



## Resultados de un diseño fotovoltaico en el cantón Olmedo-Provincia de Manabí

*Results of a photovoltaic design in the canton Olmedo-Province of Manabí*

*Resultados de um projeto fotovoltaico no cantão Olmedo-Provincia de Manabí*

Gino Joaquín Mieles-Mieles<sup>I</sup>

[gino.mieles@utm.edu.ec](mailto:gino.mieles@utm.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-4528-2211>

Yolanda Llosas-Albuerne<sup>II</sup>

[yolanda.llosas@utm.edu.ec](mailto:yolanda.llosas@utm.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-5713-0565>

Alcira Magdalena Vélez-Quiroz<sup>III</sup>

[alcira.velez@utm.edu.ec](mailto:alcira.velez@utm.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0003-0133-1744>

**Correspondencia:** [gino.mieles@utm.edu.ec](mailto:gino.mieles@utm.edu.ec)

Ciencias Técnicas y Aplicadas  
Artículos de investigación

\***Recibido:** 16 de julio de 2021 \***Aceptado:** 30 de agosto de 2021 \* **Publicado:** 23 de septiembre de 2021

- I. Estudiante de Posgrado de UTM. Maestría Académica con trayectoria de investigación en Electricidad mención Sistemas Eléctricos de Potencia. Ingeniero Eléctrico en Sistema Eléctrico de Potencia. Magíster en Gerencia Educativa. Docente de la Universidad Técnica de Manabí. Experiencia el campo Técnico CNEL ep y Académico en Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.
- II. Ingeniera Eléctrica especialista en Control Automático en 1979 en la Universidad de Oriente, doctorado en Ciencias Técnicas en 1992, Profesora Principal a tiempo completo en el Departamento de Ingeniería Eléctrica y Vicedecana de la carrera de Electrónica y Automatización en la Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.
- III. Docente de la Universidad Técnica de Manabí. Ingeniera Eléctrica en Sistema Eléctrico de Potencia. Magíster en Gerencia Educativa. Estudiante de Doctorado en la Cujae- La Habana, Cuba. Experiencia en el campo Técnico y Académico en Universidad Técnica de Manabí. Con Publicaciones relacionado de la energía con la calidad de la energía en zonas rurales.

## Resumen

En el presente trabajo se analiza el desempeño energético de un sistema fotovoltaico en el cantón Olmedo de la provincia de Manabí. El método básico de la investigación utilizado es deductivo e inductivo porque, se parte de datos e información, que permitió partir de determinadas premisas individuales, para obtener como conclusión un indicio general que permita demostrar la viabilidad de adaptar alternativas energéticas, con el fin de alcanzar un desarrollo coherente y respetando el ambiental.

Con el software PVsyst se determinó la producción anual de energía eléctrica del sistema de 930 Wp conectado a la red, así como las pérdidas por sombras, modificación del ángulo de inclinación y por efecto de la irradiancia y temperatura. También se calcularon los parámetros característicos de la instalación, útiles para establecer perfiles mensuales para la planificación del consumo eléctrico. Los resultados demostraron que la energía anual generada, es equivalente al consumo eléctrico de la localidad durante todos los días y además, constituye una alternativa para la generación de energía, a partir del aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica de esta zona.

**Palabras clave:** Sistema fotovoltaico; fuente renovable de energía; generación de energía; PVsyst.

## Abstract

In the present work, the energy performance of a photovoltaic system in the Olmedo canton of the Manabí province is analyzed. The basic method of research used is deductive and inductive because, it is based on data and information, which allowed starting from certain individual premises, to obtain as a conclusion a general indication that allows demonstrating the viability of adapting energy alternatives, in order to achieve a coherent development and respecting the environment.

With the PVsyst software the annual production of electrical energy of the 930 Wp system connected to the network was determined, as well as the losses due to shadows, modification of the angle of inclination and due to the effect of irradiance and temperature. The characteristic parameters of the installation were also calculated, useful for establishing monthly profiles for the planning of electricity consumption. The results showed that the annual energy generated is equivalent to the electricity consumption of the town every day and also constitutes an alternative for the generation of energy, from the use of photovoltaic solar energy in this area.

