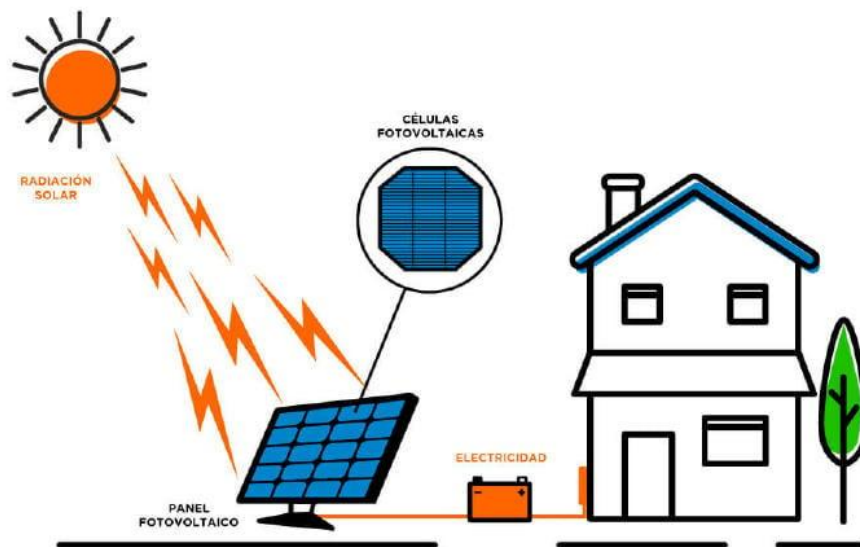
Los sistemas fotovoltaicos consisten en módulos solares, inversores, estructuras de soporte y dispositivos de protección eléctrica y se operan de manera aislada, así como conectados a la red. En aplicaciones industriales, los sistemas fotovoltaicos conectados a red o integrados en configuraciones híbridas permiten reducir el consumo de energía proveniente de la red pública, disminuir los costos operativos y mitigar emisiones contaminantes asociadas a la generación convencional (IEA, 2024).

Hablando tecnológicamente, el aumento de la eficiencia de los módulos fotovoltaicos y la drástica reducción en sus costos de fabricación e instalación

han permitido una adopción a gran escala. Según reportes recientes, la energía solar fotovoltaica se ha consolidado como una de las tecnologías de generación eléctrica más competitivas a nivel mundial, incluso en sectores industriales con demandas elevadas y operación continua (IRENA, 2023).

Además, la energía solar presenta un nivel elevado de complementación con otras fuentes de energía pudiendo integrarse en sistemas híbridos de generación fotovoltaica con la red eléctrica y sistemas de respaldo, como generadores diésel. Esta estructura permite mejorar la eficacia del suministro y optimizar la gestión energética en procesos industriales (Luna et al., 2022).

Figura 6. Sistema fotovoltaico



Nota: Sistema de proyección de energía solar. Fuente 1. pepeenergy, 2025

La captación de la radiación solar y su transformación en electricidad, es similar al proceso de las plantas en el cual generan su propia energía, llamado fotosíntesis.

2.2. Paneles solares.

Los paneles solares fotovoltaicos son dispositivos diseñados para convertir la radiación solar en energía eléctrica a través del efecto fotoeléctrico, un fenómeno físico que ocurre cuando los fotones incidentes en un material semiconductor transfieren su energía a los electrones, generando una diferencia de potencial eléctrico. Los dispositivos están compuestos por

un cúmulo de celdas fotovoltaicas unidas eléctricamente entre sí y encapsuladas para garantizar su protección mecánica y ambiental (Green et al., 2022).

Desde el punto de una construcción, la tecnología principal en aplicaciones industriales son los módulos de silicio cristalino, principalmente el silicio monocristalino, debido a su mayor eficiencia, estabilidad térmica y vida útil. Los avances recientes en técnicas de fabricación han permitido mejorar el rendimiento energético de los paneles solares, alcanzando eficiencias comerciales superiores al 20 %, lo que los convierte en una solución viable para sistemas de generación de mediana y gran escala (IRENA, 2023).

La respuesta eléctrica de un panel solar se describe por las siguientes características principales: potencia nominal, voltaje en el punto de máxima potencia, corriente en el punto de máxima potencia, voltaje en circuito abierto y corriente en cortocircuito. Estos parámetros cambian en función de las condicionantes ambientales, esencialmente la irradiación solar y la temperatura, lo que debe ser una condicionante en el diseño y dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos conectados a red o en configuraciones híbridas (Duffie & Beckman, 2020).

En la industria generalmente integran paneles solares en enmiendas fotovoltaicos de manera serie y paralelo para crear cadenas que alcancen los niveles de voltaje y corriente solicitados por los inversores. Esta configuración facilita la optimización del aprovechamiento del recurso solar y la reducción del consumo energético proveniente de la red eléctrica convencional, contribuyendo a la disminución de costos operativos y emisiones asociadas a la generación eléctrica tradicional (IEA, 2024).

2.3. Tipos de paneles solares.

Existen 3 tipos de paneles solares:

- Paneles fotovoltaicos: Son un tipo de panel que produce electricidad a través de la absorción de la luz solar.

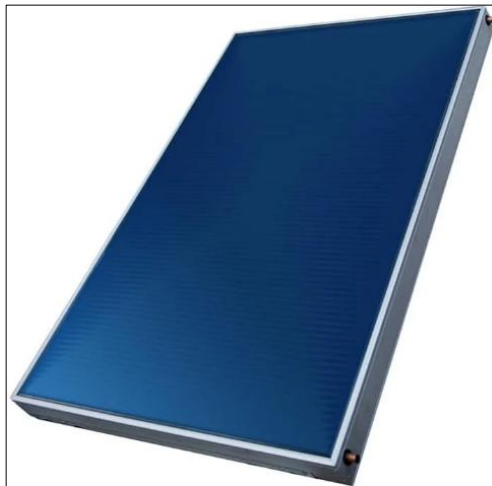
Figura 7 Paneles fotovoltaicos



Nota: Imagen referencial de paneles solares. Fuente. Sunfields.com,2020

- Placas solares térmicas: Son paneles que se emplean para calentar un fluido, que generalmente es agua.

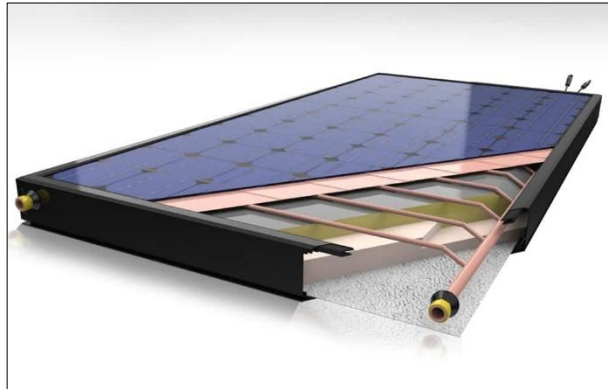
Figura 8. Imagen referencial placas solares térmicas



Fuente. Sunfields.com

- Placas solares híbridas: Son placas solares que combinan la tecnología fotovoltaica y la tecnología térmica por lo cual son capaces de generar electricidad y calor simultáneamente.

Figura 9. Placas solares híbridas



Nota: Imagen referencial placas solares híbridas Fuente. Sunfields.com

2.4. Paneles fotovoltaicos.

Son estructuras rectangulares que convierten la luz solar en electricidad, este compuesto por numerosas celdas individuales fotovoltaicas interconectadas que emplean la radiación solar para generar electricidad (Hernández, D. R., Martínez, E. G. E., & Mesa, A. P. ,2021).

Figura 10. Imagen referencial paneles fotovoltaicos



Fuente. Solcolchile

2.5. Celdas fotovoltaicas.

Las celdas fotovoltaicas están conformadas por metales y elementos sensibles a la luz en su composición constan capas de silicio, fósforo y boro, siendo capaces de generar cada una de 2 a 4 Amperios equivalente de 0.46 a 0.48 Voltios. Estas celdas se colocan en serie sobre módulos solares y

gracias a estos elementos pueden absorber fotones que provienen de la luz del sol consiguiendo una corriente eléctrica continua (Hernández, D. R., Martínez, E. G. E., & Mesa, A. P., 2021).

Los módulos fotovoltaicos permiten radiación directa como difusa, por ende, hasta en los días nublados puede generar energía eléctrica.

2.6. Clasificación de celdas fotovoltaicas.

- **Celdas fabricadas mediante la unión de dos láminas de silicio:** son eficientes y con precios asequibles, su ensamble en grandes dimensiones facilita su instalación en cubiertas (Rosales, K.R., Moure, F.J., & Quiñones J.G., 2020).
- **Celdas solares de película delgada:** Elaboradas con finas capas del material semiconductor y más delgadas que las celdas de primera generación están fabricadas en están fabricadas con semiconductores como el sulfuro de cadmio, telurio de cadmio o el diselenuro de cobre, indio y galio. Debido a su ligereza se facilita su transportación (Rosales, K.R., Moure, F.J., & Quiñones J.G., 2020).
- **Celdas solares basadas en los grupos III-V de la tabla periódica de los elementos (II: galio e indio, V: arsénico y antimonio, por mencionar algunos ejemplos).** Estas celdas se fabrican con métodos más costosos que los empleados en las generaciones anteriores; sin embargo, tienen una eficiencia de conversión más alta, de hasta 45%, por lo que frecuentemente se emplean en satélites y vehículos aéreos no tripulados (Rosales, K.R., Moure, F.J., & Quiñones J.G., 2020).
- **Las celdas solares de próxima generación, debido a que engloban las más recientes investigaciones, están basadas en materiales orgánicos, puntos cuánticos y materiales híbridos orgánico-inorgánicos (conocidos como perovskitas).** Estas celdas pueden tener costos menores y métodos de fabricación más sencillos, entre otros beneficios (Rosales, K.R., Moure, F.J., & Quiñones J.G., 2020).

2.7. Elementos principales de un panel fotovoltaico.

Los paneles fotovoltaicos están compuestos de la siguiente manera:

- Generador solar: Conjunto de paneles fotovoltaicos (captan energía luminosa y convierten en corriente continua) (Salgado, 2020).
- Acumulador: Guarda la energía producida por el generador y transforma a través de un inversor la corriente continua en corriente alterna (Salgado, 2020).
- Regulador de carga: Evita la sobrecarga, ya que los daños podrían ser irreversibles (Salgado, 2020).
- Inversor: Es el encargado de convertir la corriente continua obtenida por el campo fotovoltaico en energía alterna la cual alimenta directamente a los usuarios (Salgado, 2020).

2.8. Parámetros eléctricos de un panel

Los parámetros de valoración de los paneles solares son características eléctricas que se utilizan para monitorear, gestionar y optimizar el rendimiento de las placas fotovoltaicas.

Tiene una relación directa con respecto a los parámetros eléctricos de sus células y con la cantidad y el tipo de conexión serie-paralelo de las mismas. Un panel fotovoltaico es la unión de varias células solares interconectadas entre sí estas células se pueden conectar en serie, paralelo o las dos, pero si suponemos que todas trabajan a la misma irradiación, tensión, corriente, potencia y temperatura, el módulo fotovoltaico cumple de manera ideal con las siguientes relaciones (Quilumba, R. & Quimbita, B., 2021).

$$V_t = N_s * V_c$$

$$I_t = N_p * I_c$$

$$W_t = N_s * N_p * P_c$$

Donde:

V_t = Voltaje total de panel

N_s = Numero de celdas en serie

N_p = Numero de celdas en paralelo

V_c = Voltaje de celda

I_c = Corriente de celda

I_t = Corriente total del panel

W_t = Potencia total

P_c = Potencia de celda

Las características eléctricas que definen el comportamiento de un módulo fotovoltaico son:

- La tensión a circuito abierto.
- La corriente de cortocircuito.
- La potencia máxima del módulo.
- El factor de forma.
- Rendimiento total del módulo.

La clave para una comparación objetiva entre paneles solares de diferentes fabricantes reside en entender sus parámetros técnicos básicos, como la potencia y el voltaje.

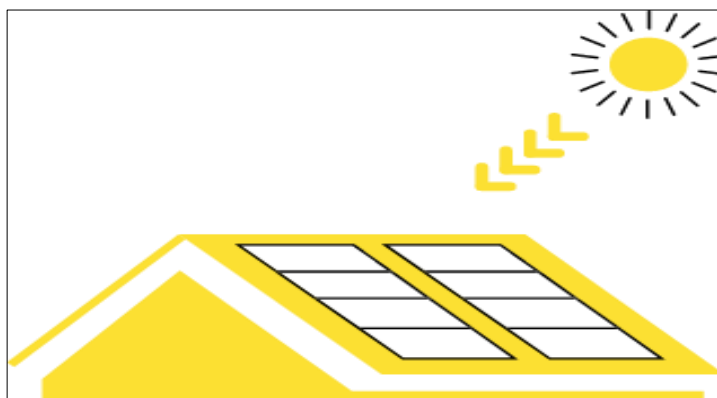
2.9. Factores que afectan la generación.

Si bien la latitud (la proximidad al ecuador es un factor positivo) y el clima de la región (la nubosidad) son los principales determinantes de la energía solar disponible, existen otros factores relevantes a tener en cuenta como lo son:

2.10. Inclinación.

La inclinación incide específicamente en que la luz solar influya de manera directa, como regla general se considera que el ángulo que optimiza mejor la producción fotovoltaica anual es igual al valor de la latitud donde se encuentre la instalación menos 10.

Figura 11. Inclinación



Fuente. <https://sotysolar.es/> , 2020

2.11. Orientación.

Un panel orientado al este producirá la mayor parte de su electricidad por la mañana, mientras que uno orientado al oeste lo hará por la tarde.

2.12. Sombras

La sombra parcial en una instalación convencional no solo disminuye la generación del panel afectado, sino que también arrastra la producción de los demás paneles en serie. Con el uso de micro inversores u optimizadores, cada panel opera de forma autónoma, evitando este efecto.

2.13. Temperatura.

La potencia máxima de los paneles solares es inversamente proporcional a la temperatura de la célula, disminuyendo cerca de un 0,4% por cada grado por encima del umbral de 25°C. En consecuencia, la eficiencia es mayor en días templados y soleados que en días muy calurosos, siendo la cantidad de luz solar directa el factor clave para la generación total.

2.14. Sistema de generación híbrida

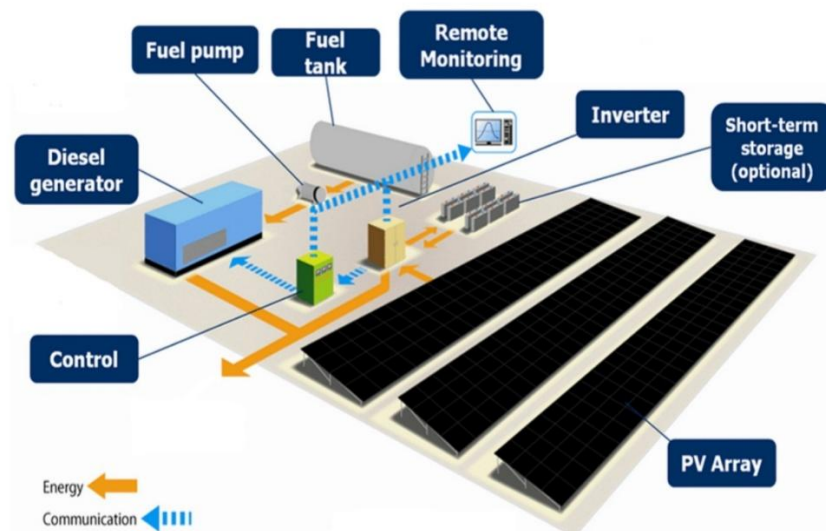
En configuraciones híbridas, que combinan el uso de la red eléctrica, fotovoltaica y generadores diésel, la energía solar se convierte en una fuente complementaria que reduce el consumo de energía de la red pública y de combustibles fósiles, mientras que el generador diésel actúa como respaldo en caso de una falla en el suministro o una generación renovable insuficiente.

Este diseño es particularmente adecuado para actividades industriales esenciales, ya que avala la continuidad del suministro eléctrico incluso en situaciones de interrupciones prolongadas de la red (IRENA, 2022).

Desde un punto de vista tecnológico, los sistemas de generación híbrida requieren inteligencia avanzada en la gestión de energía, que generalmente se realiza utilizando inversores, dispositivos de protección y sistemas de control. Esto permite la organización de la generación de energía disponible, la conectividad de la generación de energía a la red eléctrica, así como la adherencia a los parámetros de calidad operativa dentro del contexto regulatorio. La integración efectiva entre diferentes fuentes es importante para evitar sobrecargas, pérdidas de energía y perturbaciones de la instrumentación sensible (IEEE, 2020).

Algunas ventajas que los sistemas híbridos en una operación industrial tienen, incluyen menores costos operativos y menos emisiones contaminantes, mayor seguridad energética y más robustez contra el efecto de eventos externos que influyen en la fuente de energía. Basado en estudios recientes, los sistemas híbridos podrían hacer que la fiabilidad del suministro de instalaciones industriales de alta potencia sea mucho más fuerte y también demostrar ser una alternativa técnica y económicamente aceptable a los modelos de generación tradicionales (Luna et al., 2022).

Figura 12. Sistema fotovoltaico híbrido



Nota: Esquema de sistema fotovoltaico híbrido Fuente. cyzcorp, 2023

2.14.1. Componentes de un sistema híbrido

Los sistemas híbridos suelen estar aislados e incorporan los siguientes equipos:

- Módulos fotovoltaicos, aerogeneradores, turbinas hidráulicas: tecnologías de conversión a partir de fuentes renovables.
- Grupos electrógenos diésel, de gasolina o de gas: tecnología de conversión a partir de fuentes no renovables.
- Baterías: subsistema de almacenamiento de energía eléctrica.
- Inversores de tensión, rectificadores y controladores de carga: equipos del sistema de acondicionamiento de energía.
- Estos dispositivos se conectan mediante cableado adecuado y dispositivos de protección y conmutación (interruptores, relés y disyuntores) a dos barras colectoras, una para corriente continua (CC) y otra para corriente alterna (CA), para alimentar las cargas. (Pinho, Barbosa, Pereira, Souza, Blasques, Galhardo, & Macêdo, 2008).

2.15. Arquitectura de un sistema híbrido

El conjunto de paneles solares en un diseño de sistema solar híbrido está conectado con el inversor solar mismo que, a su vez, se encuentra conectado con la batería solar y está a la red eléctrica.

El panel solar capta la luz solar y la transforma en electricidad de corriente continua, esta electricidad va al inversor solar conectado y la convierte la corriente continua en corriente alterna. Durante el día, si la producción del diseño del sistema solar supera las necesidades eléctricas, el exceso de energía se almacena en baterías solares.

2.15.1. Componentes de diseño de sistemas híbridos

- Paneles solares: Es la fuente de energía solar.
- Baterías: Se puede utilizar baterías de iones de litio u otras tecnologías de baterías en el diseño de un sistema solar híbrido. La batería de reserva puede acaudalar el exceso de energía solar producida durante el día para utilizarla por la noche.

