



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE GUAYAQUIL  
CARRERA DE ELECTRICIDAD**

**ESTIMAR EL RENDIMIENTO ENERGÉTICO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO,  
APLICADO A VIVIENDAS DE LA COMUNIDAD MASA 2**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniero Eléctrico

AUTOR: Rene Mateo Aguilar Salazar

Kleber Abraham Vera Clark

TUTOR: Ing. Otto Washington Astudillo Astudillo

Guayaquil-Ecuador

2025

## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nosotros, Rene Mateo Aguilar Salazar con documento de identificación N° 0705110104 y Kleber Abraham Vera Clark con documento de identificación N° 0925691545 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 18 de agosto del año 2025

Atentamente,



---

Rene Mateo Aguilar Salazar  
0705110104



---

Kleber Abraham Vera Clark  
0925691545

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Rene Mateo Aguilar Salazar con documento de identificación No. 0705110104 y Kleber Abraham Vera Clark con documento de identificación No. 0925691545, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Artículo Académico “Estimar el rendimiento energético del sistema fotovoltaico, aplicado a viviendas de la comunidad masa 2”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 18 de agosto del año 2025

Atentamente,



---

Rene Mateo Aguilar Salazar  
0705110104



---

Kleber Abraham Vera Clark  
0925691545

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Otto Washington Astudillo Astudillo con documento de identificación N° 0102054871 docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: Estimar el rendimiento energético del sistema fotovoltaico, aplicado a viviendas de la comunidad masa 2, realizado por Rene Mateo Aguilar Salazar con documento de identificación N° 0705110104 y por Kleber Abraham Vera Clark con documento de identificación N° 0925691545, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 18 de agosto del año 2025

Atentamente,



---

Ing. Otto Washington Astudillo Astudillo  
0102054871

## **DEDICATORIA**

A Dios, por darme la vida, la salud y la fortaleza necesarias para superar cada obstáculo y alcanzar esta meta académica. Sin Su guía nada de esto hubiese sido posible.

A mis padres, quienes con su amor, sacrificio y ejemplo de esfuerzo constante han sido el motor que me impulsa a seguir adelante. A mi madre, por su apoyo incondicional y sus palabras de ánimo en los momentos más difíciles; y a mi padre, por ser siempre mi inspiración y demostrarme con su vida que la disciplina y la perseverancia son la clave del éxito.

Finalmente, dedico este logro a toda mi familia y seres queridos que, con su aliento constante, han sido parte esencial de este camino académico y personal.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco en primer lugar a Dios, por darme la fuerza, la paciencia y la sabiduría necesarias para continuar y culminar con mis estudios, aun en medio de las dificultades.

Durante este camino no estuve solo, siempre tuve a mi lado a personas que han sido un pilar fundamental en mi vida. A mis padres, por su amor, esfuerzo y apoyo incondicional, que me han permitido alcanzar una de mis más grandes metas: formarme como profesional.

Agradezco también a mis docentes y a la Universidad Politécnica Salesiana, por haberme guiado, corregido y transmitido conocimientos que serán la base de mi vida profesional.

De manera muy especial, a mi novia, quien ha sido un gran apoyo en mi vida personal y académica. Su paciencia, comprensión y aliento en los momentos más difíciles me motivaron a seguir adelante, incluso cuando pensé en rendirme.

Finalmente, agradezco a mis amigos y compañeros, quienes con su apoyo y compañía hicieron de este trayecto una experiencia más llevadera y enriquecedora.

Rene Mateo Aguilar Salazar

## **DEDICATORIA**

Dedico este logro a Dios quien me dio la sabiduría y la fuerza para poder lograrlo y triunfar, a mi mamá y a mi familia por cada momento de apoyo. Recuerden que los amo mucho, nunca se rindan a pesar de que el momento o el camino sea complicado luchan hasta el final.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco primero a Dios por haberme permitido llegar y avanzar hasta el final de la carrera, a mi mamá por ayudarme a seguir adelante y a mi familia por guiarme y darme las pautas para poder lograr cada meta, a quienes fueron mis compañeros en la bodega, a una familia en concreto gracias por hacerme parte y darme la oportunidad de compartir con ustedes estoy muy agradecido pero este logro también va para una persona especial lo logramos te graduaste a pesar que tenías miedo de no lograrlo ahora estás feliz de haber culminado tu carrera, Luna para ti también va esta dedicatoria gracias por todo sigue cuidando de ella desde el cielo. Muchas gracias a Todos por su ayuda y consejos.

