

# Análisis de eficiencia energética de un Sistema Fotovoltaico Aislado (SFA) para una estación de carga

## *(Energy Efficiency Analysis of an Isolated Photovoltaic System (SFA) for a Charging Station)*

Bryam José Tacuri Chávez, Mayra Gabriela Rivas Villa, Santiago Arturo Moscoso Bernal  
Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador  
[bryam.tacuri.63@est.ucacue.edu.ec](mailto:bryam.tacuri.63@est.ucacue.edu.ec), [mayra.rivas.52@est.ucacue.edu.ec](mailto:mayra.rivas.52@est.ucacue.edu.ec), [smoscosob@ucacue.edu.ec](mailto:smoscosob@ucacue.edu.ec)

**Resumen:** La energía renovable nace de fuentes naturales inagotables, por lo que su uso disminuirá la operación excesiva de fuentes no renovables. En Ecuador, por ley se promueve el uso de energías renovables no convencionales. El objetivo del presente trabajo es analizar la eficiencia y factibilidad de un Sistema Fotovoltaico Aislado (SFA) fijo con un SFA móvil. Esto se logró con el uso de: paneles solares, baterías, controladores de carga MPPT, estructuras metálicas, cables, modulo Arduino Uno, transformador y un servomotor MG996R para el control del panel, además se usó PVGIS para realizar la simulación de cada sistema. Como resultado se obtuvo que un SFA móvil, el cual, a nivel energético es más eficiente que un SFA fijo, con un 13 % más de producción. Sin embargo, el costo de implementación no se compensa con la producción obtenida. Por otro lado, comparando un SFA fijo con doble potencia con un SFA móvil y un SFA fijo, a nivel energético es superior, sin embargo, se necesita más espacio para la implementación al contar con dos paneles. En conclusión, un SFA fijo con doble potencia es superior a todos los sistemas anteriormente planteados, puesto que, el costo de implementación se compensa con la cantidad de energía producida.

**Palabras clave:** energías renovables, sistema fotovoltaico, estaciones de carga, dispositivos móviles.

**Abstract:** Renewable energy comes from inexhaustible natural sources, so its use will reduce the excessive operation of non-renewable sources. In Ecuador, the use of non-conventional renewable energies is promoted by law. The objective of this work is to analyze the efficiency and feasibility of a fixed Isolated Photovoltaic System (SFA) with a mobile SFA. This was achieved with the use of: solar panels, batteries, MPPT charge controllers, metal structures, cables, Arduino Uno module, transformer and an MG996R servomotor to control the panel. PVGIS was also used to simulate each system. As a result, a mobile SFA was obtained, which, at an energy level, is more efficient than a fixed SFA, with 13 % more production. However, the implementation cost is not offset by the production obtained. On the other hand, comparing a fixed SFA with double power with a mobile SFA and a fixed SFA, at an energy level it is superior, however, more space is needed for implementation as it has two panels. In conclusion, a fixed SFA with double power is superior to all the previously proposed systems, since the implementation cost is compensated by the amount of energy produced.

**Keywords:** renewable energies, photovoltaic system, charging stations, mobile devices.

## 1. INTRODUCCIÓN

La energía renovable nace de fuentes naturales inagotables, donde su explotación reduciría en enorme medida la sobre explotación de fuentes no renovables. Una de las fuentes de energía más visibles actualmente es la energía solar, lograda por la captación de la radiación electromagnética del sol mediante celdas fotovoltaicas, logrando convertir esa radiación en energía eléctrica [1].

En este sentido, el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, a través de la ley orgánica del servicio público de energía eléctrica, en su artículo 26, promueve el uso de las “energías renovables no convencionales”, mediante tecnologías limpias y energías alternativas, de conformidad con lo señalado en la Constitución que propone desarrollar un sistema eléctrico sostenible, sustentado en el aprovechamiento de los recursos renovables de energía [2].

La zona geográfica del Ecuador en relación al sol se puede considerar óptima, debido que se encuentra sobre la línea equinoccial. En este punto los rayos solares son recibidos de forma perpendicular y en un ángulo definido, todas estas condiciones benefician la utilización de esta fuente de energía [3]. Por esta razón, en tiempos de crisis ambiental, la generación de energía eléctrica usando recursos renovables ha adquirido una trascendencia mayor, y se ha inducido el progreso de diferentes medios de aprovechamiento de estos recursos [4].