- Controlador de carga: Garantiza el bienestar del diseño conjunto con el sistema de baterías de reserva. Como su nombre indica, regula el flujo de carga en la batería. Ayuda a que el diseño del sistema de baterías no se sobrecargue ya que esta puede dañar la batería y acortar su vida útil.
- Inversor híbrido: La función principal es transformar la corriente continua producida por los paneles solares y las baterías en corriente alterna utilizable.
- Cuadro de distribución de Corriente Continua: Se trata de un panel diseñado con disyuntores y sistemas de seguridad de circuitos cuya función es agrupar las conexiones de varios paneles solares.
- Cuadro de distribución de corriente alterna: Su función es proteger los dispositivos conectados mediante fusibles y disyuntores, actuando esencialmente como una unidad de consumo o centro de control de circuitos.

2.16. Sistemas híbridos en procesos industriales

En entornos industriales, un enfoque híbrido une distintas tecnologías (energéticas, de materiales o de métodos) para maximizar el rendimiento, la fiabilidad y la sostenibilidad. Esta estrategia, aunque conlleva una inversión inicial mayor, ofrece beneficios como la reducción de costos operativos y la independencia de una única fuente de recursos.

2.16.1. Tipos de sistemas híbridos industriales

- Energéticos: Al combinar fuentes de energía renovable, como la eólica o la solar, con alternativas tradicionales, ya sea diésel o conexión a la red eléctrica, se proporciona un suministro más estable y económicamente viable. Se utilizan baterías para almacenar el excedente generado.
- Fabricación: La fusión de diversas técnicas, como la fundición a presión y el mecanizado, facilita la producción de componentes complejos, optimizando así la eficiencia y ampliando las posibilidades de los materiales utilizados.

- **Control y Almacenamiento:** A través del uso de inteligencia artificial y análisis de datos, se gestiona eficientemente el proceso de carga y descarga de las baterías, lo que maximiza tanto la efectividad del sistema como su durabilidad.

2.17. Ventajas del sistema híbrido en procesos industriales

- **Rendimiento y Eficiencia:** Funciona el sistema de mejor manera al elegir la fuente o técnica más conveniente para cada situación específica.
- **Fiabilidad y Autonomía:** Reduce la dependencia de la red eléctrica, garantizando un suministro continuo gracias a las opciones de respaldo.
- **Sostenibilidad Ambiental:** La integración de energías renovables contribuye a una huella de carbono reducida.
- **Flexibilidad Operativa:** El sistema se adapta con facilidad a distintas demandas y condiciones de funcionamiento.
- **Ahorro Económico:** Lleva a una reducción en el consumo de combustibles fósiles, lo que disminuye los costos operativos a largo plazo.

2.18. Mantenimiento de un sistema de generación híbrido

El esfuerzo de mantenimiento de un sistema de generación híbrido se compone de un conjunto de acciones técnicas diseñadas para garantizar una operación confiable, segura y eficiente de los diversos subsistemas que lo componen, como la generación fotovoltaica, la interconexión con la red eléctrica, los generadores diésel de respaldo y los sistemas de control y protección. Una adecuada estrategia de mantenimiento permite prolongar la vida útil de los equipos, reducir fallas imprevistas y minimizar los costos operativos asociados a interrupciones del servicio eléctrico (IEA, 2023).

Técnicamente, el mantenimiento de sistemas híbridos se realiza a través de mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo y mantenimiento predictivo. El mantenimiento preventivo incluirá inspecciones regulares, limpieza de componentes, verificación del estado eléctrico y

evaluaciones de los sistemas de protección. Estas actividades están principalmente dirigidas a los módulos solares, estructuras de soporte, cableado, inversores y dispositivos de protección contra sobretensiones, ya que el deterioro o fallo de estos tendría un impacto significativo en el rendimiento del sistema (IRENA, 2022).

El mantenimiento de los generadores diésel es una parte vital de la solución, ya que son una unidad de respaldo crítica. Esto consiste en revisar el motor de combustión interna, el aceite de lubricación, el sistema de refrigeración y el sistema de combustible con inspección, y probar el arranque/operación bajo carga. El generador y el ATS deben estar en coordinación precisa para preparar el tiempo de respuesta durante fallos en el suministro eléctrico (García et al., 2021).

También se preservan las medidas de control y protección para la operación de las diferentes fuentes de generación en conjunto. Esto también involucra relés de protección, dispositivos de monitoreo, equipos de medición y algoritmos de gestión de energía que ayudan a priorizar posibles recursos y mantener la calidad de la energía dentro de los límites aprobados. Además, en el sector industrial, una buena planificación puede permitir el mantenimiento de sistemas de generación híbrida, que son esenciales para la continuidad operativa de procesos como los extrusores industriales, donde la pérdida de suministro eléctrico podría llevar a pérdidas económicas.

2.19. Diseño de sistema fotovoltaicos

2.19.1. Cálculo de demanda eléctrica

La demanda eléctrica hace referencia a la cuantía máxima de potencia que una instalación puede requerir simultáneamente en condiciones normales de uso. Este parámetro es fundamental ya que establece el tamaño apropiado del cableado, protecciones, interruptores y el propio cuadro eléctrico general.

2.19.1.1. Fórmulas

- $E = P * T$
- $E_{mensual} = E * 30$

- $E_{\text{anual}} = E * 365$

Donde: P = Potencia

T = Hora uso por día

2.19.2. Dimensionamiento de paneles solares

El dimensionamiento de paneles solares es un proceso que busca establecer la potencia máxima y la cantidad puntual de equipos (paneles solares, inversores, baterías y cableado) requeridos para satisfacer las necesidades energéticas específicas del usuario.

2.19.2.1. Fórmulas

- $E_{ps} = P_{ps} * h_{sp} * n$
- $P_{ps} = \frac{E_{real}}{h_{sp} * n}$
- $N = \frac{P_{ps}}{P_{panel}}$

Donde: Eps = Energía de panel solar

Pps = Potencia panel requerida

Hsp = horas sol pico (Guayaquil = 4.5 – 5)

n = eficiencia del sistema (0.75 – 0.85)

N = número de paneles

Ppanel = Potencia nominal panel

2.19.3. Dimensionamiento de inversores

El inversor es un componente fundamental dentro de cualquier sistema solar fotovoltaico, debido a que su función principal es convertir la corriente continua generada por los paneles solares en corriente alterna, que es el tipo de electricidad utilizada en industrias.

Figura 13. Inversores fotovoltaicos



Nota. Variedad de inversores en el mercado. Fuente. energytec, 2026

La potencia del inversor es esencial, ya que es el encargado de transformar la corriente continua de los paneles solares.

2.19.3.1. Fórmulas

- $\frac{D.inversor}{P_{inv} \geq P_{max}}$

Donde: P_{inv} = Potencia inversor

P_{max} = Potencia máxima en la carga (maquina)

2.19.4. Dimensionamiento de protecciones eléctricas

La idea detrás de esto es preservar la vida de las personas y los equipos. Esto se logra garantizando que los dispositivos de protección (por ejemplo, fusibles e interruptores automáticos) respondan selectivamente a cualquier falla, ya sea un cortocircuito o una sobrecarga.

El propósito es aislar solo la sección afectada de una instalación, lo que minimiza las interrupciones del servicio y asegura la operación continua de todo el sistema (en estricta conformidad con las normativas vigentes). El proceso está diseñado para asegurar la continuidad de las operaciones, la

seguridad de las personas, los equipos y la estabilidad de la instalación eléctrica.

2.19.4.1. Formulas

- $I_{fusible} = 1.25 * 1.25 * I_{cpanel}$
- $Breaker = 1.25 * IAC$
- $IAC = \frac{P_{inv}}{V_{ac}}$

Donde: $I_{fusible}$ = Capacidad de fusible o corriente que soporta fusible

I_{cpanel} = Corriente del circuito de los paneles

IAC = Corriente alterna

V_{ac} = Voltaje del sistema

Nota: Selección de conductor (cable) se dimensiona según IAC

2.20. Análisis de sombras y orientación

El análisis de sombras y orientación es una herramienta esencial para optimizar el diseño de instalaciones. Su propósito es hacer de manera eficiente la captación de luz natural y el aprovechamiento energético, así como encargarse del control del calor y mejorar la comodidad de los ocupantes.

Este proceso permite entender cómo interactúa la trayectoria solar en un inmueble, su entorno y las estaciones del año. De este modo, se puede maximizar la producción de sistemas solares fotovoltaicos mediante la ubicación estratégica de los paneles.

2.20.1. Desarrollo

- **Inclinación:** Según la latitud del lugar +- 10°
- **Orientación:** Norte
- **Análisis de sombra:** mediante el empleo de software especializados.

2.21. Generadores diésel como respaldo energético en la industria

Los generadores diésel son una solución que se usa para el suministro de energía de respaldo en instalaciones en fábricas, porque pueden funcionar

sin fallas, pueden soportar carga y pueden trabajar por mucho tiempo. Estos sistemas convierten la energía química del combustible diésel en energía mecánica mediante un motor de combustión interna, la cual es posteriormente transformada en energía eléctrica a través de un alternador síncrono (Elger et al., 2020).

Los grupos electrógenos diésel son sistemas de respaldo comunes en aplicaciones industriales para interrupciones del suministro eléctrico, con el fin de asegurar la continuidad de los procesos de producción esenciales, que no permiten paradas no programadas. La integración de estos equipos se realiza generalmente mediante sistemas de transferencia automática (ATS), los cuales detectan la pérdida de tensión de la red eléctrica y gestionan el arranque, sincronización y conexión del generador en tiempos reducidos, minimizando el impacto operativo y económico asociado a las interrupciones del servicio eléctrico (García, Molina & Torres, 2021).

Los generadores diésel y las plantas de energía fotovoltaica en configuración híbrida ofrecen la posibilidad de lograr un uso óptimo de los recursos limitados para la generación de electricidad. Dentro de estos sistemas, la energía solar satisface la demanda en algunos casos durante las horas de irradiación, el generador sirve como generación de energía de respaldo en caso de baja generación fotovoltaica o falla de la red, reduciendo significativamente el consumo de combustible y su costo (Ramírez & López, 2023). Esto es particularmente apropiado en aplicaciones industriales con carga alta y continua, donde es técnica y económicamente impráctico usar almacenamiento en baterías de forma aislada.

Figura 14. Generador a diésel



Nota: Generador de abastecimiento industrial. Fuente 2. Chinadieselgen, 2024

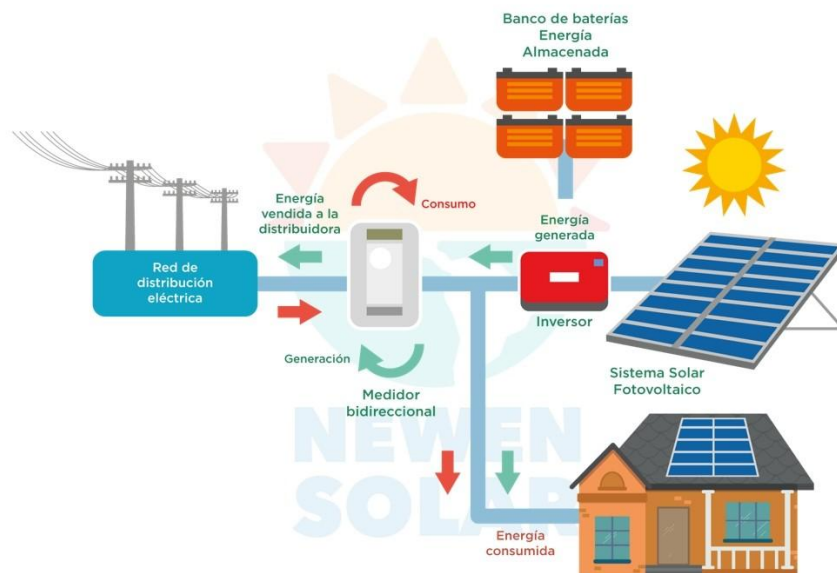
2.22. Integración de la red eléctrica con sistemas de generación distribuida

La generación distribuida es la generación de electricidad por instalaciones cercanas al punto de consumo. En este contexto, los sistemas fotovoltaicos conectados a la red y los generadores de respaldo conforman recursos energéticos distribuidos que pueden mejorar la eficiencia, la confiabilidad y la resiliencia del suministro eléctrico, especialmente en entornos industriales y comerciales con alta demanda energética (Bhuyan, 2022).

Dicha generación distribuida necesita estar conectada a la red eléctrica, donde se emplea la operación de dispositivos electrónicos de potencia para coordinar el voltaje, la frecuencia y la fase del sistema local con la red pública. En sistemas industriales, esta función es asumida por inversores trifásicos que permiten el autoconsumo de la energía generada y, cuando es técnicamente viable, la inyección de excedentes a la red, siempre cumpliendo con los requerimientos de protección y calidad de energía establecidos por la normativa vigente (IEEE, 2020).

En los sistemas híbridos, la red eléctrica es el proveedor principal, pero la generación fotovoltaica apoya la reducción de la demanda de energía tanto de la red pública como del generador diésel de respaldo. Este sistema energético integrado ayuda a mantener la red eléctrica segura y resiliente, reduce la dependencia del suministro convencional y mitiga los efectos de las interrupciones de energía en los procesos industriales críticos. Dichos beneficios resultan especialmente relevantes en equipos de alta potencia y operación continua, como las extrusoras industriales (Luna, Martínez & Gómez, 2022).

Figura 15. Generación distribuida



Nota: distribución de energía generada. Fuente. Energiasolarpro, 2024

2.23. Impacto económico del uso de energías renovables en la industria

El estudio técnico-económico de sistemas híbridos, utilizando la energía fotovoltaica, la red eléctrica y generadores de respaldo, en sistemas industriales es indispensable para calcular si estos sistemas son eficientes tanto en energía como en dinero. Este análisis integra criterios de desempeño eléctrico, confiabilidad de suministro y eficiencia económica mediante indicadores como el ahorro energético anual, costo nivelado de energía (LCOE) y periodo de recuperación de inversión (payback) (Carvajal et al., 2022).

En contextos industriales con cargas continuas, la generación fotovoltaica combinada con fuentes convencionales permite reducir la dependencia de la red pública y disminuir los costes asociados al consumo de energía, mientras que la inclusión de generadores diésel garantiza respaldo operativo ante fluctuaciones o interrupciones del suministro (Ramírez & López, 2023).

Los estudios más recientes enfatizan la comparación del análisis técnico-económico de diferentes escenarios de operación del sistema (solo red, red-PV, red-PV-generador) y el análisis de la sensibilidad del sistema a los precios de la energía de entrada y los precios del combustible. Estos análisis permiten identificar el punto de equilibrio económico y cuantificar beneficios tangibles de la implementación de sistemas híbridos en la industria (Zamora et al., 2023).

2.24. Normativa aplicada a sistemas Fotovoltaicos industriales

El estándar de seguridad de los sistemas fotovoltaicos híbridos se proporciona para operar en cumplimiento con las regulaciones requeridas y solo necesita cumplir con las normas técnicas nacionales e internacionales vigentes. En cuanto a la generación distribuida y la conectividad a la red eléctrica, los estándares de la industria como el IEEE 1547-2018 (con enmiendas posteriores) definen las capacidades técnicas necesarias para la interoperabilidad, sincronización y protección de los recursos energéticos distribuidos entre el sistema de energía principal y la red (IEEE, 2021).

Además, la IEC 61727:2021 describe las características de interfaz para sistemas fotovoltaicos conectados a la red y aborda los criterios de calidad de energía y protección que los inversores y algunos otros componentes de una interconexión deben poder satisfacer (IEC, 2021). Los estándares se refieren en general a proyectos industriales híbridos, que buscan controlar la producción de fotovoltaicos directamente asociados con el suministro de la red y dispositivos de respaldo (generadores diésel).

A escala nacional en Ecuador, las legislaciones presentadas en ARCERNR 08/23 y ARCONEL-042/18 proporcionan la base del requisito

para la conexión, medición bidireccional y gestión comercial de la energía generada por cualquier sistema de autoconsumo que esté conectado a la red, regulando la instalación de medidas de seguridad eléctrica, el deber del usuario y la obligación del distribuidor (ARCONEL, 2023; ARCERNNR, 2023).

2.25. Máquinas Extrusoras de Plástico

2.25.1. Función de una máquina extrusora de plástico

La principal función de una máquina extrusora de plástico es convertir material plástico en estado sólido en una variedad de estructuras continuas como tubos, láminas, perfiles o filamentos.

Este proceso se logra empleando calor y presión para fundir el polímero, posteriormente a presión mediante una matriz con un diseño específico, lo que permite una producción ininterrumpida y altamente eficiente para una variedad aplicaciones industriales.

Figura 16. Máquina extrusora de plástico



Nota: Proceso de extrusion de fundas de plastico. Fuente. plastico, 2016

CAPITULO III: LEVANTAMIENTO DE INFORMACION

3.1. Generalidades

3.1.1. Antecedentes del proyecto

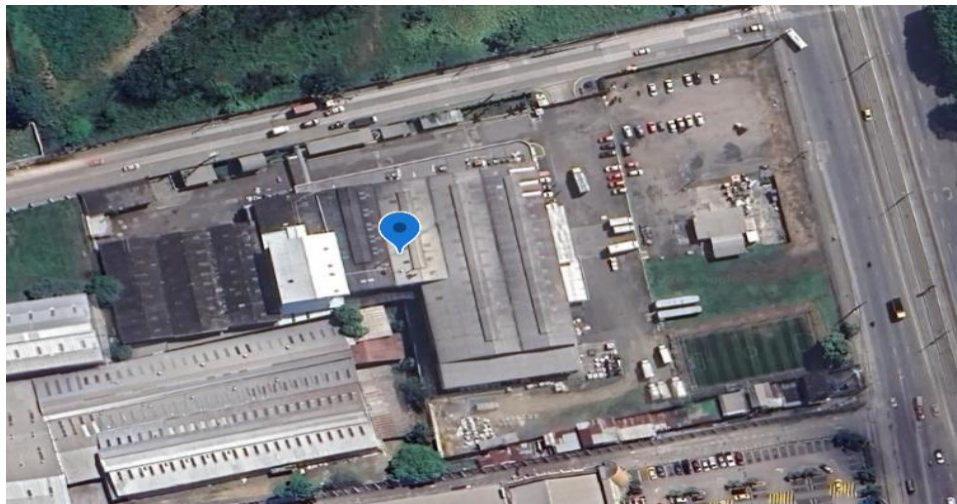
En la fábrica se presenta un proceso de extrusión y transformación de fundas de plástico, este proceso industrial continuo al presentar una alta demanda comercial representa un alto consumo de energía eléctrica, lo cual a su vez representa también un alto costo operativo, impactando directamente la rentabilidad y competitividad.

Dentro de la necesidad de mejorar la rentabilidad, se realiza el análisis y estudio para implementar estrategias de eficiencia y generación energética en una de las maquinas extrusoras que representa un mayor consumo de energía eléctrica. Aportando así una solución sostenible.