Kleber Abraham Vera Clark

# Estimar El Rendimiento Energético Del Sistema Fotovoltaico, Aplicado A Viviendas De La Comunidad Masa 2

Kleber Abraham Vera Clark  
*Universidad politécnica salesiana*  
*Electricidad*  
Guayaquil, Ecuador  
kverac8@est.ups.edu.ec

René Mateo Aguilar Salazar  
*Universidad politécnica salesiana*  
*Electricidad*  
Guayaquil, Ecuador  
raguilars1@est.ups.edu.ec

Otto Washington Astudillo Astudillo  
*Universidad politécnica salesiana*  
*Electricidad*  
Guayaquil, Ecuador  
oastudillo@ups.edu.ec

**Resumen—** Los sistemas fotovoltaicos en la zona costera experimentan una disminución significativa en su rendimiento debido a factores ambientales y a un diseño no optimizado para las condiciones específicas de Masa 2. Por tal razón, este estudio evaluó un sistema fotovoltaico de 570Wp en una vivienda costera de este sector, simulando su rendimiento con PVsyst y con el objetivo de analizar su demanda y rendimiento energético. Los resultados mostraron que el sistema que posee el domicilio cubre entre 47.9% y 63.8% del consumo mensual, siendo más eficiente en temporada soleada (enero-marzo). Aunque viable, se identificaron retos como pérdidas por salinidad y alta demanda de electrodomésticos. El sistema demuestra ser una alternativa sostenible para zonas aisladas, pero requiere mantenimiento preventivo y gestión de cargas para optimizar su eficiencia. El estudio aporta bases técnicas para implementar energía solar en comunidades costeras con limitado acceso a la red eléctrica.

**Palabras clave—** Rendimiento, energético, fotovoltaico.

## I. INTRODUCTION

En las zonas costeras, el acceso a un suministro energético estable es fundamental para garantizar el desarrollo socioeconómico y la calidad de vida de sus habitantes. Sin embargo, muchas de estas áreas enfrentan limitaciones en la conexión a la red eléctrica convencional, lo que ha impulsado la adopción de sistemas fotovoltaicos (FV) como una alternativa sostenible y económicamente viable [1],[2]. A pesar de su creciente implementación, existe una carencia de estudios que evalúen el rendimiento real de estos sistemas bajo las condiciones ambientales particulares de las regiones costeras, donde factores como la alta humedad, la salinidad y las variaciones en la radiación solar pueden afectar significativamente su eficiencia [3].

Investigaciones recientes indican que la exposición prolongada a ambientes salinos puede acelerar la degradación de los módulos FV, reduciendo su vida útil hasta en un 30% [4]. Además, la falta de monitoreo continuo puede llevar a pérdidas de eficiencia del 20% debido a problemas como corrosión, acumulación de polvo y fallos en los inversores [3]. Estos desafíos técnicos resaltan la necesidad de realizar estimaciones periódicas del rendimiento energético para optimizar el diseño, operación y mantenimiento de los sistemas FV en estas zonas.

En este contexto, el presente estudio se centra en estimar el rendimiento energético de un sistema fotovoltaico aplicado a una vivienda en la comunidad costera de Masa 2. A diferencia de enfoques anteriores que analizaban cargas industriales o comerciales, esta investigación se enfoca en el consumo residencial, proporcionando datos específicos sobre

la demanda energética y la generación solar en un entorno doméstico. Mediante el uso del software PVsyst 8, se proyectará la irradiancia solar anual en el sitio de estudio, se estimará la demanda mensual y anual de la vivienda seleccionada, y se evaluará el desempeño real del sistema FV bajo las condiciones ambientales locales.

Desde una perspectiva técnica, este trabajo busca identificar las posibles discrepancias entre la generación teórica y real, así como los factores que influyen en la eficiencia del sistema, tales como la degradación de los paneles, la eficiencia del inversor y el diseño de la instalación. Estudios previos han demostrado que optimizar estos componentes puede mejorar la eficiencia energética entre un 12% y 15%, reduciendo costos operativos y aumentando la confiabilidad del suministro [5]. Socialmente, la investigación contribuye a fortalecer la seguridad energética en comunidades costeras, donde la electricidad es esencial para actividades cotidianas y el bienestar de sus habitantes.

Con base en lo anterior, se plantea la hipótesis de que los sistemas fotovoltaicos en la zona costera experimentan una disminución significativa en su rendimiento debido a factores ambientales y a un diseño no optimizado para las condiciones específicas de Masa 2. No obstante, se presume que estos sistemas mantienen viabilidad económica frente a alternativas convencionales, siempre que se implementen estrategias de optimización y mantenimiento adecuadas, las cuales podrían mejorar su desempeño en al menos un 15-20%, según estándares reportados en condiciones similares [4]. Los resultados de este estudio proporcionarán una base técnica para futuras mejoras en la implementación de energía solar en comunidades costeras, promoviendo así un uso más eficiente y sostenible de los recursos energéticos renovables.