En consecuencia, usando el software PVGIS, se analiza tres Sistemas Fotovoltaicos Aislados (SFA); en el primer sistema se utiliza un panel solar de 280 W (SFA fijo); en el segundo sistema se utiliza dos paneles de 280 W (SFA fijo con doble potencia); por último, se utiliza un panel solar de 280W, con la diferencia que se realiza un seguimiento de la posición del sol por parte del panel (SFA móvil). Con la finalidad de realizar la lógica de programación del SFA móvil, se realiza un prototipo, en donde, se utiliza un panel solar de 1 W, el cual, a través de un servomotor y un microcontrolador, realiza el seguimiento al sol. Esto nos permite verificar la funcionalidad del SFA móvil. El proceso de análisis de datos para estimar el SFA más eficiente, se lo realizó a través de tablas, usando modelos matemáticos [5].

Una vez, determinado el SFA más eficiente, se desarrolló una estación de carga equipada con puertos USB, para dispositivos de bajo consumo tales como: celulares, audífonos inalámbricos, implementando el SFA más eficiente. De esta manera se aprovecha la energía del sol emitida a la tierra transformándola en energía eléctrica, promoviendo el uso de energías renovables en la sociedad, ayudando a mitigar la contaminación emitida por fuentes no renovables.

## 2. METODOLOGÍA

El planteamiento de la investigación se basa en un modelo aplicativo en conjunto con un punto de vista cuantitativo, ya que, se compara tres sistemas fotovoltaicos, mediante la construcción y simulación de una estación de carga. Del mismo modo, mediante PVGIS, se analiza la generación obtenida de cada sistema. A partir de los datos obtenidos se realiza la tabulación de los mismos, con la finalidad de verificar que sistema es más eficiente desde un punto de vista energético y económico. En la Figura 1 se observa un esquema ordenado de los pasos seguidos.



**Figura 2.** Diagrama de pasos de la metodología seguida.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1. Estación de carga

**Paneles Solares.** Los paneles solares convierten la energía del sol en energía eléctrica. Su bosquejo es sencillo, bastante eficaz y posibilita el autoconsumo, garantizando la sostenibilidad [6]. En la Figura 2 se observa el panel fotovoltaico incorporado en la estación de carga.



**Figura 3.** Panel solar policristalino de 280 W.

**Batería.** Además, llamada pila o acumulador eléctrico, es un aparato formado por celdas capaces de transformar la energía química en su interior en energía eléctrica. De esta forma, las baterías producen corriente continua y sirve para alimentar diversos circuitos eléctricos, dependiendo de su tamaño y potencia [7]. En la Figura 3 se muestra la batería incorporada en la estación de carga.



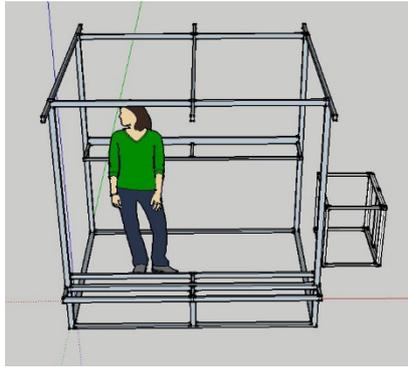
**Figura 4.** Batería de plomo gel 12 V y 200 Ah.

**Controladores de carga MPPT.** Es un convertidor electrónico de CC a CC que optimiza la combinación entre los paneles solares. Permite que un conjunto de paneles tenga un voltaje más alto que el banco de baterías. Esto es relevante para áreas con baja irradiación o durante el invierno con menos horas de luz solar [8]. En la Figura 4 observamos el controlador de carga implementado en la estación de carga.



**Figura 5.** Controladores de carga MPPT de 50 A.

**Estructura metálica.** En la Figura 5 se observa el diseño de la estación de carga realizado en el software Sketchup.



**Figura 6.** Estructura metálica de hierro, Cotas: 2 m de largo por 1,5 m de ancho por 2 m de altura.

**Conductores.** Son usados para la transmisión de corriente que permite hacer conexiones o extensiones de uso rudo aterrizadas para automatización o control industrial. En la Figura 6 se observa la topología del cable usado en las conexiones del sistema.