3.1.2. Ubicación

La máquina extrusora de fundas de plástico se encuentra en fabrica empacadora ubicada en la provincia del guayas, ecuador. La planta cuenta con un área de construcción de 7,618.62m² y la extrusora ocupa un espacio de 35m², con coordenadas 2°06'49"S 79°56'03"W y una elevación de 20m sobre el nivel del mar. La figura 17 muestra la ubicación geográfica de la planta y extrusora.

Figura 17. Ubicación geográfica de maquina extrusora



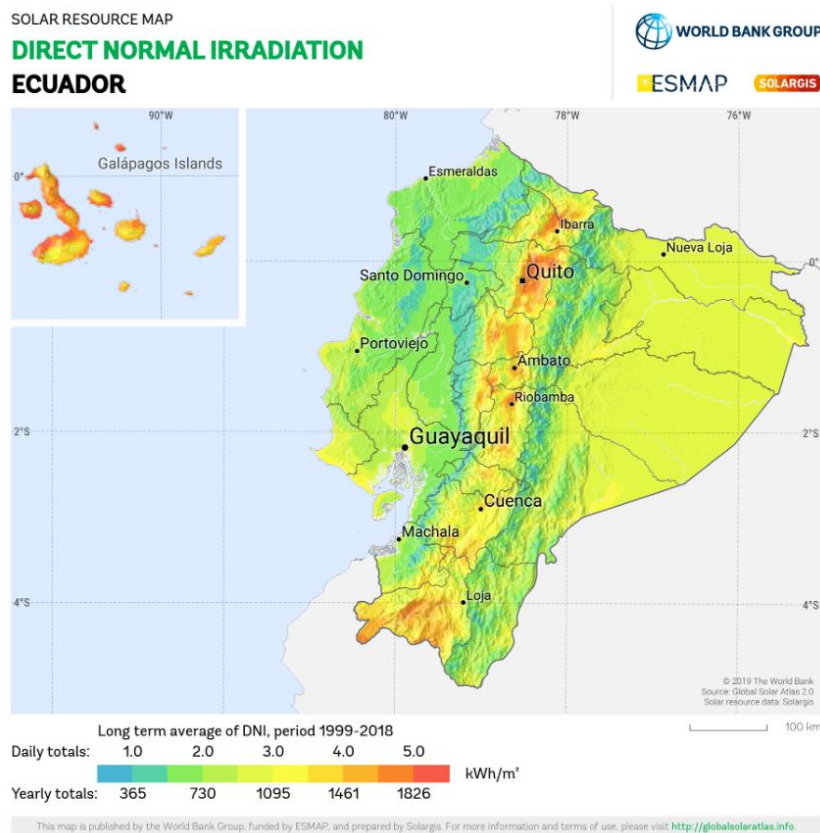
Nota. Planta empacadora donde está ubicada extrusora - Guayaquil, Ecuador. Fuente: Google Earth, 2025

3.1.3. Irradiación y trayectoria solar

La máquina extrusora se encuentra en la provincia del guayas y por su ubicación presenta una irradiación de 913 a 1,278 kWh/m², como se detalla en la figura 18.

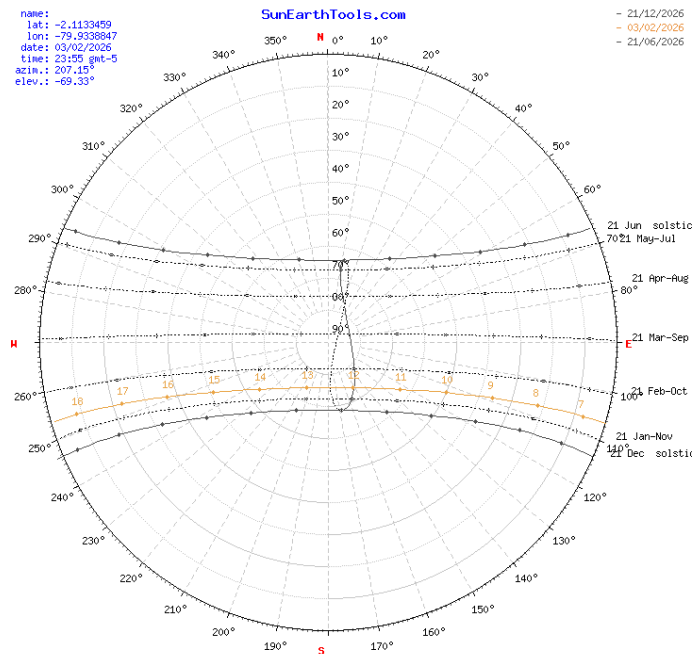
Además, según la localización geográfica, se genera aproximadamente 12 horas diarias de radiación solar disponible debido a la trayectoria del Sol de este a oeste. Sin embargo, la irradiación máxima se recibe en un horario de 12:00 a 16:00 horas (4 horas). De igual manera se anota como punto de consideración las variaciones que presentará en el azimut la trayectoria solar dependiendo del mes en curso. Como se muestra en la figura 19.

Figura 18. Mapa de irradiación solar en Ecuador



Nota. Detalle de niveles de radiación global máximos, mínimos y promedio según provincia Fuente: globalsolaratlas, 2019

Figura 19. Trayectoria solar

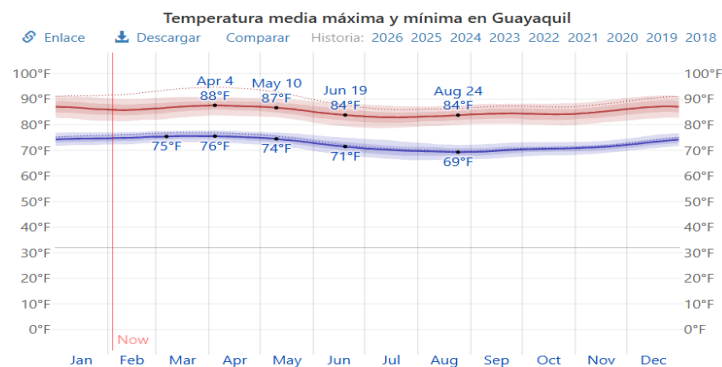


Fuente: sunearthtools, 2026

3.1.4. Temperatura

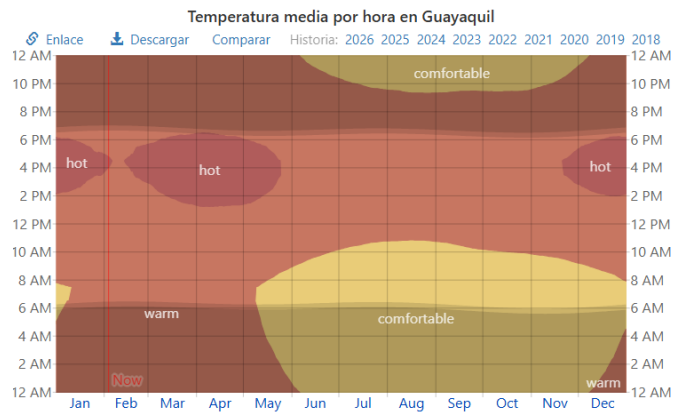
Según la ubicación de la planta, se puede observar en la figura 20 que la temperatura máxima que se presenta en Guayaquil oscila entre 28°C y 31°C, mientras que la temperatura mínima se encuentra entre 21°C y 24°C y no se presentan grandes fluctuaciones a lo largo del año. En la figura 21 donde se muestra el comportamiento térmico según el horario, observamos que las temperaturas más altas se presentan entre 10:00 y 16:00 horas.

Figura 20. Temperatura Guayaquil



Fuente: weatherspark, 2025

Figura 21. Temperatura por hora en Guayaquil



Fuente: weatherspark, 2025

3.1.5. Consumo de energía

Se realizó un análisis del consumo de energía que presentó la máquina extrusora en los últimos 5 meses, tomando como punto importante el mes de noviembre-2025, siendo este mes donde la máquina trabajó continuamente los 30 días del mes en mención. Como se detalla en la tabla 1.

Tabla 1. Tabla de consumo Mensual

| CONSUMO ELECTRICO | | |
|-------------------|------------|-----------|
| 1 | Agosto | 41988 KWh |
| 2 | Septiembre | 42008 KWh |
| 3 | Octubre | 41978 KWh |
| 4 | Noviembre | 42075 KWh |
| 5 | Diciembre | 40598 KWh |

Nota. Histórico de consumo eléctrico de los 5 últimos meses.

Fuente: Autor, 2026

La tabla 1. Muestra en detalle que el mes de noviembre la máquina presentó un mayor consumo de energía, con este dato podemos establecer cuál es el consumo promedio diario y cuál sería la demanda, tomando como 20h el trabajo continuo de la máquina.

$$E_{\text{diaria.prom}} = 42075 \text{ KWh} / 30 = 1402.5 \text{ KWh}$$

$$P_{\text{prom.}} = E_{\text{diaria.prom}} / t_{\text{trabajo}} = 1402.5 \text{ KWh} / 20\text{h} = 70.13 \text{ KW}$$

CAPITULO IV: DISEÑO SISTEMA FOTOVOLTAICO

4.1. Generalidades

En este capítulo se procederá a desarrollar el diseño del sistema fotovoltaico propuestos, mismo que está destinado a reducir el consumo del suministro eléctrico de la maquina extrusora seleccionada, para lo cual se realizará el dimensionamiento eléctrico del sistema, inversor, conductores y protecciones. Adicional, fijamos los criterios para garantizar la operación eficiente y segura según la normativa vigente en Ecuador.

Así mismo, se procederá con el análisis para la integrar el generador necesario como fuente de respaldo con el fin de asegurar la continuidad del proceso ante interrupciones inesperadas del suministro eléctrico local.

Posteriormente se realizará un análisis comparativo de los cálculos usando el software PVsyst.

4.2. Dimensionamiento del sistema Fotovoltaico

Para este punto necesitamos calcular la capacidad que se necesitará que será requerida por el sistema fotovoltaico en estudio para poder cubrir aproximadamente el 60% del consumo de energía eléctrica. Para realizar estos dimensionamientos necesitamos conocer el consumo de energía promedio, las horas pico de sol.

Capacidad = 60% suministro

$$E_{FV} = 1402.5 \times 0.6 = 841.5 \text{ KWh/dia}$$

$$H_{sp} = 4.8 \text{ hsp}$$

$$P_{FV} = \frac{E_{fv}}{HSP} = \frac{841.5}{4.8} = 175.3 \text{ KW}$$

175 KWp

E_{fv} : energía requerida para el sistema

F.V

H_{sp} : horas sol pico

P_{fv} : potencia que debe generar cada panel en condiciones estandar.

KWp: kilovatio panel

Según la capacidad de generación requerida para nuestro sistema y lo disponible en mercado, se usará el módulo FV: JA Solar JAM66D45-LB. En la tabla 2 se detalla las características técnicas del módulo seleccionado.

Tabla 2. Especificaciones técnicas del panel solar

| | |
|------------------------------------|--|
| Marca: | JA Solar |
| Modelo: | JAM66D45-630/LB |
| Tipo de célula: | Monocristalino N-Type TOPCon bifacial |
| Potencia nominal (Pmax): | 630 W ±3 % |
| Tensión a máxima potencia (Vmp): | 40,7 V |
| Corriente a máxima potencia (Imp): | 15,48 A |
| Tensión circuito abierto (Voc): | 48,9 V |
| Corriente de cortocircuito (Isc): | 16,18 A |
| Eficiencia del módulo: | 23,3 % |
| Número de células: | 132 (6 × 22) |
| Dimensiones: | 2382 × 1134 × 30 mm |
| Peso: | 33,1 kg |
| Conectores: | MC4-EVO2A / QC 4.10-351 |
| Caja de conexiones: | IP68, 3 diodos |
| Sección de cable: | 4 mm ² (IEC) / 12 AWG (UL) |
| Tensión máxima sistema: | 1500 V DC |

Fuente: JASOLAR, 2025 editado por autor

4.3. Numero de paneles fotovoltaicos

Una vez encontrada la capacidad de generación requerida por nuestro S.FV., y seleccionar el panel solar que cumpla con las características necesarias, lo cual en este caso usaremos paneles de 630 Wp. Ahora podremos calcular la cantidad de paneles solares que se necesitará para cubrir la demanda establecida.

$$\#p = \frac{175 \text{ KWp}}{630 \text{ Wp}} = 277.78$$

280 paneles – 630 Wp

$$P_{\text{inst.}} = 280 \times 630 = 176.4 \text{ KWp}$$

$$E_{\text{FV}} = 176 \times 4.8 = 846.72 \text{ KWh}$$

4.4. Reduccion de consumo energético

$$E_{\text{FV/día}} = 841.5 \text{ KWh}$$

$$E_{FV/mes} = 841.5 \text{ KWh} \times 30 = 25245 \text{ KWH/mes}$$

$$\% \text{reduccion} = \frac{25245 \text{ KWh}}{42075 \text{ KWh}} * 100 = 60\%$$

La reducción de consumo de energía mensual efectiva con lo propuesto, sería del 45-50% dependiendo de la variación de irradiación solar.

4.5. Dimensionamiento de inversor y relación DC/AC

Se recomienda una relación entre la potencia nominal del inversor y la potencia FV, para los sistemas fotovoltaicos híbridos sin banco de baterías.

$$1.1 \leq \frac{P_{DC}}{P_{AC}} \leq 1.3$$

$$\frac{P_{DC}}{P_{AC}} \approx 1.2$$

$$P_{AC} = \frac{175}{1.2} = 145.8 \text{ KW}$$

Basado en el cálculo y relación, se seleccionará para el presente estudio como inversor trifásico, el modelo "Huawei SUN2000-150K-MG0". En la tabla 3 se muestra las características técnicas del inversor en mención.

Tabla 3. Especificaciones técnicas del inversor

| | |
|--|-------------------|
| Marca: | Huawei |
| Modelo: | SUN2000-150K-MG0 |
| ENTRADA DC | |
| Máxima tensión de entrada | 1 100 Vdc |
| Tensión mínima de arranque | 200 Vdc |
| Rango de tensión MPPT | 200 V ~ 1 000 Vdc |
| Número de entradas MPPT | 7 |
| Máxima corriente por MPPT | 48 A |
| Máxima corriente por entrada | 23 A |
| Corriente máxima de cortocircuito por MPPT | 66 A |
| SALIDA AC | |
| Potencia activa nominal | 150 kW |

| | |
|-----------------------------|--------------------------|
| Potencia aparente máxima | 165 kVA |
| Voltaje nominal | 380 V / 400 V / 480 V AC |
| Frecuencia | 50 Hz / 60 Hz |
| Corriente nominal (a 400 V) | 216.5 A AC |
| Corriente máxima (a 400 V) | 240.5 A AC |

Fuente: HUAWEI, 2025 editado por autor

Este inversor permite una potencia activa de 150KW y una tensión por MPPT entre 200 a 1000 Vdc

4.6. Dimensionamiento de Generador

En nuestro sistema fotovoltaico híbrido, nuestro generador tendrá la capacidad y función de ser una fuente de respaldo total para alimentar la maquina extrusora.

$$P_{\text{prom.ext.}} = 70.13 \text{ KW}$$

Basado en que la extrusora es una carga que cuenta con motores eléctricos, se requiere tomar en cuenta un margen de seguridad del 25%, con lo cual se cubrirán: arranques, factores de potencia y variaciones de carga.

$$P_{\text{gen}} = 70.13 \text{ KW} \times 1.25 = 87.66 \text{ KW}$$

Tomando en cuenta la potencia promedio de la maquina y considerando el margen de seguridad, se establece que la potencia requerida del generador y que se encuentra en mercado es de **100 KVA**. Y para garantizar una transferencia automática y segura, se conectará al sistema mediante un ATS (Automatic Transfer Switch).

4.7. Area de instalación de Paneles

Considerando las especificaciones técnicas del módulo seleccionado, tenemos como dato dimensiones de 1.134m de ancho y 2.382 de largo, obteniendo un área de 2.70m² por panel.

Para nuestro sistema fotovoltaico y la generación requerida, se estableció que se necesita la instalación de 280 paneles, realizando una distribución geográfica de 14 filas con 20 paneles cada una. Una vez

establecida la distribución, debemos considerar espacios como: separación entre filas de 0.5m, separación entre paneles de 0.05m y la separación necesaria para revisión y mantenimiento de 0.8m por cada grupo de 4 filas.

Con todos los datos establecidos, podemos proceder con el cálculo para el área de instalación de los paneles.

$$\text{Ancho total} = (20 \times 1.134\text{m}) + (19 \times 0.05\text{m}) = 23.7\text{m}$$

$$\text{Largo total} = (14 \times 2.382\text{m}) + (12 \times 0.5\text{m}) + (2 \times 0.8\text{m}) = 40.95\text{m}$$

$$A_{\text{inst.}} = 40.95\text{m} \times 23.7\text{m} = \mathbf{970.52\text{m}^2}$$

4.8. Dimensionamiento de cables y protecciones

Para este punto hacemos una recapitulación de todos los valores que se deben tomar en consideración para el análisis y cálculo del dimensionamiento.