**Keywords:** Photovoltaic system; renewable source of energy; energy generation; PVsyst.

## Resumo

No presente trabalho é analisado o desempenho energético de um sistema fotovoltaico no cantão Olmedo da província de Manabí. O método básico de pesquisa utilizado é dedutivo e indutivo porque, é baseado em dados e informações, que permitiram a partir de certas premissas individuais, obter como conclusão uma indicação geral que permite demonstrar a viabilidade de adaptação de alternativas energéticas, a fim de alcançar um desenvolvimento coerente e respeitando o meio ambiente.

Com o software PVsyst foi determinada a produção anual de energia elétrica do sistema de 930 Wp conectado à rede, bem como as perdas por sombras, alteração do ângulo de inclinação e pelo efeito da irradiância e da temperatura. Também foram calculados os parâmetros característicos da instalação, úteis para o estabelecimento de perfis mensais para o planejamento do consumo de energia elétrica. Os resultados mostraram que a energia anual gerada equivale ao consumo de eletricidade da cidade todos os dias e também constitui uma alternativa para a geração de energia, a partir da utilização da energia solar fotovoltaica nesta área.

**Palavras-chave:** Sistema fotovoltaico; fonte renovável de energia; geração de energia; PVsyst.

## Introducción

### Materiales y métodos

El método básico de la investigación es deductivo e inductivo porque, se parte de datos e información, que permitió partir de determinadas premisas individuales, para obtener como conclusión un indicio general que permita demostrar la viabilidad de adaptar alternativas energéticas en el cantón Olmedo, con el fin de alcanzar un desarrollo coherente y respetando el ambiental.

La investigación se apoya en la revisión bibliográfica de diversos artículos científicos, libros y premisas de datos de instituciones públicas del Ecuador, que permiten llegar a conclusiones precisas sobre el caso de estudio.

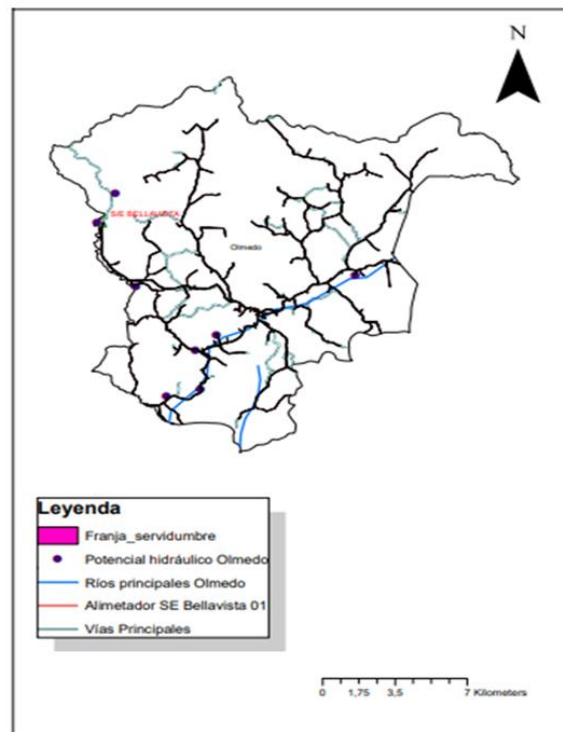
Las conclusiones obtenidas se proyectan en función del diseño propuesto en Software PVsyst, teniendo en cuenta los elementos de la capacidad de calcular valores diarios de radiación solar a partir de mediciones mensuales y de variables meteorológicas y características de equipos espaciales, que intervienen en el medio, para lograr la sostenibilidad de los territorios bajo las

premisas del desarrollo local sostenible, para lo cual resulta importante considerar las acciones que se realicen en el sector energético, enfocadas en fortalecer la resiliencia territorial frente al cambio climático.