**Figura 7.** Cable AWG calibre número 14 de 2,5 mm<sup>2</sup>.

**Fuente:** Tomado de [9]

### 3.2. Prototipo SFA móvil

**Arduino Uno.** Arduino (Figura 7) es un módulo electrónico de código abierto que usa el lenguaje de programación C++ [10].



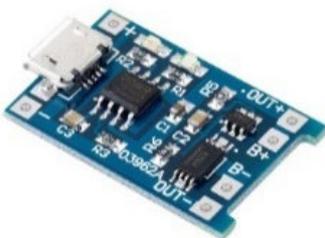
**Figura 8.** Modulo Arduino Uno.

**Panel Solar.** Para el prototipado del SFA móvil se usó el panel que se muestra en la Figura 8 [11].



**Figura 9.** Panel solar de 5 V – 200 mA - 1 W.

**Controlador de Carga.** Cargador de batería Litio Lipo (Figura 9) es módulo perfecto para la carga de baterías Lipo o Li-ion de una celda de 3,7 V 1 Ah [12].



**Figura 10.** Controlador de carga TP4056.

**Transformador.** Regulador de voltaje (Figura 10) de la batería a 3,4 a 5 V.



**Figura 11.** Transformador.

**Batería Recargable.** Acumula la energía generada por el panel fotovoltaico mediante procesos químicos. La batería que se usó para el prototipo se muestra en la Figura 11.



**Figura 12.** Batería recargable de 3,4 V

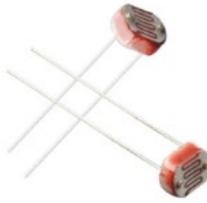
**Servomotor MG996R.** Es un actuador rotativo que permite un control preciso en posición angular, este servomotor (Figura 12) puede rotar de 0° hasta 180° [13].



**Figura 13.** Servomotor MG996R – 4,8 V- torque 10,4 kg.

**Resistores:**

- **LDR:** Es un componente que varía su valor de resistencia eléctrica dependiendo de la cantidad de luz que incide sobre él [11]. Como se demuestra en la Figura 13.



**Figura 14.** LDR.

- **Resistencias:** Son componentes semiconductores su principal función es limitar el paso de la corriente en un circuito eléctrico [15]. A continuación, se representa en la Figura 14.



**Figura 15.** Resistencias de 3 k $\Omega$ .

- **Estructura de Madera.** Se usó una estructura de madera (Figura 15) que permite montar los componentes mencionados anteriormente, para la construcción del prototipo.



**Figura 16.** Estructuras de madera usada en el prototipo.

**A. Dimensionamiento de la estación de carga.** Cabe señalar que la estación de carga se construyó con un SFA fijo. Para el análisis de la eficiencia energética de los tres sistemas anteriormente mencionados, se usó un software de simulación, para posteriormente analizar su comportamiento.

### 1. Diagrama de Bloques

Para comprender el funcionamiento de todas las fases del sistema de carga se realizó un diagrama de bloques presentado en la Figura 16. El proceso consta de cinco etapas. En la primera etapa se calcula la energía demandada, se fijó que la estación este equipada con 8 puertos USB de 5 V/2 A, dos luminarias led de 6 W y una máquina de botella de 10 W, posteriormente se calcula el cuadro de consumos (Tabla 1), donde se indicó el tiempo de uso de cada carga anteriormente mencionadas. Concluidas las dos primeras etapas, se procedió con el dimensionamiento de los equipos (paneles solares, baterías, etc.). A continuación, se modeló la estructura tomando en cuenta las dimensiones de los componentes. Finalmente se conectó todos los componentes y se puso en operación.