Tabla 4. Datos técnicos del modulo

| Modulo FV | |
|---------------------|---------|
| P _{mod} = | 630 W |
| V _{mp} = | 41 V |
| I _{mp} = | 15.4 A |
| V _{oc} = | 49.5 V |
| I _{sc} = | 16.18 A |
| #mod = | 280 |
| Distribucion | |
| # Strings | 14 |
| mod x strings | 20 |

Fuente: autor, 2025

$$V_{\text{mp.strings}} = 20 \times 41 = 820 \text{ V}$$

$$V_{\text{oc.string}} = 20 \times 49.5 = 990 \text{ V}$$

4.8.1. Dimensionamiento DC / String

$$I_{\text{diseñ}} = 1.25 \times I_{\text{sc}}$$

$$I_{\text{diseñ}} = 1.25 \times 16.18 \text{ A} = 20.2 \text{ A}$$

#10 AWG

4.8.2. Dimensionamiento DC / DCDB – Inversor

$$I_{\text{total}} = 14 \times 15.4 \text{ A} = 215.6 \text{ A}$$

$$I_{\text{diseñ}} = 1.25 \times 215.6 \text{ A} = 269.5 \text{ A}$$

#3/0 AWG

4.8.3. Protecciones DC

Tabla 5. Elementos de protección DC

| Elemento | Especificación |
|--------------|--------------------|
| Interruptor | 315 A – 1000 Vdc |
| SPD DC | Tipo II – 1000 Vdc |
| Norma SPD | IEC 61643 |

Fuente: autor, 2025

4.8.4. Dimensionamiento AC / Inversor – Tablero

$$I_{\text{AC}} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot fp}$$

$$I_{\text{AC}} = \frac{150 \text{ K}}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.98} = 221 \text{ A}$$

$$I_{\text{diseñ}} = 1.25 \times 221 \text{ A} = 276 \text{ A}$$

#3/0 AWG

4.8.5. Protecciones AC

Tabla 6. Elementos de proteccion AC

| Elemento | Valor |
|-------------|-------------------|
| Interruptor | 315 A – 3P |
| Curva | Industrial |
| SPD AC | Tipo II – 400 Vac |
| Norma | IEC 61643 |

Fuente: autor, 2025

4.8.6. Puesta a Tierra

Tabla 7. Especificaciones componentes PT

| Elemento | Recomendación |
|-----------------------|-------------------------------------|
| Conductor | #8 AWG |
| Resistencia de tierra | < 10 Ω (ideal < 5 Ω) |
| Norma | IEEE 142 / 1100 |

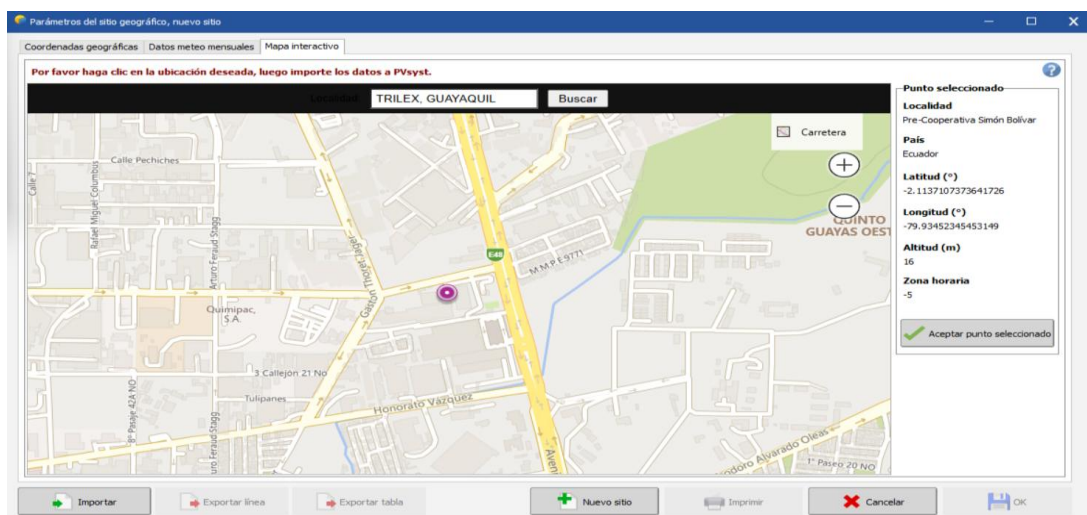
Fuente: autor, 2025

4.9. Dimensionamiento sistema FV – Software PVsyst.

PVsyst es una herramienta especializada de simulación ampliamente utilizada para el diseño y análisis de sistemas fotovoltaicos, permitiendo estimar la producción energética y evaluar el desempeño del sistema bajo distintas condiciones operativas (PVsyst SA, 2023). Mediante este software se podrá realizar una verificación de todos los datos calculados y de esta manera obteniendo una evaluación técnica.

El primer paso que se realizará, será establecer la ubicación de proyecto, como se muestra en la figura 22.

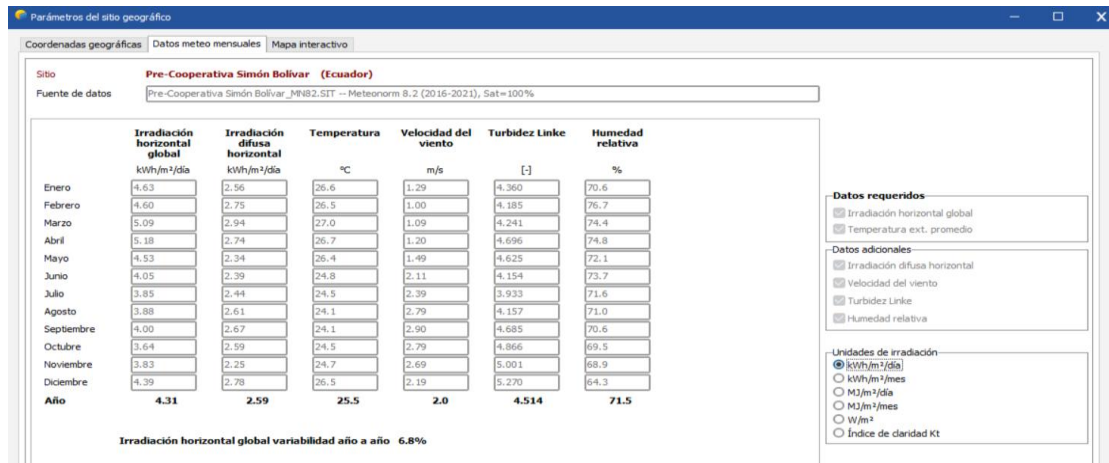
Figura 22. ubicación del proyecto



Nota: Ubicación de planta industrial, Guayaquil. Fuente: autor

Luego de establecer la ubicación del proyecto, mediante el software se obtendrá los datos meteorológicos cargados. Como se muestra en la figura 23.

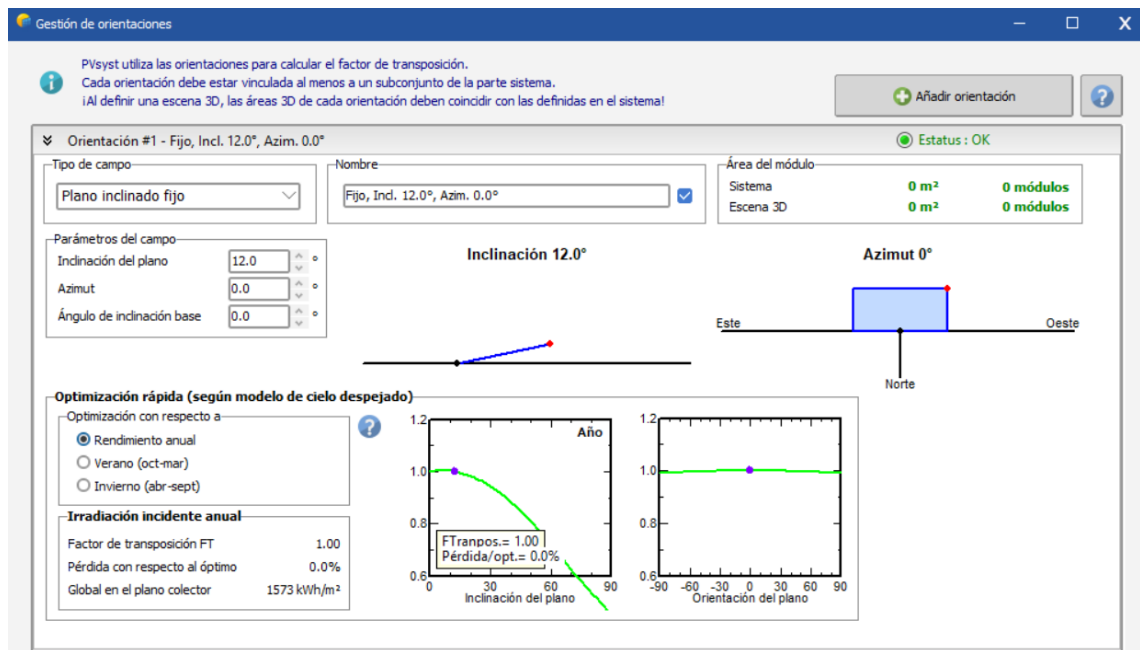
Figura 23. datos meteorológicos



Nota: información meteorológica mensual del proyecto. Fuente: Autor

Como siguiente paso, en el software se debe establecer la orientación en base al recorrido del sol, tomando en cuenta varios puntos de inclinación con referencia de Azimut 0°, como se detalla en la figura 24.

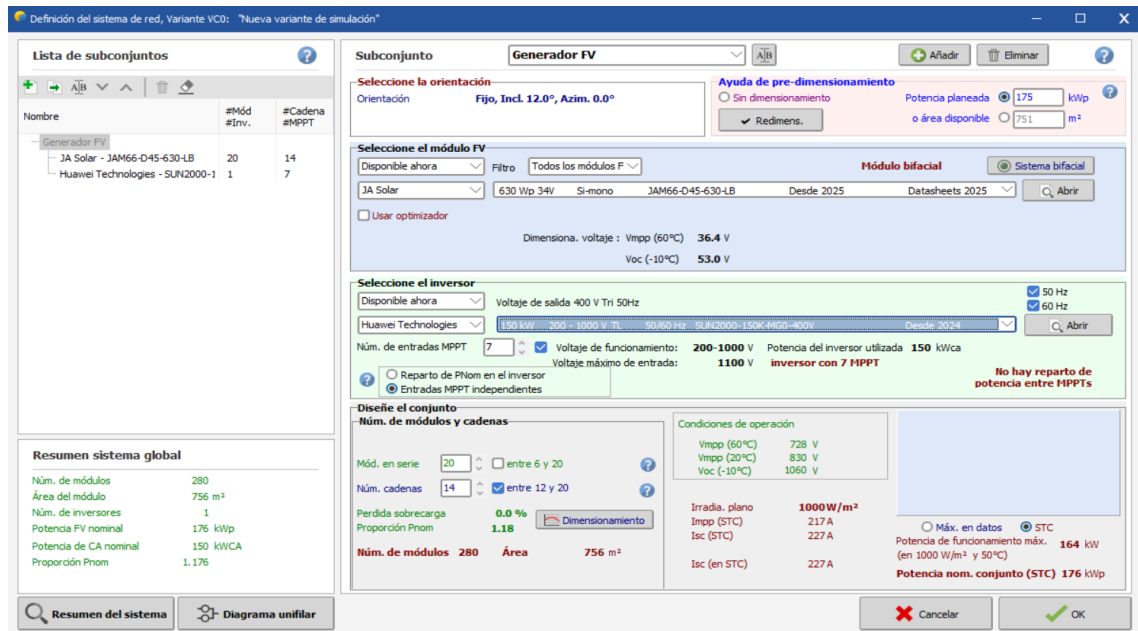
Figura 24. Orientación de los paneles solares.



Nota: Se establece la inclinación de los módulos según la trayectoria solar. Fuente: Autor

Estableciendo la orientación del sistema en el software, podremos ingresar los datos iniciales y principales como la potencia requerida, las marcas y modelos de los módulos e inversor. Y se puede observar en la figura 25, que para una potencia de 175 KW se necesita instalar 280 módulos de 630 W y un inversor de 150 KW.

Figura 25. Interfaz del software para la selección de equipos



Nota: Selección por potencia planeada para el sistema requerido. Fuente: autor

En la figura 26 se visualiza la compilación de la información del sistema fotovoltaico y se puede realizar un análisis de producción anual de energía.

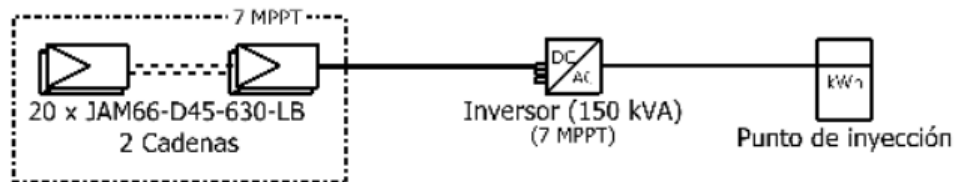
Figura 26. Energía producida por el sistema FV

| Nueva variante de simulación | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------------|---------------|---------------|--------------|
| Balances y resultados principales | | | | | | | | |
| | GlobHor | DiffHor | T_Amb | GlobInc | GlobEff | EArray | E_Grid | PR |
| | kWh/m ² | kWh/m ² | °C | kWh/m ² | kWh/m ² | kWh | kWh | proporción |
| Enero | 143.4 | 79.35 | 26.61 | 133.1 | 127.8 | 20339 | 19979 | 0.851 |
| Febrero | 128.8 | 76.87 | 26.45 | 122.6 | 118.3 | 18839 | 18503 | 0.855 |
| Marzo | 157.7 | 91.02 | 27.01 | 155.8 | 150.8 | 23887 | 23460 | 0.854 |
| Abril | 155.5 | 82.20 | 26.68 | 159.7 | 155.3 | 24550 | 24099 | 0.855 |
| Mayo | 140.5 | 72.40 | 26.42 | 148.7 | 144.6 | 22875 | 22457 | 0.856 |
| Junio | 121.6 | 71.78 | 24.80 | 129.6 | 125.6 | 20122 | 19765 | 0.865 |
| Julio | 119.5 | 75.70 | 24.46 | 125.3 | 121.5 | 19499 | 19155 | 0.866 |
| Agosto | 120.4 | 80.83 | 24.11 | 123.4 | 119.5 | 19213 | 18877 | 0.867 |
| Septiembre | 120.1 | 80.20 | 24.14 | 119.7 | 115.5 | 18574 | 18246 | 0.864 |
| Octubre | 112.9 | 80.26 | 24.50 | 109.2 | 105.0 | 16917 | 16623 | 0.863 |
| Noviembre | 115.0 | 67.39 | 24.68 | 107.8 | 103.7 | 16564 | 16264 | 0.856 |
| Diciembre | 136.0 | 86.17 | 26.54 | 126.0 | 120.8 | 19324 | 18987 | 0.854 |
| Año | 1571.4 | 944.18 | 25.53 | 1560.9 | 1508.4 | 240704 | 236416 | 0.859 |

Nota: Resultados totales de generación y perdidas del sistema FV. Fuente: Autor

Figura 27. Diagrama unifilar

Diagrama unifilar



Nota. Diagrama unifilar elaborado con PVsyst. Fuente. autor

CAPITULO V: ANALISIS ECONOMICO Y PRESUPUESTARIO

5.1. Generalidades

En este capítulo se empezará por establecer cuales sería los costos de implementación del proyecto, tanto directos como indirectos. Para de esta manera poder realizar un análisis en relación al costo y beneficio para determinar la rentabilidad de la propuesta.

5.2. Presupuesto Sistema Fotovoltaico

En la tabla 8 se muestra a detalle el presupuesto donde está sentado tanto la instalación y mantenimiento del proyecto, incluyendo además los suministros en referencial al costo de mercado.

Tabla 8. Presupuesto referencial sistema FV – 175KW

| | Descripción | Cantidad | Precio U. | Precio total. |
|-----------|---|----------|--------------|-------------------|
| 1 | Módulo FV JA Solar JAM66D45-LB 630 Wp | 280 | \$ 175,00 | \$ 49.000,00 |
| 2 | Inversor trifásico híbrido industrial 150 kW | 1 | \$ 9.000,00 | \$ 9.000,00 |
| 3 | Estructura metálica soporte FV (aluminio/acero galvanizado) | 1 | \$ 17.000,00 | \$ 17.000,00 |
| 4 | Caja combinadora DC (fusibles + SPD Tipo II) | 2 | \$ 2.300,00 | \$ 4.600,00 |
| 5 | Cableado DC PV1-F (strings y colectores) (m) | 1.200 | \$ 3,50 | \$ 4.200,00 |
| 6 | Cableado AC trifásico (m) | 350 | \$ 13,00 | \$ 4.550,00 |
| 7 | Protecciones AC (MCCB, SPD Tipo II, tablero) | 1 | \$ 3.500,00 | \$ 3.500,00 |
| 8 | Generador diésel trifásico 100 kVA (400 V) | 1 | \$ 18.500,00 | \$ 18.500,00 |
| 9 | Sistema ATS industrial 100 kVA + instalación | 1 | \$ 3.700,00 | \$ 3.700,00 |
| 10 | Mano de obra (montaje FV, integración eléctrica, pruebas) | 1 | \$ 20.000,00 | \$ 20.000,00 |
| 11 | Diseño eléctrico, memoria técnica y gestión con CNEL | 1 | \$ 1.200,00 | \$ 1.200,00 |
| 12 | Informe técnico estructural | 1 | \$ 2.000,00 | \$ 2.000,00 |
| | Subtotal | | \$ | 137.250,00 |
| | IVA 15 % | | \$ | 20.587,50 |
| | TOTAL SISTEMA FV | | \$ | 157.837,50 |

Nota: Presupuesto incluye directos e indirectos. Fuente: Autor, 2025

Realizada la tabla presupuestaria del proyecto, se puede visualizar que los rubros más altos son: módulos FV (\$49.000,00), inversor trifásico (\$9.000,00), generador 100KVA (18.000,00), soporte-estructura (\$17.000,00) y mano de obra (\$20.000,00). Al final se contempla que el costo referencial del proyecto incluido impuesto sería de **\$157.837,00**.

El proyecto se considera a largo plazo el costo-beneficio, debido al monto generado y el tipo de sistema establecido.

5.3. Análisis económico Costo-beneficio

Para este punto importante, recordaremos datos esenciales como el consumo más alto de energía local de 42075 KWh, también nuestro objetivo de reducción con el sistema fotovoltaico que es del 60% y usaremos como referencia la tarifa más alta en referencia al sector industrial que es de \$0,1164 /KWh.

Además de los datos anteriores, también incluimos el costo total de nuestro sistema fotovoltaico híbrido que es de \$157.837,00. Con todo esto ya establecido podremos realizar nuestro análisis costo-beneficio. Iniciando con el cálculo de la energía que no se compraría a Cnel con la implementación de nuestro sistema.

$$E_{FV/mes} = 42075 \text{ KWh} \times 0.6 = 25245 \text{ KWh}$$

Ahora con el tarifario seleccionado, podemos establecer cual sería el ahorro económico tanto mensual y anual.

$$\text{Ahorro}_{/mes} = E_{FV} \times \text{Tarif}_{cnel} = 25245 \times 0,1164 = \text{\$ } 2.938,52$$

$$\text{Ahorro}_{/anual} = \text{Ahorro}_{/mes} \times 12 = \$2.938,52 \times 12 = \text{\$35.262,22}$$

5.3.1. Pay Back / Tiempo de retorno

En este ítem, con el cálculo del ahorro tanto mensual como anual, podemos analizar cuál sería el tiempo de retorno de la inversión.

$$Pb = \frac{\text{Costo}_{total}}{\text{Ahorro}_{/anual}} = \frac{157.837,00}{35.262,22} = 4,48$$

Tiempo de retorno = **4,5 años**

5.3.2 Beneficio total – Vida útil

La vida útil de un sistema Fotovoltaico es de aproximadamente 25 años, sabiendo esto podremos también realizar un análisis de un beneficio total y neto a largo plazo basado en la vida útil de nuestro proyecto.

$$\text{Benef.}_{\text{total}} = \text{Ahorro}_{\text{anual}} \times \text{VidaUtil}_{\text{SfV}} = \$35.262,22 \times 25 = \text{\$ } \mathbf{881.555,5}$$

$$\text{Benef.}_{\text{neto}} = \text{Benef.}_{\text{total}} - \text{Costo}_{\text{total}} = \$881.555,5 - \$157.837,00 = \text{\$ } \mathbf{723.718,5}$$

Debido al costo de inversión y tipo de sistema utilizado, se puede observar con este análisis que el costo-beneficio se consolida a largo plazo.