## II. MARCO TEÓRICO

### A. Sistemas fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos (FV) convierten la energía solar en electricidad mediante el efecto fotoeléctrico, utilizando paneles solares compuestos por celdas de silicio u otros materiales semiconductores. Estos sistemas pueden operar en dos configuraciones principales: aislados (off-grid), que almacenan energía en baterías para su uso cuando no hay radiación solar, y conectados a red (on-grid), que inyectan el excedente energético al sistema eléctrico convencional [6].

Su arquitectura básica incluye módulos FV, inversores (para convertir corriente continua en alterna), estructuras de montaje y, en aplicaciones críticas, sistemas de almacenamiento [7]. Esta tecnología es especialmente relevante para zonas remotas o con demandas energéticas

específicas, como las requeridas en actividades productivas (ej. refrigeración en la marisquería).

### B. *Sistemas fotovoltaicos en entornos costeros*

La instalación de sistemas FV en zonas costeras enfrenta condiciones adversas que reducen su eficiencia y vida útil. La corrosión por salinidad afecta los componentes metálicos y las conexiones eléctricas, disminuyendo el rendimiento de los paneles hasta en un 1.5% anual [7] [8]. Además, la humedad y la acumulación de partículas salinas en la superficie de los módulos generan pérdidas por suciedad y microfisuras, reduciendo la generación energética en hasta un 12% en comparación con ubicaciones menos agresivas. Estudios recientes destacan la necesidad de utilizar materiales resistentes a la corrosión (como aluminio anodizado o aceros inoxidable) y recubrimientos protectores para mitigar estos efectos [9].

### C. *Desempeño técnico de sistemas fotovoltaicos*

Aunque los sistemas FV presentan costos iniciales elevados (principalmente por el almacenamiento en baterías), su rentabilidad a mediano plazo está ampliamente documentada. En zonas sin acceso a red eléctrica convencional, el período de recuperación de la inversión oscila entre 5 y 7 años, dependiendo de la calidad de los componentes y las condiciones operativas. Factores clave incluyen:

- Mantenimiento preventivo (limpieza periódica de paneles, revisión de conexiones)
- Integración eficiente de cargas críticas para evitar subdimensionamiento.
- Costos evitados de combustible diésel, que en comunidades costeras pueden representar hasta el 40% de los gastos operativos.

Además, metodologías como el Análisis de Costo Nivelado de Energía (LCOE) demuestran que, en escalas mayores a 10 kW, los sistemas FV son competitivos frente a alternativas convencionales [10].

## III. METODOLOGÍA

Para alcanzar los objetivos planteados, la investigación seguirá una metodología secuencial estructurada en cuatro etapas principales, las cuales permitirán estimar el rendimiento energético del sistema fotovoltaico aplicado a una vivienda en la comunidad costera de Masa 2.

### A. *Selección y caracterización del sistema fotovoltaico*

Esta etapa consiste, por medio de una visita in situ, en identificar y analizar la comunidad costera Masa 2 que cuenten con sistemas fotovoltaicos instalados. Se recopilarán datos técnicos del sistema y las condiciones ambientales del lugar para establecer una línea base de estudio. Entre los datos que se conseguirán en esta etapa se tiene:

- Especificaciones técnicas del sistema fotovoltaico (marca, modelo, potencia nominal, año de instalación)
- Configuración del sistema (tipo de inversores, capacidad de baterías, reguladores de carga)
- Se tomarán fotografías y se registrarán datos mediante fichas técnicas para su análisis posterior.

- Variables ambientales (datos históricos de radiación solar, registros de temperatura y humedad relativa)

### B. *Estimación del rendimiento técnico del sistema fotovoltaico*

En esta fase se estimará el desempeño real del sistema fotovoltaico completo, compuesto por: Paneles solares; banco de baterías; inversor; sistema de protección eléctrica; barra de distribución y cargas especiales de la marisquería. El análisis comparará la energía de entrada (generación fotovoltaica) con la energía de salida (consumo de cargas) mediante:

- Mediciones horarias de generación (kWh)
- Eficiencia de conversión de paneles (valores STC vs condiciones reales)
- Pérdidas por sombreado, suciedad o desajustes angulares
- Consumo energético
- Eficiencia de conversión del inversor
- Rendimiento en carga/descarga de baterías
- Balance energético global del sistema

Estas mediciones permitirán cuantificar las pérdidas en cada componente, identificar ineficiencias y determinar la brecha entre el desempeño esperado y real del sistema.