### Caso de estudio

Resumen del proyecto		
<b>Sitio geográfico</b> Olmedo Ecuador	<b>Situación</b> Latitud -1.40 °S Longitud -80.21 °W Altitud 48 m Zona horaria UTC-5	<b>Configuración del proyecto</b> Albedo 0.20
<b>Datos meteo</b> Olmedo PVGIS api TMY		
<b>Sistema independiente</b> <b>Orientación campo FV</b> Plano fijo Inclinación/Azimut 5 / 0 °	<b>Sistema independiente con baterías</b> <b>Necesidades del usuario</b> Consumidores domésticos diarios Constante durante el año Promedio 1.8 kWh/Día	
<b>Información del sistema</b> <b>Conjunto FV</b> Núm. de módulos Pnom total	3 unidades 930 Wp	<b>Paquete de baterías</b> Tecnología Plomo-ácido, sellado, Gel Núm. de unidades 60 unidades Voltaje 24 V Capacidad 705 Ah

Figura 1. Mapa del cantón Olmedo



## Software PVsyst

El PVsyst es un software muy versátil de simulación de instalaciones fotovoltaicas. Este posee la capacidad de calcular valores diarios de radiación solar a partir de mediciones mensuales. Contiene todos los subprogramas para el diseño, optimización y simulación de cuatro tipos de sistemas: conectados a red, autónomos, bombeo solar y redes de corriente directa. También incluye una base de datos con un sinnúmero de modelos de módulos fotovoltaicos y modelos de inversores.

Entre las potencialidades de este software se encuentra que permite agregar datos a la base de datos del programa; como son: las variables meteorológicas y características de equipos. Además, provee información sobre las trayectorias solares de la localidad, permitiendo determinar las pérdidas por efecto de sombras cercanas durante todo el año. Brinda un informe detallado del estimado del comportamiento de los módulos, permitiendo realizar de forma fácil y rápida varias simulaciones si se requieren hacer consideraciones que puedan optimizar el funcionamiento del sistema.

## Parámetros generales

Parámetros generales		
<b>Sistema independiente</b>	<b>Sistema independiente con baterías</b>	
<b>Orientación campo FV</b>	<b>Necesidades del usuario</b>	
<b>Orientación</b>	<b>Modelos usados</b>	Consumidores domésticos diarios
Plano fijo	Transposición	Constante durante el año
Inclinación/Azimut	Perez	Promedio
5 / 0 °	Importado	1.8 kWh/Día
	Circunsolar	separado

Características del conjunto FV			
<b>Módulo FV</b>		<b>Batería</b>	
Fabricante	Jinkosolar	Fabricante	Sonnenschein
Modelo	JKM310M-60H-BDVP-Bifacial (Base de datos PVsyst original)	Modelo	Solar S12/27 G5
Unidad Nom. Potencia	310 Wp	Tecnología	Plomo-ácido, sellado, Gel
Número de módulos FV	3 unidades	Núm. de unidades	30 en paralelo x 2 en series
Nominal (STC)	930 Wp	Descarga mín. SOC	20.0 %
Módulos	3 Cadenas x 1 En series	Energía almacenada	13.5 kWh
<b>En cond. de funcionam. (50°C)</b>		<b>Características del paquete de baterías</b>	
Pmpp	846 Wp	Voltaje	24 V
U mpp	30 V	Capacidad nominal	705 Ah (C10)
I mpp	28 A	Temperatura	Fijo 20 °C
<b>Controlador</b>		<b>Control de gestión de la batería</b>	
Fabricante	Isotofon	Comandos de umbral como	Voltaje de batería
Modelo	Isotfel60	Cargando	26.6 / 25.1 V
Tecnología	MP Transistor en serie	SOC corresp.	0.90 / 0.75
Coef. temp.	-5.0 mV/°C/Elem.	Descarga	23.4 / 24.4 V
		SOC corresp.	0.18 / 0.45
<b>Potencia FV total</b>			
Nominal (STC)	1 kWp		
Total	3 módulos		
Área del módulo	5.1 m <sup>2</sup>		
Área celular	4.5 m <sup>2</sup>		

Pérdidas del conjunto								
<b>Factor de pérdida térmica</b>		<b>Pérdidas de cableado CC</b>		<b>Pérdida diodos serie</b>				
Temperatura módulo según irradiancia		Res. conjunto global	18 mΩ	Caída de voltaje	0.7 V			
Uc (const)	20.0 W/m <sup>2</sup> K	Fracción de pérdida	1.5 % en STC	Fracción de pérdida	2.1 % en STC			
Uv (viento)	0.0 W/m <sup>2</sup> K/m/s							
<b>Pérdida de calidad módulo</b>		<b>Pérdidas de desajuste de módulo</b>		<b>Pérdidas de desajuste de cadenas</b>				
Fracción de pérdida	-0.8 %	Fracción de pérdida (Voltaje 100 %)	0.5 %	Fracción de pérdida	0.1 %			
<b>Factor de pérdida IAM</b>		Efecto de incidencia (IAM): Recubrimiento Fresnel AR, n(vidrio)=1.526, n(AR)=1.290						
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000