5.4. Tiempo de ejecución

El proyecto propuesto, que es un sistema fotovoltaico híbrido con una generación de potencia de 175 KWp para una máquina extrusora de plástico y la instalación de 280 módulos, tendría un tiempo de ejecución estimado de 90 días calendario, tomando en cuenta la fase de suministro, montaje, integración eléctrica y puesta en marcha.

En los primeros 25 días, se realizará la parte de adquisición de materiales y equipos, gestión administrativa, logística, elaboración y revisión de planos eléctricos y estructurales, además de la coordinación tanto técnica como los permisos requeridos para la implementación del proyecto.

Para la instalación estructural de soporte, montaje, anclajes, adecuaciones del área designada y la alineación de los módulos del sistema fotovoltaico, se establecen los siguientes 35 días.

Se establecen 20 días para la etapa siguiente que trata del montaje, cableado, interconexión, instalación de tableros y protecciones tanto para DC Y AC, y las respectivas canalizaciones. Finalmente, en los últimos 10 días se realizará la instalación del inversor trifásico, la integración del sistema FV a la red eléctrica local de Cnel. y la integración del generador mediante el sistema ATS, se realizará la verificación de todos los parámetros, se ejecutarán las pruebas respectivas de funcionamiento y posteriormente la puesta en marcha del sistema.

CONCLUSIONES

El análisis de consumo eléctrico de este proyecto, nos ayuda a identificar la demanda promedio de la maquina extrusora, para así poder dimensionar el sistema fotovoltaico, inversor y el generador de respaldo, garantizando la generación para lograr cubrir el 60% del suministro diario sin interrumpir la producción y de esta manera se evidencia que el sistema propuesto cuenta con viabilidad técnica y energética.

Para poder optimizar el recurso solar se seleccionó un módulo (JA Solar-630 Wp) con las especificaciones técnicas para de esta manera poder alcanzar la potencia requerida del sistema aprovechando las horas de sol pico de la ciudad de Guayaquil. Y para complementar al módulo en la eficiencia de generación se implementa un inversor trifásico (Huawei SUN2000-150K-MG0) con la adecuada relación DC/AC, fortaleciendo la confiabilidad del sistema propuesto.

El dimensionamiento de cada componente del sistema en estudio, cumplen con todas las normativas internacionales para así asegurar la seguridad y selección de las protecciones eléctricas contra sobrecargas. Además, con la validación del sistema mediante el software "PVsyst" se obtuvo una comparativa acertada, confirmando los valores obtenidos con cada cálculo realizado.

Mediante el estudio y análisis del costo-beneficio se demuestra la rentabilidad a largo plazo del sistema propuesto, con un tiempo de retorno de inversión viable de 4,5 y tomando como referencia la vida útil del sistema fotovoltaico muestra un beneficio neto acumulado de \$700.000,00 y de esta manera se fortalece la reducción de costos operativo y ayuda a mejorar la competitividad a nivel industrial. Además, que la implementación del sistema brinda una sostenibilidad ambiental con la reducción de emisiones de carbono y el uso de energías renovables.

RECOMENDACIONES

Para garantizar un rendimiento óptimo y prolongar la vida útil del sistema, se debe implementar un plan de mantenimiento preventivo periódico.

Para la detección temprana de fallas o pérdidas, se debe supervisar la generación del sistema fotovoltaico, consumo de energía de la extrusora y funcionamiento del generador mediante un sistema de monitoreo en tiempo real.

Debido a las condiciones climáticas del sector, se debe realizar una revisión periódica de que los valores de la resistencia del sistema de puesta a tierra, estén dentro de los valores recomendados.

Capacitación enfocada a la operación básica, avanzada y protocolos de seguridad del sistema fotovoltaico híbrido, al personal técnico de mantenimiento de la planta para mejorar la respuesta ante emergencias y minimizar riesgos.

Se sugiere tomar como referencia la modularidad este proyecto fotovoltaico híbrido para ante un incremento de demanda se realice una futura incorporación de nuevas máquinas y aprovechar de esta manera la viabilidad técnica, económica y ambiental del sistema propuesto.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Regulación y Control de Electricidad – ARCONEL. (2023). Regulación para la generación distribuida para autoconsumo. Ecuador.
- Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables – ARCERNNR. (2023). Regulación ARCERNNR 08/23: Marco normativo de la generación distribuida para autoabastecimiento de energía eléctrica. Ecuador.
- Bhuyan, S. *et al.* (2022). *A review on distributed generation systems: Integration, reliability and grid impact*. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 14(4), 043501. <https://doi.org/10.1063/5.0098765>
- Carvajal, J., Torres, M., & Ruiz, P. (2022). Evaluación económico-técnica de sistemas fotovoltaicos híbridos en la industria manufacturera. *Journal of Renewable Energy Research*, 10(2), 145–158.
- Córdova, J. (2019). *Diseño y evaluación de sistemas fotovoltaicos mediante el software PVsyst*. Universidad Politécnica Salesiana.
- DiPippo, R. (2021). *Geothermal power plants: Principles, applications, case studies and environmental impact* (5th ed.). Butterworth-Heinemann.
- Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2020). *Solar engineering of thermal processes* (5th ed.). Wiley.
- Elger, G., LeBret, A., Crowder, R., & Powers, D. (2020). *Engineering fundamentals of the internal combustion engine* (3rd ed.). Pearson Education.
- Energytec. (2026). *Variedad de inversores fotovoltaicos disponibles en el mercado*. <https://www.energytec.com>
- García, J., Molina, R., & Torres, L. (2021). *Design and operational analysis of diesel generator backup systems in industrial power networks*. *Electric Power Systems Research*, 195, 107189. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2021.107189>.

- García, J., Molina, R., & Torres, L. (2021). Design and operational analysis of diesel generator backup systems in industrial power networks. *Electric Power Systems Research*, 195, 107189. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2021.107189>
- Global Solar Atlas. (2019). *Mapa de irradiación solar global del Ecuador*. <https://globalsolaratlas.info>
- Google Earth. (2025). *Ubicación geográfica de la planta industrial en Guayaquil, Ecuador*. <https://earth.google.com>
- Green, M. A., Dunlop, E. D., Hohl-Ebinger, J., Yoshita, M., Kopidakis, N., & Hao, X. (2022). Solar cell efficiency tables (Version 60). *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 30(1), 3–12. <https://doi.org/10.1002/pip.3589>
- Green, M. A., Dunlop, E. D., Hohl-Ebinger, J., Yoshita, M., Kopidakis, N., & Hao, X. (2022). Solar cell efficiency tables (Version 60). *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 30(1), 3–12. <https://doi.org/10.1002/pip.3589>
- Guerrero, J. M., Chandorkar, M., Lee, T. L., & Loh, P. C. (2011). Advanced control architectures for intelligent microgrids—Part I. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 60(4), 1254–1262. <https://doi.org/10.1109/TIE.2012.2194969>
- Hernández, D. R., Martínez, E. G. E., & Mesa, A. P. (2021). Análisis técnico de módulos y celdas fotovoltaicas. *Revista de Energías Renovables*, 8(2), 45–58.
- Huawei Technologies Co., Ltd. (2025). *SUN2000-150K-MG0 Datasheet*. <https://solar.huawei.com>
- IEA Bioenergy. (2023). *Biogas and biomethane for a sustainable energy system*. <https://www.ieabioenergy.com>
- IEC. (2021). *IEC 61727: Photovoltaic (PV) systems - Characteristics of the utility interface*. International Electrotechnical Commission.

- IEEE. (2020). *IEEE Std 1547-2020: Standard for interconnection and interoperability of distributed energy resources with associated electric power systems interfaces*. Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- IEEE. (2021). *IEEE Std 1547™-2018 with IEEE 1547a™ and IEEE 1547.1™-conformance updates (2021 Ed.)*. Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- Ingeoexpert. (s. f.). *Generación de energía fotovoltaica*. <https://ingeoexpert.com>
- International Energy Agency (IEA). (2023). *Hybrid power systems: Technology brief*. <https://www.iea.org>
- International Energy Agency (IEA). (2024). *Renewables 2024: Analysis and forecast to 2029*. <https://www.iea.org>
- International Energy Agency (IEA). (2024). *Renewables 2024: Analysis and forecast to 2029*. <https://www.iea.org>
- International Energy Agency (IEA). (2024). *Renewables 2024: Analysis and forecast to 2029*. <https://www.iea.org>
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2022). *Geothermal power: Technology brief*. <https://www.irena.org>
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2022). *Hybrid renewable power systems: Operation and maintenance*. <https://www.irena.org>
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2023). *Hydropower status report*. <https://www.irena.org>
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2023). *Renewable power generation costs in 2022*. <https://www.irena.org>
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2023). *Renewable power generation costs in 2022*. <https://www.irena.org>
- JA Solar Technology Co., Ltd. (2025). *JA Solar JAM66D45-630/LB Datasheet*. <https://www.jasolar.com>

- Luna, A., Martínez, J., & Gómez, P. (2022). Hybrid grid-connected photovoltaic systems for industrial applications: Reliability and operational assessment. *Renewable Energy*, 181, 1023–1036. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.09.084>
- Manwell, J. F., McGowan, J. G., & Rogers, A. L. (2023). *Wind energy explained: Theory, design and application* (3rd ed.). Wiley.
- Martínez, L., & Pérez, F. (2024). Integración de energías renovables y respaldo híbrido en procesos industriales: un enfoque técnico-económico. *Renewable Energy and Industry Journal*, 8(1), 34–49.
- Pinho, J. T., Barbosa, C. F. O., Pereira, E. J. S., Souza, R. O., Blasques, L. C. M., Galhardo, M. A. B., & Macêdo, W. N. (2008). Sistemas híbridos de energía renovable para electrificación rural. *IEEE Latin America Transactions*, 6(1), 1–7.
- Plástico. (2016). *Proceso de extrusión de fundas plásticas*. <https://www.plastico.com>
- Quilumba, R., & Quimbita, B. (2021). Parámetros eléctricos y rendimiento de módulos fotovoltaicos. *Revista Técnica Energía y Sociedad*, 5(1), 22–30.
- Ramírez, G., & López, C. (2023). Análisis de confiabilidad y respaldo en sistemas híbridos fotovoltaicos con generadores diésel. *International Journal of Energy Systems*, 15(4), 412–427.
- Ramírez, G., & López, C. (2023). Análisis de confiabilidad y respaldo en sistemas híbridos fotovoltaicos con generadores diésel. *International Journal of Energy Systems*, 15(4), 412–427.
- REN21. (2024). *Renewables 2024 global status report*. <https://www.ren21.net>
- REN21. (2024). *Renewables 2024 global status report*. <https://www.ren21.net>
- Rosales, K. R., Moure, F. J., & Quiñones, J. G. (2020). Tecnologías emergentes en celdas solares. *Revista Iberoamericana de Energía*, 14(3), 65–78.

- Salgado, J. (2020). *Sistemas fotovoltaicos: diseño, instalación y mantenimiento*. Editorial Macro.
- Sotysolar. (s. f.). *Inclinación óptima de paneles solares*. <https://sotysolar.es>
- SunEarthTools. (2026). *Trayectoria solar y análisis de azimut*. <https://www.sunearthtools.com>
- Sunfields. (s. f.). *Tipos de paneles solares*. <https://www.sunfields.com>
- WeatherSpark. (2025). *Clima y temperatura de Guayaquil*. <https://weatherspark.com>
- World Bank. (2022). *Hydropower sustainability assessment protocol*. <https://www.worldbank.org>
- Zamora, D., Sánchez, R., & Herrera, V. (2023). Sensibilidad económica de híbridos FV-generador bajo variaciones tarifarias en energía industrial. *Energy Economics & Policy*, 5(3), 205–223.

ANEXOS

Anexos 1. Resolución ARCONEL-042/18

Resolución Nro. ARCONEL-042/18

AGENCIA DE REGULACIÓN Y
CONTROL DE ELECTRICIDAD

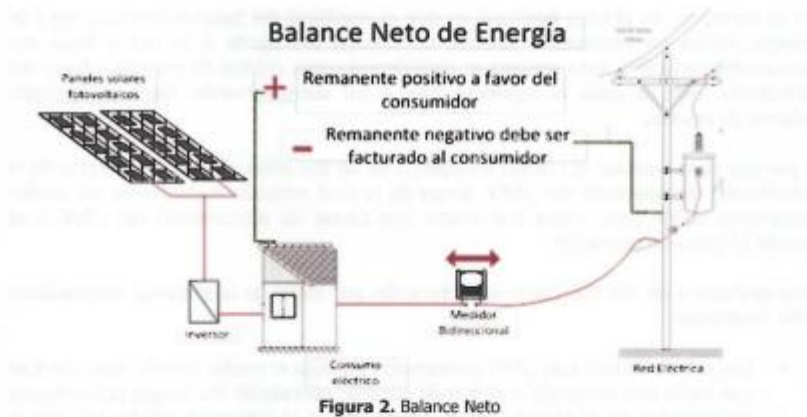


CAPÍTULO II – CONDICIONES GENERALES PARA LA PARTICIPACIÓN DE CONSUMIDORES CON μ SFV

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 μ SFV DE BAJA CAPACIDAD

La energía producida por el consumidor con μ 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 μ 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 μ SFV dentro de los diez (10) primeros

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



Anexos 1. Resolución ARCONEL-042/18

Resolución Nro. ARCONEL-042/18

AGENCIA DE REGULACION Y
CONTROL DE ELECTRICIDAD



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

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

ΔE : Resultado del balance neto < 0; remanente negativo

ΔE : 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 μ 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 μ 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 μ SFV, luego de lo cual empieza nuevamente un similar mecanismo desde cero, hasta que exista una causal de desconexión del μ 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 μ 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 μ 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 μ SFV.
- Los consumidores con μ SFV deberán cancelar mensualmente el cargo de comercialización
- El consumidor con μ SFV está en la obligación de cancelar la tarifa del servicio de alumbrado público general en función de su consumo mensual total.
- El consumidor con μ SFV deberá cancelar los rubros de basura y bomberos, en función de las ordenanzas emitidas para el efecto.

Sesión de Directorio de 22 de octubre de 2018
Página 12 de 41



CAPÍTULO III FACTIBILIDAD DE CONEXIÓN Y CERTIFICADO DE HABILITACIÓN

ARTÍCULO 12. REPRESENTANTE TÉCNICO

Los Consumidores Regulados o el Representante Legal, interesados en instalar y operar un SGDA, podrá delegar la ejecución de los trámites detallados en el presente Capítulo y en el Capítulo IV a un representante técnico (persona natural o jurídica especializada), mediante el otorgamiento de un documento escrito.

ARTÍCULO 13. FACTIBILIDAD DE CONEXIÓN

13.1. Solicitud

El trámite para la solicitud de la Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento se sujetará a las siguientes disposiciones.

- a) Se solicitará la Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento a la Distribuidora respectiva, presentando la información establecida en el formulario denominado Solicitud de Factibilidad de Conexión de un SGDA (ANEXO A de la presente Regulación). En este formulario se consignan los datos generales del solicitante y del SGDA, y se identifica el punto de la red eléctrica donde se prevé conectar el SGDA.
- b) Se deberá adjuntar el documento escrito especificado en el ARTÍCULO 12 de la presente Regulación.

Regulación Nro. ARCONEL-005/24 (Codificada)
Sesión de Directorio de 27 de octubre de 2024

ión: Av. Naciones Unidas E7-71 y Av. De Los Shyris
postal: 170506 / Quito-Ecuador
no: +593-2 226 8744
f: control electrico.gob.ec/

Página 12 de 68



REPÚBLICA
DEL ECUADOR

Agencia de Regulación y Control
de Electricidad

- c) Se entregará la información descrita en los numerales 13.2 y 13.3 de la presente Regulación, en los casos que aplique.
- d) La Distribuidora hará constar en el formulario la fecha de recepción de éste, y asignará a la solicitud un código de trámite, con el cual el solicitante podrá realizar las consultas y seguimiento sobre el estado de avance de su solicitud.

13.2. Requisitos para la asignación del porcentaje de la energía producida por el SGDA en las modalidades 1b y 2b

Para las modalidades de autoabastecimiento 1b y 2b, se deberá entregar a la Distribuidora los siguientes requisitos:

- e) Una copia de la designación del Representante Legal, debidamente inscrita conforme a lo establecido en la Ley de Propiedad Horizontal y su reglamento. En caso de que todas las cuentas contrato estén a nombre de un solo propietario no se requerirá este requisito.
- f) Cuando corresponda, nombre completo o razón social de todos los condóminos, cédula o RUC, domicilio y cuenta contrato.
- g) Autorización del propietario bien inmueble o del Representante Legal para la instalación del SGDA (requisito sólo para la modalidad 1b).

Anexos 2. Resolución ARCONEL-005/24

- h) Porcentaje de asignación de la energía eléctrica producida por el SGDA para cada Consumidor Regulado. El porcentaje de asignación debe ser definido por el Representante Legal o por el propietario del bien inmueble, según corresponda. Los porcentajes deberán sumar 100% y podrán ser actualizados cada seis meses.

13.3. Requisitos para la asignación del porcentaje de la energía producida por el SGDA en la modalidad 2c

Para la modalidad de autoabastecimiento 2c, se deberá entregar a la Distribuidora los siguientes requisitos:

- a) Cuando son personas jurídicas, la razón social de todos los Consumidores Regulados que se beneficiarán de la producción del SGDA, domicilio, y los números de las cuentas contrato. Los Consumidores Regulados asociados al SGDA deberán tener el mismo RUC en su Cuenta Contrato.
- b) Cuando es una persona natural, los números de las cuentas contrato que se van a asociar al SGDA, pertenecientes a la misma persona natural.
- c) Porcentaje de asignación de la energía eléctrica producida por el SGDA para cada cuenta contrato. El porcentaje de asignación debe ser definido por el Representante Legal o por el propietario del bien inmueble, según corresponda. Los porcentajes deberán sumar 100% y podrán ser actualizados cada seis meses.

13.4. Trámite para un SGDA de Categoría 1

Para un SGDA con Potencia Nominal menor o igual a 100 kW, la Distribuidora, a partir de la recepción del formulario, procederá conforme a lo siguiente:

- d) La Distribuidora dispondrá de un término de tres (3) días para aceptar a trámite la solicitud de Factibilidad de Conexión. En caso de que esta requiera información adicional, la Distribuidora en el término de dos (2) días notificará al solicitante por

Regulación Nro. ARCONEL-005/24 (Codificada)
Sesión de Directorio de 27 de octubre de 2024

eción: Av. Naciones Unidas E7-71 y Av. De Los Shyris
digo postal: 170506 / Quito-Ecuador
éfono: +593-2 226 8744
ps://controlelectrico.gob.ec/

Página 13 de 68



REPÚBLICA
DEL ECUADOR

Agencia de Regulación y Control
de Electricidad

- 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.
- e) Una vez aceptada a trámite la solicitud, la Distribuidora realizará los siguientes estudios: flujos de potencia, análisis de desbalance de voltaje y análisis de fallas.
- f) La Distribuidora realizará los estudios en un término de diez (10) días contados a partir de la entrega de la información. La Distribuidora revisará también el cumplimiento de las demás disposiciones del ARTÍCULO 6 de la presente Regulación.
- g) En el término de diez (10) días la Distribuidora otorgará la Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento al Consumidor Regulado o al Representante Legal, según corresponda, o entregará al representante técnico el informe de los resultados del estudio en caso de no ser factible la conexión del SGDA.
- h) En la Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento, la Distribuidora establecerá el esquema de conexión y las condiciones de operación que deberá cumplir el SGDA, en régimen de operación normal y de falla de la red de distribución.