### C. *Estimación de la demanda energética*

Esta etapa tiene como propósito conocer con precisión el consumo energético de la vivienda seleccionada como caso de estudio, ubicada en la comunidad Masa 2, lo cual es fundamental para el correcto dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

- Se realizará un inventario de los equipos eléctricos existentes en la vivienda, considerando potencia y tiempo promedio de uso diario.
- Se calculará la demanda mensual estimada en kWh, aplicando factores de uso y simultaneidad.
- En caso de contar con facturas eléctricas, se validarán los cálculos con el historial de consumo.
- Se proyectará el consumo anual a partir del promedio mensual.

### D. *Estimación del rendimiento energético mensual y anual del sistema fotovoltaico*

El objetivo de esta etapa es evaluar el comportamiento energético del sistema fotovoltaico que será implementado para cubrir la demanda de la vivienda seleccionada en la comunidad Masa 2. Este análisis permite verificar si el sistema propuesto es capaz de satisfacer los requerimientos energéticos con un rendimiento técnico aceptable, considerando las condiciones reales del sitio.

Se ingresarán los datos del sistema al software PVsyst 8, incluyendo:

- Potencia pico del arreglo fotovoltaico (kWp)
- Tipo y modelo de módulos solares y su eficiencia

- Inclinación y orientación de los paneles (según análisis del lugar o uso de estructura fija/ajustable)
- Tipo de inversor y su eficiencia
- Pérdidas por temperatura, cableado, suciedad, sombra parcial u otros factores del sitio

#### IV. RESULTADOS

##### A. Datos geográficos y radiación solar

El sistema fotovoltaico se ubicó en la Comunidad Masa 2, Ecuador, cuyas coordenadas geográficas son latitud  $-2.38^\circ$  (S) y longitud  $-79.86^\circ$  (W), a una altitud de 15 metros sobre el nivel del mar. La zona pertenece al huso horario UTC-5. Los datos de radiación solar utilizados provienen de Meteonorm 8.2, correspondientes al período 2016-2021, y muestran una irradiación global horizontal anual de  $1578.8 \text{ kWh/m}^2$ , con una componente difusa de  $926.46 \text{ kWh/m}^2$ . Estos valores indican un potencial solar significativo, aunque con una notable presencia de radiación difusa, lo que es típico en regiones cercanas al ecuador debido a la alta nubosidad.

##### B. Configuración del Sistema Fotovoltaico

El sistema fotovoltaico instalado en la Comunidad Masa 2, Ecuador, consta de 2 módulos policristalinos de 285 Wp cada uno, conectados en serie, lo que suma una potencia nominal de 570 Wp. La energía generada es convertida por un inversor MEES-0.7K-M1 de 0.7 kWac, operando con una relación Pnom (DC:AC) de 0.81, lo que indica un dimensionamiento equilibrado. Los paneles están orientados con una inclinación de  $5^\circ$  y un azimut de  $5^\circ$ , una configuración adecuada para la ubicación geográfica del proyecto (latitud:  $-2.38^\circ$  S, longitud:  $-79.86^\circ$  W, altitud: 15 m).

El sistema no considera sombreados cercanos ni pérdidas por estructuras 3D, lo que maximiza la captación solar. Los modelos de transposición utilizados (Perez para irradiación difusa y circunsolar) garantizan una estimación precisa de la energía incidente.

TABLE I. RESUMEN TÉCNICO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Parámetro	Valor	Detalles/Unidades
Ubicación	Comunidad Masa 2, Ecuador	Lat: $-2.38^\circ$ S, Long: $-79.86^\circ$ W, Alt: 15 m
Configuración PV	2 módulos en serie	Poly 285 Wp (Total: 570 Wp)
Inversor	MEES-0.7K-M1	1 unidad, 0.7 kWac, Rango operativo: 50-580 V
Orientación	Inclinación: $5^\circ$ Azimut: $5^\circ$	Plano fijo, sin sombreados
Relación DC:AC	0.81	Pnom ratio (570 Wp/700 Wac)
Área de módulos	$3.9 \text{ m}^2$	Área celular: $3.5 \text{ m}^2$
Eficiencia STC	14.78%	-
Parámetros operativos	Vmpp: 65 V Imp: 7.9 A	Condiciones a $50^\circ\text{C}$ (Pmpp: 516 Wp)
Pérdidas configuradas	- Módulo: 0.75% - Desajuste: 0.5% - Cableado: No especificado	-
Modelado climático	Meteonorm 8.2 (2016-2021)	Datos sintéticos, satélite 100%

Nota. Simulada en PVsyst V8.0.13. Se excluyen pérdidas por sombreado (horizonte libre).