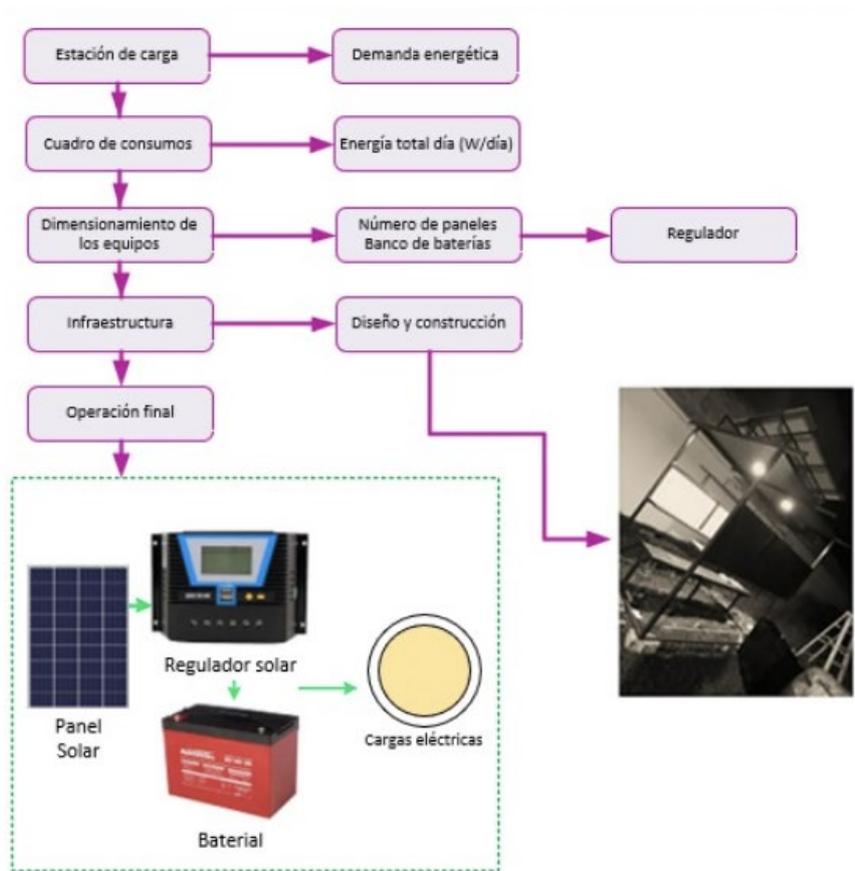


Figura 17. Diagrama de bloques.

## 2. Cuadro de Consumos

Para la construcción del cuadro de consumos se tomó en cuenta la cantidad y potencia de cada carga, de igual manera el tiempo de uso de cada una. Obteniendo como resultado un consumo máximo diario (ver Tabla 1). En este apartado se realiza el cálculo del consumo energético de la estación de carga.

Tabla 1. Consumos totales.

Equipos	Cantidad	Energía Total			
		Consumo C/u (W)	Consumo Total (W)	Uso Diario (h/día)	Consumo Máximo CT (Wh/día)
Luminarias	2,00	6,00	12,00	12,00	144,00
USB	8,00	10,00	80,00	6,00	480,00
Máquina de Botella	1,00	10,00	10,00	6,00	60,00
Energía Total					684,00

## 3. Cálculo del número de paneles

Para realizar el dimensionamiento del panel fotovoltaico partimos de los siguientes datos (ver Tabla 2).

## Datos de panel

**Tabla 2.** Potencia del panel.

Datos	Valor	Unidad
Potencia máxima	280	W
Voltaje máximo pico	31,3	V
Corriente máxima pico	8,95	A

## Datos energéticos

Para obtener los datos energéticos, se tomó en cuenta la zona de ubicación donde se instaló la estación de carga. Para Ecuador, la hora solar pico, la cual se define como: la energía por unidad de superficie que se recibiría con una hipotética irradiancia solar constante de 1000 W/m<sup>2</sup>, es de 4 horas. Este dato sirve para verificar la viabilidad de proyectos fotovoltaicos (ver Tabla 3) [15].

**Tabla 3.** Energía día.

Datos	Valor	Unidad
Energía día	684	Wh/día
Hora solar pico	4	

Para calcular el número de paneles necesario se usó la siguiente fórmula (ver Fórmula 1).

$$\# \text{ paneles} = \frac{\text{Energía día} * 1,3}{\text{Hora solar pico} * \text{Potencia del panel}} \quad (1)$$

Donde se usa un factor de seguridad de 1,3, garantizando la eficiencia del sistema (ver Ecuación 2).

$$\# \text{ paneles} = \frac{684W * 1.3}{4 * 280W} \quad (2)$$

$$\# \text{ paneles} = 0.80$$

De acuerdo con el cálculo obtenido, necesitamos un solo panel fotovoltaico para cumplir con la energía demandada.