Anexos 2. Resolución ARCONEL-005/24

- i) Dentro del Término de cinco (5) días contados a partir de que la Distribuidora informe sobre la Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento, el Consumidor Regulado o el Representante Legal notificará a la Distribuidora su aceptación o no a las condiciones establecidas en la Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento. En caso de no aceptar las condiciones establecidas por la Distribuidora, el solicitante tendrá un término de cinco (5) días para plantear su objeción a las mismas de acuerdo con el numeral 13.6 de esta Regulación.
- j) La Distribuidora considerará que los Consumidores Regulados, el Representante Legal o el representante técnico han desistido de continuar el trámite, y lo dará por concluido en los siguientes casos:
 - j.1) Cuando no acepten por escrito las condiciones establecidas en la Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento y no hayan planteado una objeción ante la Administración de la ARCONEL.
 - j.2) Cuando manifiesten su decisión por escrito de no continuar con el trámite.
- k) La Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento otorgada por la Distribuidora tendrá un plazo de vigencia de tres (3) meses, periodo en el cual el representante técnico podrá iniciar el trámite para obtener el Certificado de Habilitación respectivo. En caso de no hacerlo, quedará sin efecto la Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento, y de requerirlo, el solicitante podrá iniciar un nuevo trámite.

13.5. Trámite para un SGDA de Categoría 2

Para un SGDA con Potencia Nominal mayor a 100 kW, la Distribuidora, a partir de la recepción del formulario, procederá conforme a lo siguiente:

- l) La Distribuidora dispondrá de un término de cinco (5) días para aceptar a trámite la solicitud. En caso de que esta requiera información adicional, la Distribuidora en el término de dos (2) días notificará al solicitante 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.
- m) La Distribuidora realizará los siguientes estudios: flujos de potencia, análisis de fallas, análisis de desbalance de voltaje y análisis de regulación de voltaje en estado estable.

Regulación Nro. ARCONEL-005/24 (Codificada)
Sesión de Directorio de 27 de octubre de 2024

in: Av. Naciones Unidas E7-71 y Av. De Los Shyris
postal: 170506 / Quito-Ecuador
o: +593-2 226 8744
control electrico.gob.ec/

Página 14 de 68



Agencia de Regulación y Control
de Electricidad

Para el caso de tener proyectos superiores a 1 MW la Distribuidora realizará adicionalmente estudios de estabilidad.

- n) La Distribuidora realizará los estudios en un término de diez (10) días contados a partir de la entrega de la información. La Distribuidora revisará también el cumplimiento de las demás disposiciones del ARTÍCULO 6 de la presente Regulación.
- o) Dentro de los términos señalados anteriormente, la Distribuidora otorgará la Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento a los Consumidores Regulados o al Representante Legal, según corresponda; o, entregará al representante técnico el informe de los resultados del estudio en caso de no ser factible la conexión del SGDA.
- p) En la Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento, la Distribuidora establecerá, de manera detallada, lo siguiente:

Anexos 2. Resolución ARCONEL-005/24

- p.1) El esquema de conexión del SGDA.
- p.2) Las adecuaciones a la red de distribución que los Consumidores Regulados o el Representante Legal deberán implementar para poder conectar el SGDA.
- p.3) Las condiciones de operación que deberá cumplir el SGDA, en régimen de operación normal y de falla de la red de distribución.
- q) Dentro del Término de cinco (5) días contados a partir de que la Distribuidora informe sobre la Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento, los Consumidores Regulados o el Representante Legal notificarán a la Distribuidora su aceptación o no a las condiciones establecidas en dicha Factibilidad. En caso no aceptar las condiciones establecidas por la Distribuidora, el solicitante tendrá un término de cinco (5) días podrá plantear su objeción a las mismas de acuerdo con el numeral 13.6 de esta Regulación.
- r) La Distribuidora considerará que el Consumidor Regulado, el Representante Legal o el representante técnico han desistido de continuar el trámite de solicitud de Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento, y lo dará por concluido en los siguientes casos:
 - r.1) Cuando no acepten por escrito las condiciones establecidas en la Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento y no hayan planteado una objeción ante la Administración de la ARCONEL.
 - r.2) Cuando manifiesten su decisión por escrito de no continuar con el trámite.
- s) La Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento otorgada por la Distribuidora tendrá un plazo de vigencia de seis (6) meses, periodo en el cual el representante técnico podrá iniciar el trámite para obtener el Certificado de Habilitación respectivo. En caso de no hacerlo, quedará sin efecto la Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento, y de requerirlo, el solicitante podrá iniciar un nuevo trámite.

13.6. Objeciones a condiciones requeridas por la Distribuidora

El representante técnico podrá plantear una objeción ante la Administración de la ARCONEL solicitando se revise lo actuado por la Distribuidora, en los siguientes casos:

- a) Cuando estimen que las obras, instalaciones o equipos que deberán implementar para la conexión del SGDA, de acuerdo con lo establecido por la Distribuidora, van más allá de lo necesario, o son más exigentes que lo requerido para cumplir con la normativa específica;

Regulación Nro. ARCONEL-005/24 (Codificada)
Sesión de Directorio de 27 de octubre de 2024

Av. Naciones Unidas E7-71 y Av. De Los Shyris
Teléfono: 170506 / Quito-Ecuador
+593-2 226 8744
ytrolectrico.gob.ec/

Página 15 de 68



Agencia de Regulación y Control
de Electricidad

- b) Cuando consideren que las condiciones de operación del SGDA requeridas por la Distribuidora son más exigentes que las requeridas para cumplir con la normativa específica;
- c) Cuando estimen que las características de los Sistemas de Medición y sistemas de control en tiempo real (de ser el caso) requeridos por la Distribuidora, son más exigentes que las establecidas en la normativa vigente; y
- d) Por cualquier otra situación que consideren pudieran estar generando algún trato discriminatorio o estuviere transgrediendo lo establecido en la normativa vigente.

La solicitud deberá estar debidamente motivada y acompañada de los documentos, información y análisis técnicos de respaldo.

CAPÍTULO V OPERACIÓN, MANTENIMIENTO E INCREMENTO DE POTENCIA

ARTÍCULO 20. REQUISITOS OPERATIVOS

Los SGDA serán Autodespachados, y cumplirán las disposiciones operativas dispuestas por la Distribuidora. Si la Distribuidora requiere información operativa, los Consumidores Regulados o el Representante Legal deberán enviar la información por los canales oficiales, en los plazos y formatos establecidos por la Distribuidora.

El cumplimiento de los parámetros de calidad de producto es de responsabilidad de los Consumidores Regulados o el Representante Legal. El control de dicho cumplimiento estará a cargo de la Distribuidora.

En caso de que la Distribuidora detectare que un SGDA está incumpliendo los parámetros de calidad de producto definidos en la regulación respectiva, o que su operación está afectando a la red de distribución, dispondrá a los Consumidores Regulados o al Representante Legal la suspensión de su operación, 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 del SGDA mayor a 100 kW, operación normal, respuesta a condiciones anormales de operación y requisitos para la calidad de producto, se deberá considerar lo establecido en la Regulación Nro. ARCONEL-001/24 «Código de Conexión del Sistema Eléctrico Ecuatoriano» o la que la sustituya, en lo que sea aplicable, tomando como referencia la Categoría a la que corresponde, dependiendo de la potencia instalada.

Regulación Nro. ARCONEL-005/24 (Codificada)
Sesión de Directorio de 27 de octubre de 2024

Ubicación: Av. Naciones Unidas E7-71 y Av. De Los Shyris
Código postal: 170506 / Quito-Ecuador
Teléfono: +593-2 226 8744
Sitio web: <http://control-electrico.gob.ec/>

Página 20 de 68



REPÚBLICA
DEL ECUADOR

Agencia de Regulación y Control
de Electricidad

ARTÍCULO 21. MANTENIMIENTO

Los Consumidores Regulados o el Representante Legal, según corresponda, serán los responsables del financiamiento y ejecución de los mantenimientos del SGDA y de los equipos e instalaciones asociadas. La planificación y la ejecución del mantenimiento de aquellos equipos e instalaciones que pudieran afectar la operación de la red de distribución deberá realizarse en coordinación con la Distribuidora.

ARTÍCULO 22. INCREMENTO DE POTENCIA NOMINAL

Los Consumidores Regulados o el Representante Legal que cuenten con un Certificado de Habilitación vigente podrán solicitar a la Distribuidora la autorización para incrementar la Potencia Nominal del SGDA, con el mismo tipo de tecnología de generación (Tabla 1), hasta el límite establecido en el ARTÍCULO 6 de la presente Regulación. Para el efecto, se deberá cumplir con lo establecido en el ARTÍCULO 9, el Capítulo III, ARTÍCULO 13 y ARTÍCULO 15, de la presente Regulación, y, de ser el caso, se deberá actualizar el Certificado de Habilitación. De considerar un incremento de la Potencia Nominal del SGDA con otro tipo de tecnología, los Consumidores Regulados o el Representante Legal deberán efectuar un nuevo trámite de solicitud ante la Distribuidora.

ARTÍCULO 23. CAMBIO DEL TITULAR DEL SUMINISTRO

El Certificado de Habilitación de un SGDA en cualquier modalidad debe ser actualizado ante la Distribuidora si cambia el nombre del titular del suministro o la razón social de la persona natural o jurídica beneficiaria del sistema SGDA.

ARTÍCULO 24. DESCONEXIÓN DEL SGDA

La desconexión del SGDA se sujetará a lo estipulado en el Contrato de Conexión (ANEXO C).

CAPÍTULO VI SISTEMA DE MEDICIÓN, BALANCE DE ENERGÍA Y FACTURACIÓN

ARTÍCULO 25. SISTEMA DE MEDICIÓN

Los aspectos relacionados al Sistema de Medición de Consumidores Regulados con SGDA se sujetarán a las siguientes disposiciones.

25.1. Aspectos generales

La Distribuidora instalará Sistemas de Medición de acuerdo a lo siguiente:

- a) Modalidad 1a: Un Medidor bidireccional en el Punto de Entrega del Consumidor Regulado si el SGDA inyecta excedentes de energía eléctrica; o un Medidor unidireccional en el Punto de Entrega del Consumidor Regulado si el SGDA no inyecta excedentes de energía eléctrica.
- b) Modalidad 1b: Un Medidor unidireccional en el Punto de Entrega de cada Consumidor Regulado, y un Medidor unidireccional o bidireccional para el SGDA en el Punto de Entrega.
- c) Modalidad 2a: Un Medidor unidireccional en el Punto de Entrega del Consumidor Regulado, y un Medidor unidireccional o bidireccional en el Punto de Conexión para el SGDA.

Regulación Nro. ARCONEL-005/24 (Codificada)
Sesión de Directorio de 27 de octubre de 2024

ón: Av. Naciones Unidas E7-71 y Av. De Los Shyrís
postal: 170506 / Quito-Ecuador
o: +593-2 226 8744
controlelectrico.gob.ec/

Página 21 de 68



Agencia de Regulación y Control
de Electricidad

- d) Modalidad 2b: Un Medidor unidireccional en el Punto de Entrega de cada Consumidor Regulado, y un Medidor unidireccional o bidireccional en el Punto de Conexión para el SGDA.
- e) Modalidad 2c: Un Medidor unidireccional en el Punto de Entrega de cada Consumidor Regulado, y un Medidor unidireccional o bidireccional en el Punto de Conexión para el SGDA.

Las características de los Medidores dependerán de la categoría y tipo de tarifa de los Consumidores Regulados.

25.2. Sistemas de Medición para Consumidores Regulados

Los aspectos relacionados al punto de medición, instalación y calibración de los Sistemas de Medición para el registro de la demanda y energía de los Consumidores Regulados; y, procedimiento en casos de controversia, se sujetarán a lo establecido en la Regulación Nro. ARCONEL-001/20, Distribución y Comercialización de Energía Eléctrica, o la que la sustituya.

25.3. Sistema de Medición bidireccional para la modalidad 1a

La Distribuidora instalará en el Punto de Entrega un Medidor bidireccional que permita registrar la energía consumida e inyectada por parte del Consumidor Regulado.

La Distribuidora será la encargada de la adquisición, calibración inicial e instalación del Medidor bidireccional. El Consumidor Regulado 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.

Anexos 2. Resolución ARCONEL-005/24

El valor indicado en el párrafo anterior será cancelado en los términos que se establezcan en común acuerdo con la Distribuidora. En el caso de que se dé de baja el suministro, el medidor pasará a ser propiedad de la Distribuidora.

En caso de que el punto de medición sea en medio voltaje, el Consumidor Regulado será el responsable de la adquisición e instalación de los transformadores de potencial (TP) y transformadores de corriente (TC) con base a las normas, estándares y directrices de la Distribuidora. La calibración inicial de los TP y TC deberá ser realizada por la Distribuidora conforme la normativa vigente en el país.

El Consumidor Regulado asumirá los costos de adquisición, calibración inicial, calibraciones posteriores, TC y TP requeridos; y, costos de mantenimiento o reemplazo de cualquier componente de los Sistemas de Medición, los cuales serán cancelados en los términos que se establezcan en común acuerdo con la Distribuidora.

25.4. Sistemas de Medición para la modalidad 1b y Sistemas de Medición para SGDA

Los Sistemas de Medición para la modalidad 1b y los Sistemas de Medición para el registro de la energía producida por los SGDA para las modalidades 2a, 2b y 2c, se sujetarán a las siguientes disposiciones.

Regulación Nro. ARCONEL-005/24 (Codificada)
Sesión de Directorio de 27 de octubre de 2024

Av. Naciones Unidas E7-71 y Av. De Los Shyris
t: 170506 / Quito-Ecuador
+593-2 226 8744
trolelectrico.gob.ec/

Página 22 de 68



Agencia de Regulación y Control
de Electricidad

Instalación y calibración de los Sistemas de Medición

La Distribuidora será responsable de la adquisición, calibración inicial (excepto cuando tenga certificación del fabricante o de un laboratorio reconocido por el sistema internacional de la calidad) e instalación de los Medidores.

En caso de que el punto de medición sea en medio voltaje, los Consumidores Regulados o el Representante Legal, según corresponda, serán responsables de la adquisición e instalación de los transformadores de potencial (TP) y transformadores de corriente (TC) con base a las normas, estándares y directrices de la Distribuidora. La calibración inicial de los TP y TC deberá ser realizada por la Distribuidora conforme la normativa vigente en el país.

Las especificaciones generales de los Medidores se establecen en el ANEXO F de esta Regulación.

Luego de la instalación, la Distribuidora deberá documentar (con fotografías, videos u otros) el estado en que los componentes del Sistema de Medición quedan instalados; y, colocará sellos de seguridad para prevenir su manipulación. Adicionalmente, la Distribuidora deberá mantener en su base de datos la información técnica del Sistema de Medición instalado y de sus sellos de seguridad.

Los Sistemas de Medición serán administrados por la Distribuidora durante la vigencia del Certificado de Habilitación, y serán devueltos a los Consumidores Regulados o al Representante Legal cuando termine la vigencia del Certificado de Habilitación o cuando éste sea revocado, cualquiera sea su causa.

Los Consumidores Regulados o el Representante Legal, de considerarlo pertinente y en cualquier momento, podrán solicitar la calibración de los Sistemas de Medición, a una empresa distribuidora o a un laboratorio acreditado.

Los Consumidores Regulados o el Representante Legal asumirán los costos de adquisición, calibración inicial, calibraciones posteriores, instalación del Medidor, TC y TP requeridos por el SGDA; y, costos de mantenimiento o reemplazo de cualquier componente de los Sistemas de Medición, los cuales serán cancelados en los términos que se establezcan en común acuerdo con la Distribuidora.

Sistemas de Medición en controversia

En el caso que un Consumidor Regularado o Representante Legal presente un reclamo por medición en controversia; o, cuando la Distribuidora identifique que exista posible manipulación o avería en uno o varios componentes del Sistema de Medición, se podrá aplicar uno o varios de los literales indicados a continuación, según la Distribuidora considere conveniente:

- a) La Distribuidora documentará el estado del Sistema de Medición objeto de controversia, usando fotografías, videos u otros medios, en función de sus procedimientos;
- b) La Distribuidora instalará un Sistema de Medición temporal calibrado, para comparar los valores medidos con el Sistema de Medición en controversia, durante un tiempo no menor a ocho (8) días calendario;

Regulación Nro. ARCONEL-005/24 (Codificada)
Sesión de Directorio de 27 de octubre de 2024

: Av. Naciones Unidas E7-71 y Av. De Los Shyris
stal: 170506 / Quito-Ecuador
+593-2 226 8744
ntrolelectrico.gob.ec/

Página 23 de 68



Agencia de Regulación y Control
de Electricidad

- c) En caso de que se compruebe una medición incorrecta, la Distribuidora, dentro de un término de diez (10) días, deberá sustituir o reparar el o los componentes causantes de la medición errónea.
- d) Los costos de reposición de los componentes averiados serán de responsabilidad del Consumidor Regularado o del Representante Legal, a menos que el daño haya sido causado por perturbaciones en la red de distribución imputables a la Distribuidora o intervención de la Distribuidora en el Sistema de Medición, en cuyo caso, será la Distribuidora la que asuma los costos de reposición de los componentes del Sistema de Medición averiados.
- e) En caso de que se determine medición errónea, se deberá observar el numeral sobre refacturaciones permitidas de la presente Regulación, para realizar los ajustes de facturación correspondiente; y,
- f) En caso de que la Distribuidora determine que el Sistema de Medición está correcto; pero, el Consumidor Regularado o Representante Legal no esté conforme con la resolución, el Consumidor Regularado o Representante Legal, a su costo, podrá someter el Sistema de Medición a una comparación por medio de un laboratorio acreditado independiente o de otra Distribuidora. En el caso de que el resultado de este proceso presente valores diferentes, el Consumidor Regularado o Representante Legal podrá plantear un reclamo ante la Administración de la ARCONEL.

Mientras se evalúa el estado del Sistema de Medición en controversia, ni la Distribuidora ni el Consumidor Regulado o el Representante Legal, deberán retirarlo, a menos que la Distribuidora demuestre que es estrictamente necesario, mediante justificaciones técnicas documentadas; o, que el retiro sea realizado por un laboratorio acreditado independiente o de otra Distribuidora para efectos de comparación.

La Distribuidora deberá documentar los procesos y mantener los registros para fines de control por parte de la Administración de la ARCONEL.