## Necesidades del usuario

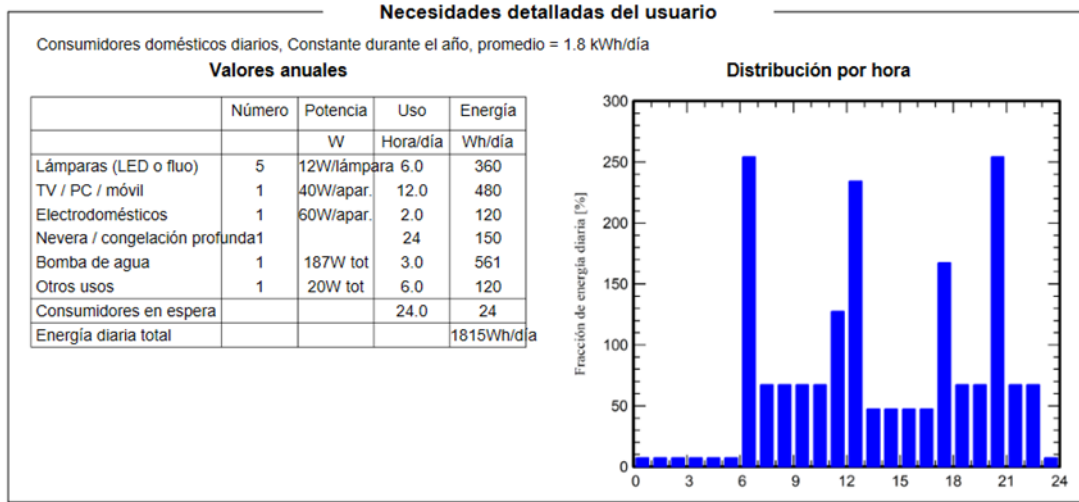
Dentro del análisis realizado al usuario, sobre la potencia requerida para el diseño del sistema podemos determinar que es de 1815 Wh/día como energía diaria total.

Basándonos en la diversidad de cargas las cuales varían la hora/día.

Dentro de la distribución por hora de las cargas tal como podemos observar en la figura 2, podemos ver que hay tres picos que se presentan a lo largo del día es decir de mayor consumo en las horas 6 am, 12 am y 21 pm.

Aquí corresponde hacer una consideración, recordando que es un sistema aislado, en lo concerniente a la nevera debemos colocar un temporizador para que la batería no se descargue rápido.

**Figura 2.** Necesidades detalladas del usuario



## Resultados

### Resultados Obtenidos Mediante la Simulación del Software PVsyst.

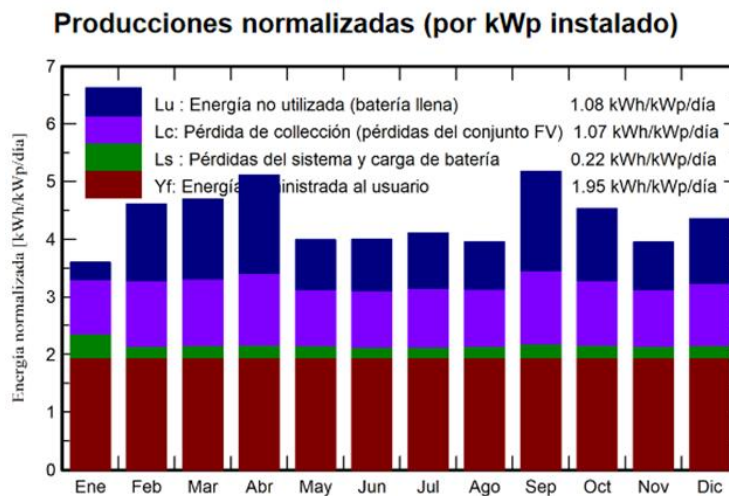
El resumen de los resultados podemos determinar en la tabla siguiente:

**Tabla 1.** Resumen de resultados

Resumen de resultados					
Energía disponible	1106 kWh/año	Producción específica	1190 kWh/kWp/año	Proporción rend. PR	45.05 %
Energía usada	662 kWh/año			Fracción solar (SF)	100.00 %

En el diagrama de barra del software PVsyst que presenta a continuación la siguiente figura 2 podemos identificar los siguientes datos:

**Figura 3.** Producciones normalizadas (por kWp instalado)



Barra de color azul: Se observa la energía no utilizada  $Lu = 1.08 \text{ kWh/kWp/día}$ , la cual no es entregada a las cargas.

Barra de color morada: En ella se presenta las pérdidas de colección (perdidas del conjunto FV)  $LC = 1.07 \text{ kWh/kWp/día}$ .

Barra de color verde: En ella se visualiza las pérdidas del sistema y carga de batería  $LS = 0.22 \text{ kWh/kWp/día}$ .

Barra de color rojo: Se refleja la energía suministrada al usuario  $Yf = 1.95 \text{ kWh/kWp/día}$ .

En la tabla 2, se resumen los balances y resultados principales. El valor más alto de irradiación corresponde al mes de septiembre con un acumulado de  $154,5 \text{ kWh/m}^2$  produciendo  $109,6 \text{ kWh}$  y el valor más discreto corresponde al mes de enero con  $114,2 \text{ kWh/m}^2$  generándose solamente  $76,3 \text{ kWh}$ . La irradiación anual es de  $1580,6 \text{ kWh/m}^2$  con una producción de energía eléctrica inyectada a la red de  $662,48 \text{ kWh}$ .

**Tabla 2.** Balance y resultados principales

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	E_Avail kWh	EUnused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac proporción
Enero	114.2	107.6	76.3	8.38	0.000	56.26	56.26	1.000
Febrero	130.8	125.5	90.4	34.36	0.000	50.82	50.82	1.000
Marzo	145.9	142.1	102.2	39.80	0.000	56.26	56.26	1.000
Abril	151.2	150.1	107.8	47.05	0.000	54.45	54.45	1.000
Mayo	121.1	120.4	86.8	24.73	0.000	56.26	56.26	1.000
Junio	116.3	116.7	84.0	24.52	0.000	54.45	54.45	1.000
Julio	123.8	123.5	89.0	27.40	0.000	56.26	56.26	1.000
Agosto	120.6	118.5	85.4	23.29	0.000	56.26	56.26	1.000
Septiembre	154.5	151.7	109.0	47.91	0.000	54.45	54.45	1.000
Octubre	141.9	136.8	98.3	35.77	0.000	56.26	56.26	1.000
Noviembre	120.9	114.9	82.7	22.67	0.000	54.45	54.45	1.000
Diciembre	139.4	131.3	94.4	32.05	0.000	56.26	56.26	1.000
Año	1580.6	1539.2	1106.4	367.93	0.000	662.48	662.48	1.000

#### Leyendas

GlobHor Irradiación horizontal global

GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados

E\_Avail Energía solar disponible

EUnused Energía no utilizada (batería llena)

E\_Miss Energía faltante

E\_User Energía suministrada al usuario

E\_Load Necesidad energética del usuario (Carga)

SolFrac Fracción solar (EUtilizada / ECarga)