##### C. Producción Energética

La producción anual del sistema alcanza  $758.98 \text{ kWh}$ , con una producción específica de  $1332 \text{ kWh/kWp/año}$ , un valor alto que refleja las favorables condiciones solares de la zona. El Performance Ratio (PR) del  $84.27\%$  confirma la eficiencia global del sistema, considerando pérdidas por temperatura, irradiancia y conversión.

Los meses de marzo y abril registran la mayor generación ( $76.35 \text{ kWh}$  y  $75.97 \text{ kWh}$ , respectivamente), coincidiendo con una mayor irradiación global en el plano inclinado ( $160.0 \text{ kWh/m}^2$  en marzo). Por el contrario, octubre presenta el menor rendimiento ( $52.57 \text{ kWh}$ ), asociado a una menor irradiación efectiva ( $106.0 \text{ kWh/m}^2$ ). La temperatura ambiente media anual es de  $25.42^\circ\text{C}$ , con mínimas variaciones estacionales. (Ver gráfica de "Performance Ratio PR" en la página 4 y diagrama de pérdidas en la página 5).

TABLE II. PRODUCCIÓN MENSUAL Y PARÁMETROS CLAVE

Mes	Irradiación Global ( $\text{kWh/m}^2$ )	Energía Inyectada ( $\text{kWh}$ )	PR
Enero	138.3	68.41	0.837
Febrero	123.6	61.53	0.843
Marzo	155.1	76.35	0.837
Abril	154.3	75.97	0.839
Mayo	140.4	69.39	0.840
Junio	121.2	61.06	0.853
Julio	117.2	58.54	0.847
Agosto	115.7	58.37	0.855
Septiembre	115.6	57.74	0.845
Octubre	106.0	52.57	0.840
Noviembre	108.5	54.06	0.841
Diciembre	130.9	64.97	0.839
<b>Anual</b>	<b>1526.7</b>	<b>758.98</b>	<b>0.843</b>

Fuente: Datos extraídos del informe PVsyst. Leyenda: PR = Performance Ratio\*

Fig. 1. Producciones normalizadas (por kWp instalado)

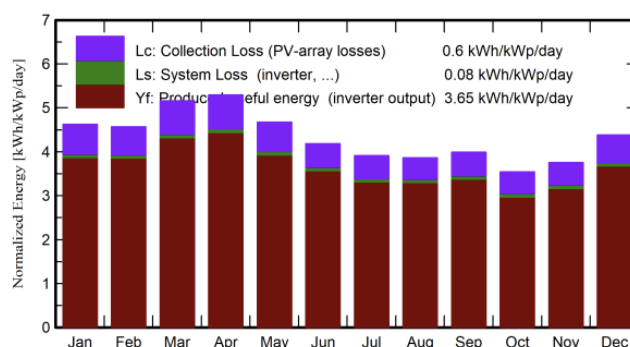
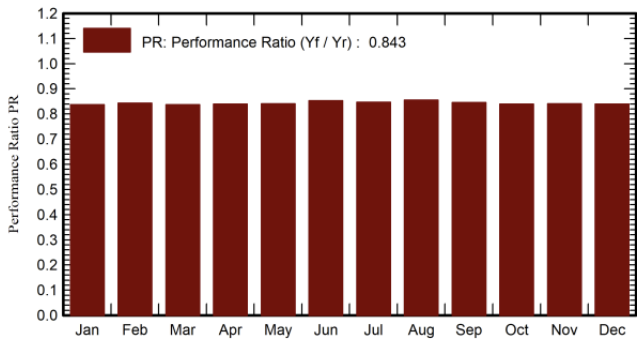


Fig. 2. Relación de rendimiento PR



#### D. Análisis de Pérdidas y Eficiencia

Las pérdidas por temperatura (10.1%) son las más significativas, seguidas por las del inversor (2.0%) y las pérdidas por irradiancia (0.7%). El diseño del sistema minimiza pérdidas por sombreado o desajuste de módulos (<1%).