Medición redundante

Los Consumidores Regulados o el Representante Legal, según corresponda, podrán solicitar a la Distribuidora la instalación de un Medidor redundante para el Sistema de Medición bidireccional o para el Sistema de Medición del SGDA.

Los Consumidores Regulados o el Representante Legal, según corresponda, asumirán los costos de adquisición, calibración inicial, calibraciones posteriores, instalación, mantenimiento y reemplazo del Medidor redundante, los cuales serán cancelados en los términos que se establezcan en común acuerdo con la Distribuidora.

El Medidor redundante servirá como respaldo en caso de daño, pérdida, manipulación o imposibilidad de acceso, físico o remoto, a las lecturas del Medidor principal.

Medición remota

La Distribuidora, en conformidad con sus políticas internas, podrá exigir a los Consumidores Regulados o al Representante Legal, según corresponda, la implementación de los elementos o equipos complementarios para el monitoreo y adquisición de datos remoto de los Sistemas de Medición bidireccionales o Sistemas de Medición de los SGDA.

Regulación Nro. ARCONEL-005/24 (Codificada)
Sesión de Directorio de 27 de octubre de 2024

ción: Av. Naciones Unidas E7-71 y Av. De Los Shyris
o postal: 170506 / Quito-Ecuador
mo: +593-2 226 8744
/controlelectrico.gob.ec/

Página 24 de 68



Agencia de Regulación y Control
de Electricidad

ARTÍCULO 26. ENERGÍA NETA

La energía neta en el mes i , $E_{neta,i}$ o $E_{neta,i}^{eq}$, se determinará según lo establecido en el ANEXO E de la presente Regulación.

ARTÍCULO 27. ENERGÍA FACTURABLE

Si por condiciones operativas del SGDA o por variación de la demanda se presentan excedentes de energía, su tratamiento por parte de la Distribuidora se sujetará a las siguientes disposiciones.

27.1. Consumidor con tarifa residencial o tarifa general sin demanda

Para un Consumidor Regulado con tarifa residencial o tarifa general sin demanda, de acuerdo con el Pliego Tarifario del SPEE vigente, se considerará lo siguiente.

- Si $E_{neta,i} \leq 0$, la Distribuidora facturará al Consumidor Regulado por concepto de energía consumida, con valor cero; $EF = 0$, además:

$$CE_i = |E_{neto,i}| \quad Ec. (2)$$

Donde:

CE_i Crédito de energía a favor del Consumidor Regulado en el i-ésimo mes, en kWh.

- b) Si $E_{neto,i} > 0$, en este caso $CE_i = 0$, por no haber un saldo a favor del Consumidor Regulado en el i-ésimo mes. La Distribuidora verificará si el Consumidor Regulado 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 $E_{neto,i}$ del i-ésimo mes.

Si con el SEA_{i-1} disponible se logra cubrir la totalidad del $E_{neto,i}$ en el i-ésimo mes de consumo, 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 $|E_{neto,i}|$, para considerarlo en el cálculo de la energía facturable del mes siguiente.

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

El Consumidor Regulado que cuente con un SGDA cancelará mensualmente el cargo por comercialización, sobre la base de lo establecido en el Pliego Tarifario del SPEE vigente.

La factura mensual que emita la Distribuidora deberá adjuntar una tabla tomando como referencia el ANEXO G de la presente Regulación, correspondientes a los 12 periodos de consumo anteriores.

27.2. Consumidor con tarifa general con demanda

Para un Consumidor Regulado con tarifa general con demanda, de acuerdo con el Pliego Tarifario del SPEE vigente, se considerará lo siguiente.

Regulación Nro. ARCONEL-005/24 (Codificada)
Sesión de Directorio de 27 de octubre de 2024

ión: Av. Naciones Unidas E7-71 y Av. De Los Shyris
postal: 170506 / Quito-Ecuador
no: +593-2 226 8744
f: control-electrico.gob.ec/

Página 25 de 68



REPÚBLICA
DEL ECUADOR

Agencia de Regulación y Control
de Electricidad

El cálculo de la energía facturable del mes i se realizará en conformidad a lo establecido en el numeral 27.1 de la presente Regulación.

Además, independiente del valor mensual por energía que le sea facturado al Consumidor Regulado, la Distribuidora le facturará mensualmente el cargo por demanda y el cargo por 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 corresponderá a la demanda máxima registrada en el mes de consumo por el Sistema de Medición, y corresponderá a aquella que fue requerida de la red de distribución por el Consumidor Regulado (ANEXO E).

La factura mensual que emita la Distribuidora deberá adjuntar una tabla en la que conste los valores establecidos en el numeral 27.1 de la presente Regulación, correspondientes a los 12 periodos de consumo anteriores, tomando como referencia el ANEXO G de la presente Regulación.

27.3. Consumidor con tarifa general con demanda horaria

Para un Consumidor Regulado con tarifa general con demanda horaria, de acuerdo con el Pliego Tarifario del SPEE vigente, se considerará lo siguiente.

- a) Si $E_{neta,i}^{eq} \leq 0$, la Distribuidora facturará por concepto de energía consumida con valor cero; $EF = 0$, además:

$$CEE_i = |E_{neta,i}^{eq}| \quad Ec. (3)$$

Donde:

CEE_i Crédito de Energía Equivalente a favor del Consumidor Regulado en el i -ésimo mes, en kWh.

- b) Si $E_{neta,i}^{eq} > 0$, en este caso el $CEE_i = 0$, por no haber un saldo a favor del Consumidor Regulado en el i -ésimo mes. La Distribuidora verificará si el Consumidor Regulado 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 $E_{neta,i}^{eq}$ del mes i . Si con el $SEEA_{i-1}$ disponible se logra cubrir la totalidad de $E_{neta,i}^{eq}$ en el i -ésimo mes de consumo, 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 (Tm).

$SEEA_{i-1}$ Saldo total acumulado de energía equivalente disponible del Consumidor Regulado en el mes anterior $i - 1$. Para el primer mes, $SEEA_0 = 0$.

EF_i Energía Facturable correspondiente al mes i .

Se actualizará el $SEEA_i$ mensualmente sobre la base de los créditos generados y valores devengados para cubrir el $|E_{neta,i}^{eq}|$, para considerarlo en el cálculo de la energía facturable del mes siguiente.

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

Regulación Nro. ARCONEL-005/24 (Codificada)
Sesión de Directorio de 27 de octubre de 2024

in: Av. Naciones Unidas E7-71 y Av. De Los Shyris
postal: 170506 / Quito-Ecuador
t: +593-2 226 8744
control eléctrico.gob.ec/

Página 26 de 68



Agencia de Regulación y Control
de Electricidad

Además, independiente del valor mensual por energía que le sea facturado al Consumidor Regulado, la Distribuidora le facturará mensualmente el cargo por demanda y el cargo por 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 corresponderá a la demanda máxima registrada en el mes de consumo por el Sistema de Medición, y corresponderá a aquella que fue requerida por el Consumidor Regulado de la red de distribución (ANEXO E).

La factura mensual que emita la Distribuidora deberá adjuntar una tabla tomando como referencia el ANEXO G de la presente Regulación, correspondientes a los 12 periodos de consumo anteriores.

ARTÍCULO 28. ENERGÍA ENTREGADA POR UN SGDA CON SISTEMA DE MEDICIÓN EN BAJO VOLTAJE

Cuando un SGDA se conecte a una red de distribución mediante un transformador, y por restricciones físicas y/o técnicas se ubique el Sistema de Medición en el lado secundario del transformador; la Distribuidora calculará la energía entregada por el SGDA en el Punto de Entrega o Punto de Conexión para Autoabastecimiento, según corresponda, descontando un 2% del valor registrado, para compensar las pérdidas de energía activa en el transformador.

ARTÍCULO 29. FACTURACIÓN

29.1. Facturación del servicio eléctrico

Las Distribuidoras deberán observar lo siguiente para el proceso de facturación.

Toma de lecturas

El periodo de medición de los Consumidores Regulados con SGDA se sujetará a lo establecido en la Regulación Nro. ARCONEL-001/20, Distribución y Comercialización de Energía Eléctrica o la que la sustituya.

El periodo de medición de la producción de un SGDA debe coincidir con el periodo de medición de los Consumidores Regulados asociados.

Consideraciones en caso de daño, pérdida, manipulación o imposibilidad de acceso al Sistema de Medición de un SGDA

En caso de daño, pérdida o manipulación del Sistema de Medición principal del SGDA; o, imposibilidad de acceso físico o remoto a la información del Sistema de Medición principal del SGDA, la Distribuidora podrá utilizar la información del Sistema de Medición del SGDA de respaldo, en caso de existir, para determinar la energía facturable del o de los Consumidores Regulados.

En caso de daño, pérdida o manipulación de los Sistemas de Medición principal y de respaldo del SGDA; o, imposibilidad de acceso físico o remoto a la información de los Sistemas de Medición principal y de respaldo del SGDA, la Distribuidora considerará que la energía inyectada o generada por el SGDA, según corresponda, es igual a cero (0), para

Regulación Nro. ARCONEL-005/24 (Codificada)
Sesión de Directorio de 27 de octubre de 2024

ción: Av. Naciones Unidas E7-71 y Av. De Los Shyris
o postal: 170506 / Quito-Ecuador
mo: +593-2 226 8744
[//controlelectrico.gob.ec/](http://controlelectrico.gob.ec/)

Página 27 de 68



REPÚBLICA
DEL ECUADOR

Agencia de Regulación y Control
de Electricidad

el periodo durante el cual el Sistema de Medición del SGDA permanezca en cualquiera de las condiciones referidas en el presente párrafo.

En caso de que el daño, pérdida o manipulación de un Sistema de Medición sea identificado por la Distribuidora, ésta deberá efectuar el reemplazo de los componentes del Sistema de Medición que sean necesarios, dentro de un término de diez (10) días contados a partir de la identificación del problema.

Anexos 2. Resolución ARCONEL-005/24

En caso de que el daño, pérdida o manipulación de un Sistema de Medición sea identificado por los Consumidores Regulados o el Representante Legal, la Distribuidora deberá efectuar el reemplazo de los componentes del Sistema de Medición que sean necesarios, dentro de un término de diez (10) días contados a partir de la fecha de notificación por parte de los Consumidores regulados o el Representante Legal.

Cuando se presente imposibilidad de acceso físico o remoto a la información del Sistema de Medición del SGDA, la Distribuidora deberá notificar inmediatamente al Consumidor Regulado o Representante Legal, según corresponda, a fin de que realice las adecuaciones o correcciones físicas o tecnológicas para volver a disponer de la información necesaria para los procesos de facturación.

29.2. Refacturaciones

Las refacturaciones se realizarán en conformidad con las disposiciones establecidas en la Regulación Nro. ARCONEL 001/2020, Distribución y comercialización de energía eléctrica, o en aquella que la sustituya, considerando que la facturación en Consumidores Regulados con SGDA se realiza con base a la información de los Sistemas de Medición de los Consumidores Regulados, Sistemas de Medición Bidireccionales o Sistemas de Medición de los SGDA, según corresponda.

Para Consumidores Regulados con SGDA no se podrán realizar estimaciones de la energía (kWh) que corresponde registrar a los Sistemas de Medición Bidireccional o Sistemas de Medición de los SGDA, según corresponda.

29.3. Factor de potencia

La evaluación del factor de potencia de un Consumidor Regulado con SGDA se realizará considerando solo su carga, aislando el efecto de la generación, según lo establecido en el Pliego Tarifario del SPEE vigente y en la regulación que norme la calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica.

En el caso que no se dispongan las mediciones de los consumos de energía activa y reactiva de la carga, aislando el efecto de la generación, el Consumidor Regulado, en acuerdo con la Distribuidora deberá implementar soluciones de medición que, entre otras, podrían ser la instalación de Medidores unidireccionales en el SGDA que permitan a la Distribuidora, determinar el factor de potencia de la carga.

El Consumidor Regulado asumirá los costos asociados a la instalación, calibración, operación y mantenimiento de los Sistemas de Medición, que sean requeridos.

Si la Distribuidora detecta un incumplimiento a los límites establecidos para el factor de potencia, la Distribuidora deberá comunicar al Consumidor Regulado el incumplimiento,

Regulación Nro. ARCONEL-005/24 (Codificada)
Sesión de Directorio de 27 de octubre de 2024

: Av. Naciones Unidas E7-71 y Av. De Los Shyris
Postal: 170506 / Quito-Ecuador
+593-2 226 8744
ntrolelectrico.gob.ec/

Página 28 de 68



REPÚBLICA
DEL ECUADOR

Agencia de Regulación y Control
de Electricidad

adjuntando el detalle de las mediciones y los cálculos que justifiquen la aplicación de la penalización en el mes respectivo.

29.4. Cargo por Servicio de Alumbrado Público General

El cargo por el Servicio de Alumbrado Público General (SAPG) para Consumidores Regulados con SGDA se realizará en función de la energía facturable mensual de parte de la Distribuidora.

29.5. Cargos de terceros

Los cargos de terceros para Consumidores Regulados con SGDA se realizará en función de la energía facturable mensual de parte de la Distribuidora.



CAPÍTULO I ASPECTOS GENERALES

ARTÍCULO 1. OBJETIVO

Establecer las disposiciones para la habilitación, instalación, conexión, operación, y mantenimiento de Sistemas de Generación Distribuida para Autoabastecimiento (SGDA) de Consumidores Regulados, y las disposiciones para la medición y facturación de la energía eléctrica de Consumidores Regulados con SGDA.

ARTÍCULO 2. ALCANCE

La presente Regulación aborda:

- La caracterización y dimensionamiento de un SGDA de Consumidores Regulados;
- Las modalidades de autoabastecimiento;
- El procedimiento para solicitar y obtener la Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento y el Certificado de Habilitación;
- Las condiciones para la instalación, conexión, operación y mantenimiento de un SGDA;
- Y,
- La medición de energía eléctrica y determinación de la energía facturable para Consumidores Regulados con SGDA.

ARTÍCULO 3. ÁMBITO DE APLICACIÓN

La presente Regulación es aplicable a Consumidores Regulados con SGDA y a Empresas Distribuidoras.

ARTÍCULO 4. SIGLAS Y ACRÓNIMOS

| | |
|-----------------|---|
| ARCONEL | Agencia de Regulación y Control de Electricidad |
| IEEE | Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE; por las siglas en inglés de 'Institute of Electrical and Electronics Engineers') |
| LOSPEE | Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica |
| RGLOSPEE | Reglamento General de la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica |
| RUC | Registro Único de Contribuyentes |
| SAPG | Servicio de Alumbrado Público General |
| SBU | Salario Básico Unificado |
| SGDA | Sistema de Generación Distribuida para Autoabastecimiento |
| SPEE | Servicio Público de Energía Eléctrica. |

ARTÍCULO 5. DEFINICIONES

1. **Área de Servicio:** Es el área geográfica establecida por el Ministerio del ramo en la cual una empresa eléctrica presta el servicio público de distribución y comercialización de energía eléctrica y el servicio de alumbrado público general.
2. **Autodespacho:** Condición de un SGDA mediante la cual sus Consumidores Regulados pueden generar energía eléctrica de manera autónoma, sin necesidad de que el SGDA sea despachado centralmente por el Operador Nacional del Electricidad (CENACE) o el operador de red.
3. **Campo de Conexión para Autoabastecimiento:** Conjunto de equipos de transformación, maniobra y/o protección con los que se materializa la vinculación eléctrica de un(os) SGDA(s).

Regulación Nro. ARCONEL-005/24 (Codificada)
Sesión de Directorio de 27 de octubre de 2024



CAPÍTULO II SISTEMAS DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA PARA AUTOABASTECIMIENTO DE CONSUMIDORES REGULADOS

ARTÍCULO 6. CARACTERIZACIÓN

Un SGDA de Consumidores Regulados debe cumplir las siguientes condiciones:

- a) Su Potencia Nominal debe cumplir lo establecido en el ARTÍCULO 7 de la presente Regulación;
- b) Se conecta en sincronismo: El SGDA podrá conectarse al sistema de distribución o las redes internas (tablero de distribución) del consumidor regulado, para su autoabastecimiento local.
En modalidad remota, el SGDA deberá ser conectado en el sistema de distribución (autoabastecimiento remoto).
- c) Encontrarse ubicado dentro de la misma Área de Servicio de la Distribuidora¹ en la que se encuentran sus consumidores;
- d) Permitir el aprovechamiento de un recurso energético renovable no convencional que se encuentre disponible en el Área de Servicio de la Distribuidora;
- e) Abastecer la demanda de uno o varios Consumidores Regulados, en los términos establecidos en la presente Regulación;

Adicionalmente, un SGDA de Consumidores Regulados opcionalmente podrá cumplir las siguientes condiciones:

- f) Utilizar equipos para el almacenamiento de energía; y,
- g) Utilizar equipos de protección y control para impedir la inyección de energía eléctrica a la red de distribución.

ARTÍCULO 7. POTENCIA NOMINAL

La Potencia Nominal de un SGDA debe cumplir lo siguiente:

- a) Si hay inyección de energía eléctrica a la red de distribución, la Potencia Nominal de un SGDA estará limitada a la capacidad de la red en el punto de conexión aprobada por la Distribuidora.
- b) Si no hay inyección de energía eléctrica a la red de distribución, la Potencia Nominal de un SGDA estará limitada por la demanda de potencia máxima registrada del Consumidor Regulado (asociado al SGDA), y por la capacidad de conexión aprobada por la Distribuidora. Para este caso, el Consumidor Regulado deberá implementar equipos de protección y control necesarios para impedir la inyección de energía eléctrica a la red de distribución.

¹ O entre unidades de negocio de CNEL EP.



ARTÍCULO 8. PROPIEDAD

La propiedad del SGDA y del Campo de Conexión para Autoabastecimiento se sujetará a las siguientes disposiciones:

- a) Cuando los Consumidores Regulados sean los propietarios del SGDA y del Campo de Conexión para Autoabastecimiento, se deberá entregar a la Distribuidora, antes del inicio de operación del SGDA, una declaración juramentada u otro documento que acredite la propiedad individual, conjunta, según corresponda, independientemente si el SGDA y el Campo de Conexión para Autoabastecimiento fueron financiados con recursos propios o a través de un tercero.
- b) Cuando los Consumidores Regulados reciban la energía de un SGDA a través de un tercero, se estará al tenor de lo previsto en el artículo innumerado² a continuación del artículo 44 de la LOSPEE; consecuentemente, se justificará ante la Distribuidora, previo al inicio de operación del SGDA, el instrumento legal utilizado para regular la relación entre el Consumidor Regulado y el tercero respecto del SGDA. El instrumento legal suscrito entre las partes no podrá establecer la actividad de comercialización (compra o venta) de la energía producida por el SGDA a los Consumidores Regulados; esto deberá ser verificado por la Distribuidora.

En concordancia con lo previsto en el referido artículo innumerado a continuación del artículo 44 de la LOSPEE, el Consumidor Regulado o su Representante Legal podrá contratar con terceros para el financiamiento, gestión, operación, vigilancia, instalación, mantenimiento y desmantelamiento del SGDA y del Campo de Conexión para autoabastecimiento.