### Proporción de rendimiento

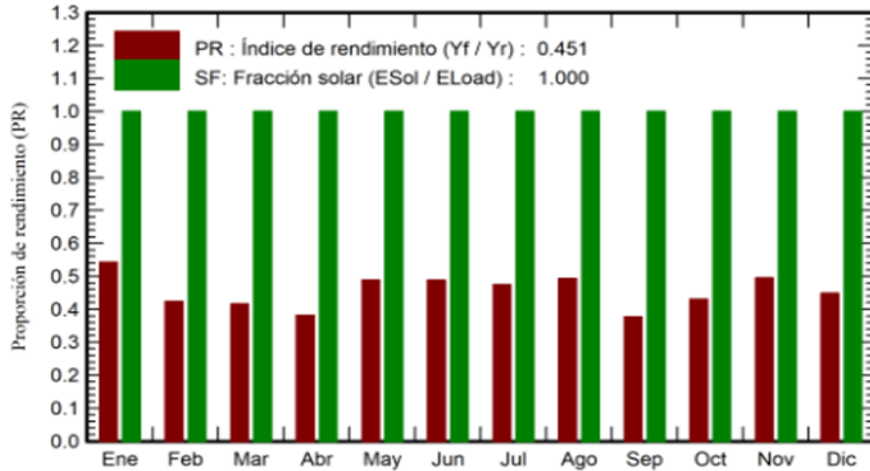
Nótese que en la figura 4 se observa la proporción de rendimiento, el cual se proyecta a continuación el PR de la instalación.

**Barra de color rojo:** se observa la relación entre la energía disponible y el consumo de sistema fotovoltaico. Por medio de los resultados obtenidos se obtiene la eficiencia de los módulos FV de proporción de rendimiento ( $Yf / Yr$ ) es de  $0.451$  y bajo el efecto de la radiación incidente de la



fracción solar Solfrac, se mantiene en el rango del 1,0 %, como producto de un sistema aislado. Los resultados de la tabla 2, permiten establecer perfiles mensuales de generación de electricidad, lo cual favorece la planificación del consumo de energía.

**Figura 4.** Proporción de rendimiento (PR).

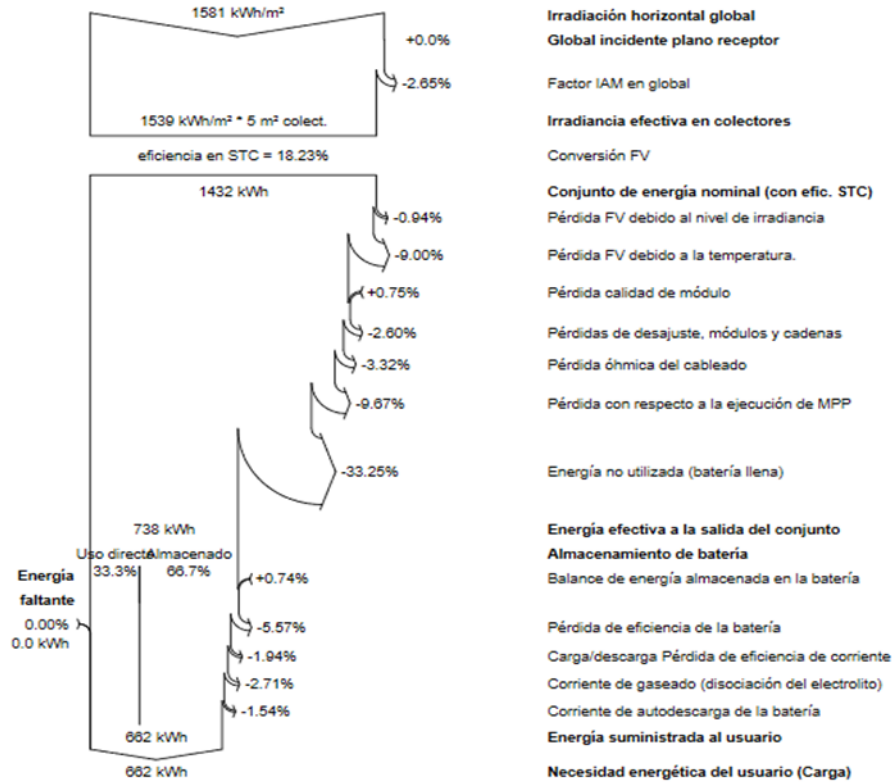


### Diagrama de pérdidas

En la figura 5 se muestran las pérdidas de energía durante todo el año que se dan en el sistema debido a diferentes factores, pérdidas por sombras, pérdidas por temperatura, pérdidas por conversión.

Se obtiene el valor de energía final a la salida del inversor a partir de la irradiación total que incide en el sistema.

Figura 5. Diagrama de pérdida



Son destacables las pérdidas debido al nivel de irradiancia (0,94%), y las pérdidas en el inversor durante el funcionamiento (5,57%).