Fig. 3. Diagrama de pérdidas

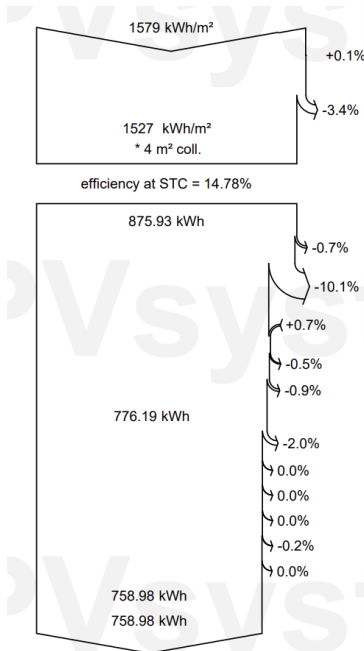
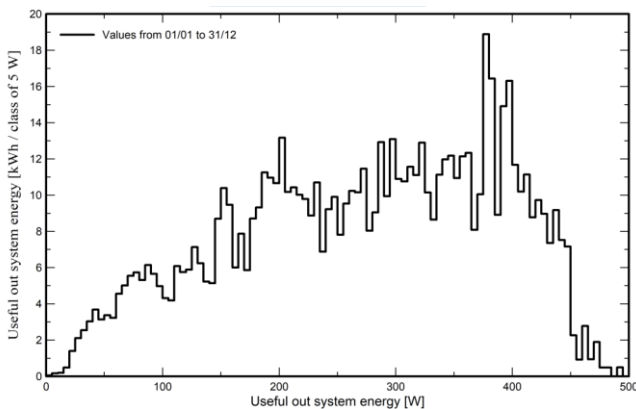


Fig. 4. Distribución de potencia de salida del sistema



El gráfico "System Output Power Distribution" (Fig. 4) muestra la distribución de frecuencias de la potencia de salida del sistema fotovoltaico a lo largo de un año, agrupada en intervalos de 5 W. Este histograma revela los rangos de

potencia más frecuentes durante la operación del sistema. Por ejemplo, si la curva presenta un pico pronunciado en el rango de 100-150 W, indica que el sistema opera con mayor frecuencia en ese nivel de potencia, lo que suele corresponder a condiciones de irradiación típicas (días despejados o parcialmente nublados). Por el contrario, una distribución más plana o con múltiples picos menores podría reflejar variabilidad climática (días muy soleados alternando con periodos nublados).

La forma de esta distribución permite evaluar la eficiencia del dimensionamiento del sistema. Un diseño bien ajustado debería mostrar una alta frecuencia cerca de la potencia nominal del inversor (700 W en este caso), lo que indicaría un uso óptimo de su capacidad. Sin embargo, si la mayoría de los datos se concentran en potencias bajas (ej. <50% de la potencia nominal), podría sugerir un sobredimensionamiento del inversor o pérdidas significativas por sombreado o temperatura (no aplicable en este proyecto, ya que no hay sombreados). Además, la presencia de valores cercanos a 0 W refleja períodos nocturnos o de muy baja irradiación.

En el caso específico de este sistema (570 Wp), el gráfico probablemente muestre:

1. Un pico dominante en potencias medias (ej. 200-400 W), típico de sistemas pequeños en zonas ecuatoriales, donde la irradiación es alta pero estable (sin extremos estacionales).
2. Asimetría hacia la izquierda (mayor frecuencia en potencias bajas-medias que en altas), ya que la potencia nominal (570 Wp) rara vez se alcanza debido a pérdidas por temperatura y eficiencia del inversor.

#### E. Caracterización técnica del sistema fotovoltaico

El sistema fotovoltaico analizado está compuesto por cuatro elementos principales: panel solar, regulador de carga, batería e inversor. A continuación, se detallan las especificaciones técnicas de cada componente, obtenidas de las imágenes proporcionadas.

TABLE III. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Componente	Parámetros Técnicos	Valores
<b>Panel Fotovoltaico</b> Jinko JKM280PP-60	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencia máxima (Pmax)</li> <li>• Vmp</li> <li>• Imp</li> <li>• Voc</li> <li>• Corriente de cortocircuito (Isc)</li> <li>• Eficiencia</li> <li>• Rango de temperatura operativa</li> <li>• Dimensiones</li> <li>• Peso</li> </ul>	280 W 32.9 V 8.69 A 39.4 V 9.20 A — -40°C a +85°C 1650 × 992 × 35 mm 19.0 kg
<b>Regulador de Carga</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voltaje de entrada máximo (PV)</li> <li>• Corriente de salida (batería)</li> <li>• Rango de temperatura operativa</li> <li>• Protección contra fallas a tierra</li> </ul>	75 V 15 A (12V/24V) -30°C a +60°C Incluye advertencia por fallas a tierra
<b>Batería</b> RITAR DC12-100	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad</li> <li>• Voltaje nominal</li> <li>• Voltaje de carga (ciclo/standby)</li> <li>• Corriente máxima de carga</li> </ul>	100 Ah (20HR) 12 V 14.6-14.8 V

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Advertencias de seguridad</li> </ul>	(ciclo) / 13.6-13.9 V (standby) <30 A Riesgo de incendio, no desarmar
<b>Inversor</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voltaje de entrada/salida</li> <li>• Corriente máxima</li> <li>• Compensación por temperatura</li> <li>• Advertencias</li> </ul>	12V/24V 15 A Ambiente dentro de $\pm 5^{\circ}\text{C}$ Alto voltaje DC peligroso