ARTÍCULO 9. DIMENSIONAMIENTO

El dimensionamiento de un SGDA es de exclusiva responsabilidad de los Consumidores Regulados asociados a éste. La Potencia Nominal del SGDA será determinada sobre la base de un estudio técnico, con el fin de cubrir la demanda de energía eléctrica anual de uno o varios Consumidores Regulados. La producción anual de energía del SGDA deberá ser igual o menor que la demanda de energía anual de los Consumidores Regulados.

El dimensionamiento de un SGDA debe considerar lo siguiente:

- a) Para Consumidores Regulados existentes, se podrá utilizar los consumos de energía de los últimos 24 meses, la proyección de demanda de energía durante la vida útil del SGDA, y, de ser el caso, los requerimientos de almacenamiento de energía.
- b) Para nuevos Consumidores Regulados, sin registros históricos de consumo de energía, se podrá utilizar la proyección de demanda de energía durante la vida útil del SGDA, y, de ser el caso, los requerimientos de almacenamiento de energía.

² El Artículo 11 de la LOCE dispuso que a continuación del artículo 44 de la LOSPEE se agregue un artículo innumerado denominado "Artículo. Sistemas de autoabastecimiento para consumidores finales.-".

ARTÍCULO 10. MODALIDADES DE AUTOABASTECIMIENTO

La Ilustración 1 muestra las modalidades de autoabastecimiento que se consideran en la presente Regulación. Las modalidades se describen a continuación.

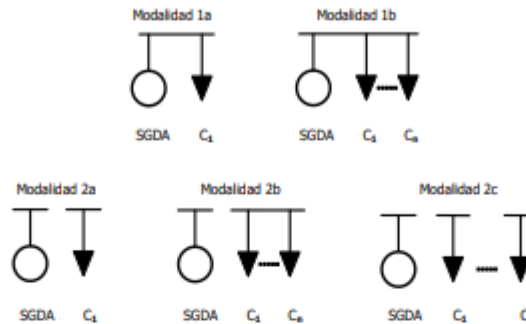


Ilustración 1. Modalidades de autoabastecimiento

10.1. Modalidad 1a: Autoabastecimiento individual local

El SGDA está asociado a una sola cuenta contrato, ubicada en el mismo bien inmueble en donde se instalará el SGDA, el cual puede o no inyectar excedentes a la red.

10.2. Modalidad 1b: Autoabastecimiento múltiple local

- El SGDA está asociado a varias cuentas contrato ubicadas en una urbanización o un mismo inmueble constituido en condominio o declarado bajo el régimen de propiedad horizontal, en donde se instalará el SGDA.
- El SGDA está asociado a varias cuentas contrato del mismo propietario del bien inmueble, las cuales están ubicadas en el mismo bien inmueble donde se instalará el SGDA.

El SGDA, puede o no inyectar excedentes a la red.

10.3. Modalidad 2a: Autoabastecimiento individual remoto

El SGDA está ubicado remotamente, y está asociado a una sola cuenta contrato del Consumidor Regulado.

10.4. Modalidad 2b: Autoabastecimiento múltiple remoto con consumidores concentrados

- El SGDA está ubicado de forma remota y está asociado a varias cuentas contrato las cuales se encuentran concentradas en un mismo bien inmueble, constituido en condominio o bajo el régimen de propiedad horizontal.
- El SGDA está ubicado de manera remota y está asociado a varias cuentas contrato del mismo propietario del bien inmueble, las cuales se encuentran concentradas en un mismo bien inmueble.



REPÚBLICA
DEL ECUADOR

Agencia de Regulación y Control
de Electricidad

10.5 Modalidad 2c: Autoabastecimiento múltiple remoto con consumidores dispersos

- a) El SGDA está ubicado de forma remota, y está asociado a varias cuentas contrato de una misma persona jurídica, ubicadas en inmuebles dispersos.
- b) El SGDA está ubicado de forma remota, y está asociado a varias cuentas contrato de una misma persona natural, ubicadas en inmuebles dispersos.

ARTÍCULO 11. RESPONSABILIDADES

Los Consumidores Regulados son responsables del cumplimiento de las obligaciones establecidas en los Contratos de Suministro, y, los Contratos de Conexión del SGDA que aplican para las modalidades remotas 2a, 2b y 2c.

El Representante Técnico es el responsable de lo siguiente:

- Proceso de habilitación del SGDA ante la Distribuidora;
- Obtención de todos los permisos necesarios para la construcción, instalación, conexión, operación, mantenimiento y desmontaje del SGDA y del Campo de Conexión para Autoabastecimiento, y obligaciones derivadas de éstos;
- Operación segura y confiable de todos los equipos, incluidos los equipos del Campo de Conexión para Autoabastecimiento, de tal forma que las maniobras de conexión y su operación no afecten la calidad del servicio eléctrico y la operación de la red de distribución a la que se conecta el SGDA;
- Cumplimiento de los requisitos técnicos operativos establecidos en la presente Regulación.

CAPÍTULO III FACTIBILIDAD DE CONEXIÓN Y CERTIFICADO DE HABILITACIÓN

ARTÍCULO 12. REPRESENTANTE TÉCNICO

Los Consumidores Regulados o el Representante Legal, interesados en instalar y operar un SGDA, podrá delegar la ejecución de los trámites detallados en el presente Capítulo y en el Capítulo IV a un representante técnico (persona natural o jurídica especializada), mediante el otorgamiento de un documento escrito.

ARTÍCULO 13. FACTIBILIDAD DE CONEXIÓN

13.1. Solicitud

El trámite para la solicitud de la Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento se sujetará a las siguientes disposiciones.

- a) Se solicitará la Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento a la Distribuidora respectiva, presentando la información establecida en el formulario denominado Solicitud de Factibilidad de Conexión de un SGDA (ANEXO A de la presente Regulación). En este formulario se consignan los datos generales del solicitante y del SGDA, y se identifica el punto de la red eléctrica donde se prevé conectar el SGDA.
- b) Se deberá adjuntar el documento escrito especificado en el ARTÍCULO 12 de la presente Regulación.

Regulación Nro. ARCONEL-005/24 (Codificada)
Sesión de Directorio de 27 de octubre de 2024

Harvest the Sunshine

630W





JAM66D45 LB

n-type Double Glass Bifacial Modules

Premium Cells

n-
Bycium+
16BB

26%

Up To

MBB Half-Cell Technology Cell Conversion Efficiency

Premium Modules



Higher power generation better LCOE



n-type with very Lower LID



Better Temperature Coefficient



Better low irradiance response



2% 10-year Degradation 0.4% Annual Degradation Over 30 years



12-year product warranty



30-year linear power output warranty

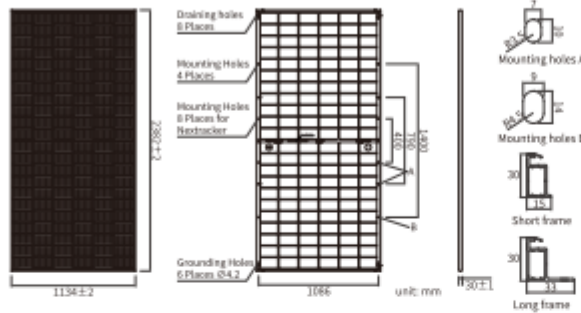
Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730, UL 61215, UL 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- ISO 45001: 2018 Occupational health and safety management systems
- IEC 62941: 2019 Terrestrial photovoltaic (PV) modules - Quality system for PV module manufacturing





JAM66D45 LB n-type Double Glass Bifacial Modules



MECHANICAL PARAMETERS

| | |
|------------------------------------|---|
| Cell | Mono |
| Weight | 33.1kg |
| Dimensions | 2382±2mm × 1134±2mm × 30±1mm |
| Cable Cross Section Size | 4mm ² (IEC), 12 AWG(UL) |
| No. of cells | 132(6 × 22) |
| Junction Box | IP68, 3diodes |
| Connector | QC 4.10-35L/ MC4-EVD2A |
| Cable Length (Including Connector) | Portrait: 300mm(+)/400mm(-) Landscape: 1500mm(+)/1500mm(-) |
| Front Glass/Back Glass | 2.0mm/2.0mm |
| Packaging Configuration | 36pcs/Pallet, T20pcs/40HQ Container |

Remark: customized frame color and cable length available upon request

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

| TYPE | JAM66D45 -605/LB | JAM66D45 -610/LB | JAM66D45 -615/LB | JAM66D45 -620/LB | JAM66D45 -625/LB | JAM66D45 -630/LB |
|---|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Rated Maximum Power(P _{max}) [W] | 605 | 610 | 615 | 620 | 625 | 630 |
| Open Circuit Voltage (V _{oc}) [V] | 47.90 | 48.10 | 48.30 | 48.50 | 48.70 | 48.90 |
| Maximum Power Voltage(V _{mp}) [V] | 39.60 | 39.77 | 39.96 | 40.21 | 40.45 | 40.70 |
| Short Circuit Current(I _{sc}) [A] | 16.00 | 16.05 | 16.10 | 16.13 | 16.15 | 16.18 |
| Maximum Power Current(I _{mp}) [A] | 15.28 | 15.34 | 15.39 | 15.42 | 15.45 | 15.48 |
| Module Efficiency (%) | 22.4 | 22.6 | 22.8 | 23.0 | 23.1 | 23.3 |
| Power Tolerance | 0→+3% | | | | | |
| Temperature Coefficient of I _{sc} (α _{Isc}) | +0.045%/°C | | | | | |
| Temperature Coefficient of V _{oc} (β _{Voc}) | -0.250%/°C | | | | | |
| Temperature Coefficient of P _{max} (γ _{Pmp}) | -0.290%/°C | | | | | |
| STC | Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1.5G | | | | | |

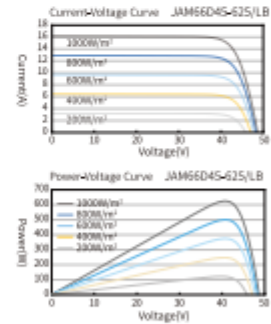
Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer. They only serve for comparison among different module types.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS WITH 10% SOLAR IRRADIATION RATIO

| TYPE | JAM66D45 -605/LB | JAM66D45 -610/LB | JAM66D45 -615/LB | JAM66D45 -620/LB | JAM66D45 -625/LB | JAM66D45 -630/LB |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Rated Max Power(P _{max}) [W] | 653 | 659 | 664 | 670 | 675 | 680 |
| Open Circuit Voltage(V _{oc}) [V] | 47.90 | 48.10 | 48.30 | 48.50 | 48.70 | 48.90 |
| Max Power Voltage(V _{mp}) [V] | 39.60 | 39.77 | 39.96 | 40.21 | 40.45 | 40.70 |
| Short Circuit Current(I _{sc}) [A] | 17.28 | 17.33 | 17.39 | 17.42 | 17.44 | 17.47 |
| Max Power Current(I _{mp}) [A] | 16.50 | 16.56 | 16.62 | 16.65 | 16.69 | 16.72 |
| Irradiation Ratio (rear/front) | 10% | | | | | |

* For Nextracker installations, maximum static load please take compatibility approve letter between JA Solar and Nextracker for reference.

CHARACTERISTICS



OPERATING CONDITIONS

| | |
|-----------------------------|---------------------------------|
| Maximum System Voltage | 1500V DC |
| Operating Temperature | -40°C→+85°C |
| Maximum Series Fuse Rating | 35A |
| Maximum Static Load, Front* | 5400Pa(112 lb/ft ²) |
| Maximum Static Load, Back* | 2400Pa(50 lb/ft ²) |
| NOCT | 45±2°C |
| Bifaciality | 80%±5% |
| Safety Class | Class III |
| Fire Performance | UL Type 29/Class C |

| Technical Specification | | SUN2000-150K-MG0 |
|--|---|------------------|
| Efficiency | | |
| Max. efficiency | 98.6% @400V, 98.8% @480V | |
| European efficiency | 98.4% | |
| Input | | |
| Max. Input Voltage ¹ | 1,100 V | |
| Max. Current per MPPT | 48A | |
| Max. Current per Input | 23A | |
| Max. Short Circuit Current per MPPT | 66A | |
| Start Voltage | 200 V | |
| MPPT Operating Voltage Range ² | 200 V – 1,000 V | |
| Number of MPP trackers | 7 | |
| Max. input number per MPP tracker | 3 | |
| Output | | |
| Nominal AC Active Power | 150,000 W | |
| Max. AC Apparent Power | 165,000 VA | |
| Max. AC Active Power (cosφ=1) | 165,000 W | |
| Nominal Output Voltage | 380 V/400 V/480Vac | |
| Rated AC Grid Frequency | 50 Hz / 60 Hz | |
| Nominal Output Current | 227.9 A @380 V, 216.5 A @400 V, 180.4A @480Vac | |
| Max. Output Current | 253.2 A @380 V, 240.5 A @400 V, 200.5A @480Vac | |
| Adjustable Power Factor Range | 0.8 leading.. 0.8 lagging | |
| alternating current THDi | <1% | |
| Protection | | |
| Anti-islanding Protection | Yes | |
| AC Overcurrent Protection | Yes | |
| DC Reverse-polarity Protection | Yes | |
| PV-array String Fault Monitoring | Yes | |
| DC Surge Arrester | Type II | |
| AC Surge Arrester | Type II | |
| DC Insulation Resistance Detection | Yes | |
| Residual Current Monitoring Unit | Yes | |
| Smart String Level Disconnect | Yes | |
| Arc Fault Protection | Yes | |
| Terminal Temperature Detection | Yes | |
| PID Recovery | Yes | |
| PV Ground-Fault Protection | Yes | |
| Communication | | |
| Display | LED indicators; WLAN adaptor + FusionSolar APP | |
| RS485 | Yes | |
| USB | Yes | |
| Smart Dongle-4G | Smart Dongle – 4G / WLAN (Optional) | |
| Monitoring BUS (MBUS) | Yes (isolation transformer required) | |
| General Data | | |
| Dimensions (W x H x D) | 1,000 x 710 x 395 mm | |
| Weight (with mounting plate) | 102 kg | |
| Operating Temperature Range | -25°C – 60°C | |
| Cooling Method | Smart Air Cooling | |
| Max. Operating Altitude | 4,000 m (13,123 ft.) | |
| Relative Humidity | 0 – 100% | |
| DC Connector | Amphenol HH4 | |
| AC Connector | Waterproof Connector + QT/DT Terminal | |
| Protection Degree | IP66 | |
| Topology | Transformerless | |
| Standard Compliance (more available upon request) | | |
| Certificate | EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, IEC 60068, IEC 61683 | |
| Grid Connection Standards | VDE-AR-N4105, EN 50549-1, EN 50549-2, RD 661, RD 1699, C10/11 | |

* This datasheet only shows Preliminary Version, the information may change. Please contact with HW local supplier for the latest version.
¹ The maximum input voltage is the upper limit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter.
² Any DC input voltage beyond the operating voltage range may result in inverter abnormal operation.



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Fustillos Romero Kevin** con C.C: # 0704678861, autor/a del trabajo de titulación: **DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO HIBRIDO PARA DISMINUIR EL CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA (KWh) DE UNA EXTRUSORA DE PLASTICO EN FABRICA DE EMPAQUE DE VIA A DAULE**, previo a la obtención del título de **Ingeniero eléctrico mecánico** 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, **02 de marzo de 2026**

f.

Nombre: **Fustillos Romero, Kevin**

C.C: **0704678861**



| REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA | | | |
|--|---|---|---|
| FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN | | | |
| TEMA Y SUBTEMA: | DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO HIBRIDO PARA DISMINUIR EL CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA (KWh) DE UNA EXTRUSORA DE PLASTICO EN FABRICA DE EMPAQUE DE VIA A DAULE | | |
| AUTOR(ES) | Fustillos Romero, Kevin Fernando | | |
| REVISOR(ES)/TUTOR(ES) | Bohórquez Escobar, Celso Bayardo | | |
| INSTITUCIÓN: | Universidad Católica de Santiago de Guayaquil | | |
| FACULTAD: | Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo | | |
| CARRERA: | Ingeniería en Electrico-Mecánica | | |
| TÍTULO OBTENIDO: | Ingeniero en eléctrico-mecánica | | |
| FECHA DE PUBLICACIÓN: | 02 de marzo de 2026 | No. DE PÁGINAS: | 77 |
| ÁREAS TEMÁTICAS: | Eficiencia energética, Instalaciones eléctricas, Redes inteligentes | | |
| PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS: | Energía fotovoltaica; sistema híbrido; inversor trifásico; eficiencia energética; autoconsumo energético; extrusora industrial; PVsyst. | | |
| RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras): | | | |
| <p>En el presente trabajo se desarrolla un diseño técnico y económico para un sistema fotovoltaico híbrido, conformado por un sistema de generación solar, la red eléctrica local y un generador a diésel, lo cual será aplicado para un proceso industrial de extrusión de plástico ubicado en la vía a Daule de la ciudad de Guayaquil-Ecuador. El sistema en mención tiene la función principal de reducir el consumo de energía eléctrica entregada por la red de distribución de Cnel, además de disminuir costos operativos de producción y mejorar la confiabilidad.</p> <p>Se realiza un seguimiento y control del consumo de energía de la extrusora, un estudio del recurso solar a disposición, los dimensionamientos correspondientes tanto del sistema fotovoltaico, inversores industriales trifásico y un generador para respaldo. Adicional a nuestro diseño se incluye los cálculos y dimensionamiento de las protecciones DC/AC, conductores y respectiva puesta a tierra, todo dentro de las normativas vigentes en el Ecuador.</p> <p>Con el fin de tener una proyección de la producción anual generada por el sistema fotovoltaico en estudio y cual será su aporte a la reducción de consumo de energía eléctrica local, se realizó una simulación utilizando el software PVsyst.</p> <p>Además, se implementa un análisis económico de costo-beneficio, para considerar el aporte en ahorro energético y cual es tiempo de recuperación de la inversión. Finalmente se demuestra que el proyecto es viable en el sector industrial, ya que se confirma la existencia de una significativa reducción del consumo energético de la red local y mejora en el proceso operativo.</p> | | | |
| ADJUNTO PDF: | <input checked="" type="checkbox"/> SI | <input type="checkbox"/> NO | |
| CONTACTO AUTOR/ES: | CON | Teléfono: +593-990039424 | E-mail: kevin.fustillos@cu.ucsq.edu.ec |
| CONTACTO INSTITUCIÓN (COORDINADOR PROCESO UTE): | CON LA INSTITUCIÓN DEL | Nombre: Ubilla González, Ricardo Xavier | |
| | | Teléfono: +593999528515 | |
| | | E-mail: ricardo.ubilla@cu.ucsq.edu.ec | |
| SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA | | | |
| Nº. DE REGISTRO (en base a datos): | | | |
| Nº. DE CLASIFICACIÓN: | | | |
| DIRECCIÓN URL (tesis en la web): | | | |