### Conclusión

Para el desarrollo de este trabajo se utilizó el software computacional PVsyst, donde obtuvimos una metodología para el diseño de un sistema de paneles fotovoltaicos independiente, facilitando un esquema que permite la gestión de un sistema de abastecimiento eléctrico y a su vez sea capaz proveer sustentabilidad energética en el cantón Olmedo de la provincia de Manabí.

El uso del software PVsyst 7.0 para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico aislado ha sido de mucho provecho, pues ayudo a ejecutar el dimensionamiento y diseño del sistema fotovoltaico de manera rápida y práctica, a su vez nos sirvió de gran ayuda para comparar los resultados obtenidos mediante cálculo matemáticos del dimensionamiento.

Dentro de los resultados obtenidos del recurso solar y el rendimiento de la tecnología disponible, se concuerdan afinadamente a estudios previos que se realizaron en su momento en la provincia de Manabí.

## Referencias

1. Aguilar, C., Galarza, L., & Recalde, A. J. R. T. e. (2015). Mejoramiento de la Calidad del Producto Técnico e Impacto en la Utilización de Generación Distribuida con Energías Renovables en una Zona de la provincia de Manabí. 11(1), 92-100 pp. Recuperado de: <http://revistaenergia.cenace.org.ec/index.php/cenace/article/view/76/74>
2. Calero Banchón, M. F. (2015). Análisis de factibilidad de un complejo turístico en el cantón Olmedo, provincia de Manabí. Recuperado de: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/7846/1/TESIS.pdf>
3. Gámez, M. R., Pérez, A. V., & Arauz, M. S. J. M. y. B. d. I. U. d. A. (2017). EJE 06-06 La ordenación territorial y las fuentes renovables de energía. (XVI), 287-292. Recuperado de: <http://201.159.222.81/index.php/memorias/article/view/74/68>
4. Gámez, M. R., Pérez, A. V., Wilber, M., & Guardarrama, J. R. J. R. d. I. e. E., Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT ISSN: -. (2017). El Potencial Solar y la Generación Distribuida en la Provincia de Manabí en el Ecuador. 2(2), 41-45. Recuperado de: <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Riemat/article/view/1143/999>
5. Muñoz-Vizhñay, J. P., Rojas-Moncayo, M. V., & Barreto-Calle, C. R. J. I. (2018). Incentivo a la generación distribuida en el Ecuador. (19), 60-68. doi:<https://doi.org/10.1763/ings.n19.2018.06> Recuperado de: <https://revistas.ups.edu.ec/index.php/ingenius/article/view/19.2018.06>
6. Quiroz, A. M. V. J. R. d. I. e. E., Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT ISSN: -. (2018). Estudio de la Eficiencia de los sistemas fotovoltaicos y su impacto socio económico en la zona rural del Cantón Chone, Manabí, Ecuador. 3(1), 23-29. Recuperado de: <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Riemat/article/view/1420/1500>
7. Pascual (2018), Energías renovables y medio ambiente. su regulación jurídica en Ecuador. Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202016000300024](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202016000300024)
8. Organización de las Naciones Unidas Para el Desarrollo Industrial. (2011). Informe anual. Recuperado de [https://www.unido.org/fileadmin/user\\_media/Publications/Annual\\_Report/2011/ar2011\\_spanishfinal.PDF](https://www.unido.org/fileadmin/user_media/Publications/Annual_Report/2011/ar2011_spanishfinal.PDF)

9. República del Ecuador. (2008). Constitución del Ecuador. Quito: Asamblea Constituyente. Recuperado de [http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitucion\\_de\\_bolsillo.pdf](http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitucion_de_bolsillo.pdf)
10. República del Ecuador. Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2008). Políticas energéticas del Ecuador 2008-2010. Quito: Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.
11. República del Ecuador. Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2014). Plan estratégico institucional 2014-2017. Recuperado de <http://www.energia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/09/PLAN-ESTRAT%C3%89GICO-2.pdf>
12. República del Ecuador. Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2017). Plan Nacional Toda una vida 2017-2021. Quito: SENPLADES. Recuperado de <http://documentos.senplades.gob.ec/Plan%20Nacional%20Buen%20Vivir%202017-2021.pdf>

© 2021 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)