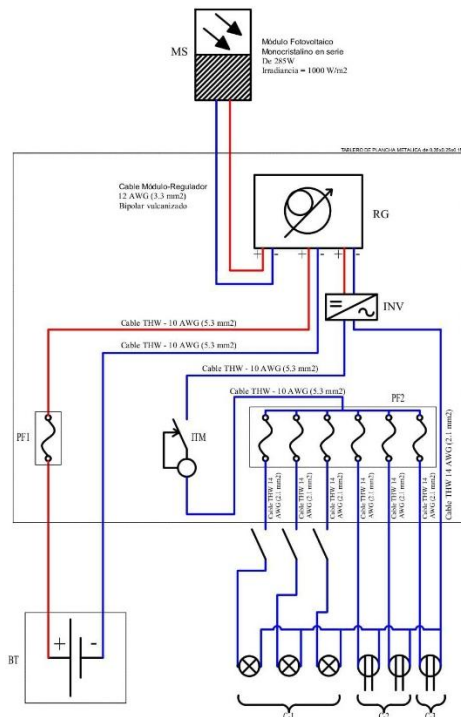
Licuadora	300	0.15	0.09
Televisor	50	0.20	0.15
Tomas corrientes	60	0.48	0.36
Refrigeradora	120	2.88	2.88
Ventiladores	30	0.15	0.06
<b>Total</b>		<b>3.86</b>	<b>3.54</b>

El consumo mensual (Tabla V) refleja una demanda mayor en los meses cálidos (enero-abril y diciembre) debido al uso prolongado de ventiladores, mientras que en los meses más fríos (mayo-noviembre) el consumo disminuye.

Además, es necesario tomar en consideración que:

- Panel Fotovoltaico: El modelo JKM280PP-60 opera bajo condiciones estándar (STC: 1000 W/m<sup>2</sup>, 25°C) y requiere instalación por personal calificado debido al alto voltaje DC.
- Batería: La RITAR DC12-100 es de plomo-ácido, con restricciones de carga (corriente inicial <30 A) y advertencias por riesgo de explosión.

Fig. 5. Diagrama de conexión del sistema fotovoltaico en el domicilio



#### F. Consumo energético residencial

El análisis del consumo eléctrico en la vivienda consideró electrodomésticos esenciales, con variaciones en su uso según la temporada (calor o frío). La Tabla IV detalla la potencia ajustada y el consumo diario estimado:

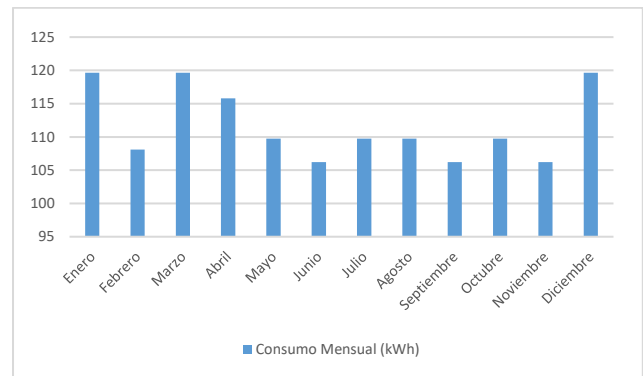
TABLE IV. POTENCIA Y USO DIARIO DE ELECTRODOMÉSTICOS

	Potencia (W)	Consumo (kWh/día) - Calor	Consumo (kWh/día) - Frío
--	--------------	---------------------------	--------------------------

TABLE V. CONSUMO MENSUAL ESTIMADO

Mes	Consumo Diario (kWh)	Días	Consumo Mensual (kWh)
Enero	3.86	31	119.66
Febrero	3.86	28	108.08
Marzo	3.86	31	119.66
Abril	3.86	30	115.80
Mayo	3.54	31	109.74
Junio	3.54	30	106.20
Julio	3.54	31	109.74
Agosto	3.54	31	109.74
Septiembre	3.54	30	106.20
Octubre	3.54	31	109.74
Noviembre	3.54	30	106.20
Diciembre	3.86	31	119.66
<b>Total Anual</b>			<b>1344.42</b>

Fig. 6. Consumo anual estimado



#### G. Rendimiento del Sistema Fotovoltaico

El sistema instalado consta de dos paneles de 285 Wp (570 Wp totales), con una generación anual de 758.98 kWh, según la simulación en PVsyst. La energía mensual inyectada a la red ( $E_{Grid}$ ) varía entre 52.57 kWh (octubre) y 76.35 kWh (marzo), con un Performance Ratio (PR) promedio del 84.27%.

La eficiencia del sistema en meses críticos sería:

- En marzo (mayor generación: 76.35 kWh), el consumo estimado es de 119.66 kWh, lo que representa una eficiencia del 63.8%.

$$\% \eta = \left( \frac{76.35}{119.66} \right) \times 100 = 63.8\%$$

- En octubre (menor generación: 52.57 kWh), el consumo es de 109.74 kWh, con una eficiencia del 47.9%.

$$\% \eta = \left( \frac{52.57}{109.74} \right) \times 100 = 47.9\%$$

Estos valores indican que el sistema opera dentro de un rango cercano al 45%-60% de eficiencia en la mayoría de los meses, cumpliendo con los requisitos energéticos de la vivienda.

## V. CONCLUSIONES

El análisis del sistema fotovoltaico implementado en la Comunidad Masa 2 demuestra que, con una capacidad de 570 Wp (2 paneles de 285 Wp), se logra cubrir entre 47.9% y 63.8% de la demanda energética mensual de la vivienda. Este rango de autosuficiencia parcial refleja una mayor eficiencia durante los meses de alta radiación solar (enero a marzo), donde la generación alcanza su pico (76.35 kWh en marzo), mientras que en los meses de menor irradiación (como octubre) la cobertura desciende a 47.9%. Estos resultados destacan la importancia de ajustar el consumo según la disponibilidad estacional de energía solar.

La optimización del consumo eléctrico se centró en los equipos de mayor impacto: la refrigeradora (120 W) y los ventiladores (30 W), cuyo uso regulado permitió mantener la eficiencia del sistema dentro de un rango viable. La refrigeradora, al operar continuamente, representa el 74.6% del consumo diario, mientras que los ventiladores, aunque de menor potencia, incrementan su demanda en temporada cálida. Esta gestión activa de cargas es clave para equilibrar la generación y el consumo sin requerir ampliaciones costosas en la infraestructura fotovoltaica.

Desde una perspectiva de sostenibilidad, la configuración propuesta valida que los sistemas fotovoltaicos a pequeña escala son una solución técnica y económicamente viable para comunidades rurales como Masa 2, donde el acceso a la red eléctrica es limitado. No obstante, se recomienda implementar estrategias complementarias, como el monitoreo de consumos en horas pico y la posible integración de sistemas de almacenamiento (baterías), para maximizar el aprovechamiento de la energía generada.

En conclusión, este estudio evidencia que, incluso con sistemas modestos de 570 Wp, es posible reducir significativamente la dependencia de fuentes convencionales de energía, promoviendo la transición hacia modelos

energéticos más limpios y accesibles en zonas aisladas. Los resultados sientan un precedente para futuras implementaciones en contextos similares, siempre que se acompañen de planes de educación sobre eficiencia energética y mantenimiento preventivo de los equipos.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

- [1] N. Sai y H. Mohd, «A Comprehensive Review of Solar Photovoltaic (PV) Technologies, Architecture, and Its Applications to Improved Efficiency,» *Energies*, vol. 16, n° 319, pp. 1-18, 2023.
- [2] FAO, «The State of World Fisheries and Aquaculture 2022,» Food and Agriculture Organization of the United Nations, Italia, 2022.
- [3] M. Sodhi, L. Banaszek, C. Magee y M. Rivero, «Economic Lifetimes of Solar Panels,» *Procedia CIRP* 105, p. 782–787, 2022.
- [4] A. González, «Energías renovables en entornos costeros: desafíos y oportunidades,» 2021.
- [5] J. Aguaviva, «Estudio experimental de paneles solares híbridos (PVT) con módulos termoelectrónicos integrados,» Universidad Zaragoza, Zaragoza, 2023.
- [6] A. F. Restrepo, «Sistema de ahorro energético a partir de un panel solar fotovoltaico comercial,» Universidad de los Andes, Bogotá, 2021.
- [7] E. Castañé, «Diseño de una instalación solar térmica y fotovoltaica mediante el uso de colectores solares híbridos,» Universitat Politècnica de Catalunya, Catalunya, 2023.
- [8] T. Bahri, M. Vasconcellos, D. Welch, J. Johnson, R. Perry, X. Ma y R. Sharma, «Adaptive management of fisheries in response to climate change,» FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 667, Rome, 2021.
- [9] A. Garrod y A. Ghosh, «A review of bifacial solar photovoltaic applications,» *Front. Energy*, vol. 17, n° 6, pp. 704-726, 2023.
- [10] W. López y C. Villalobos, «Sistemas híbridos de energía renovable para atender la demanda de energía de familias campesinas en el norte de Santander,» Fundación Universidad de América, Bogotá, 2025.