## 4. Cálculo de baterías

Para el cálculo de baterías, se toma en cuenta los días de autonomía que brindarán éstas cuando no exista energía proveniente del panel solar. En este caso se optó por dos días de autonomía. Otro factor importante es el factor de descarga de las baterías, esto garantiza que las baterías no se descarguen por completo, lo cual afecta su vida útil. Para realizar el dimensionamiento de la batería partimos de los datos presentados en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Cálculo de la batería.

Datos	Valor	Unidad
Energía día	680	Wh/día
Días de autonomía	2	
Factor de descarga	0,7	
Voltaje del banco	12	V

Generalmente en un SFA, se usan varias baterías que se pueden conectar tanto en serie, paralelo o mixto, formando un banco de baterías. El voltaje de dicho banco depende del voltaje de ingreso del controlador de carga, en este caso es 12 V. Para determinar la capacidad necesaria de la batería para la estación de carga, usamos las siguientes ecuaciones (ver Ecuación 4 y 5).

### Corriente del banco

$$I_{\text{banco}} = \frac{\text{Energía día}}{\text{Voltaje del banco}} \quad (4)$$

$$I_{\text{banco}} = \frac{684\text{Wh/día}}{12\text{V}}$$

$$I_{\text{banco}} = 57\text{Ah}$$

### Banco de baterías

$$\text{Banco} = \frac{\text{Días de autonomía} * I_{\text{banco}}}{\text{Descarga}} \quad (5)$$

$$\text{Banco} = \frac{2 * 57\text{Ah}}{0,7}$$

$$\text{Banco} = 162,85\text{Ah}$$

Para satisfacer las condiciones de la estación de carga, el banco de baterías debe tener una capacidad de 162,58 Ah. De acuerdo con el mercado existe una batería de 200 Ah, por lo que es necesario solo una.

### 5. Cableado en continuidad (C.C)

Para realizar el cálculo del calibre del conductor se utiliza la siguiente fórmula (ver Fórmula 6).

$$S = \frac{2 * I * L}{\sigma * \Delta V} \quad (6)$$

Donde:

S: Sección de cable (mm<sup>2</sup>)

I: Corriente (A)

L: Largo del cable (m)

$\sigma$ : Conductividad (cobre = 59)

$\Delta V$ : Caída de tensión

Para realizar el cálculo del calibre de conductor se utiliza un cuadro en Excel (Tablas 5 y 6).

### Panel a regular la carga

**Tabla 5.** Calibre del conductor.

Cálculo de sección de cables					
Datos del conductor			Sección teórica	Cable a utilizar	
Corriente (A)	Longitud (m)	Caída de tensión (V)	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	AWG
10	2,5	1	0,85	2,5	14

## Regulador de baterías

**Tabla 6.** Calibre del conductor.

Cálculo de sección de cables					
Datos del conductor			Sección teórica	Cable a utilizar	
Corriente (A)	Longitud (m)	Caída de tensión (V)	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	AWG
50	0,5	1	0,85	2,5	14

**B. Cálculos de eficiencia energética – radiación solar.** Se simuló tres SFA, los cuales son:

- **SFA fijo:** Cuenta con un panel solar montado en una estructura fija.
- **SFA móvil:** Cuenta con un panel solar montado en una estructura móvil accionada por un servomotor. Este sistema realiza un seguimiento a la luz solar.
- **SFA doble potencia:** Cuenta con dos paneles solares montado en una estructura fija.

Para realizar la comparación de eficiencia entre sistemas, se usó PVGIS, en donde, se realiza la simulación durante un año de cada uno. A continuación, se presentan los datos obtenidos: En la Tabla 7, se obtuvo la potencia promedio mensual de cada sistema, posteriormente se realizó una comparación de eficiencia en Watios, entre los diferentes SFA, obteniendo un porcentaje de mejora.

**Tabla 7.** Sistema anual.

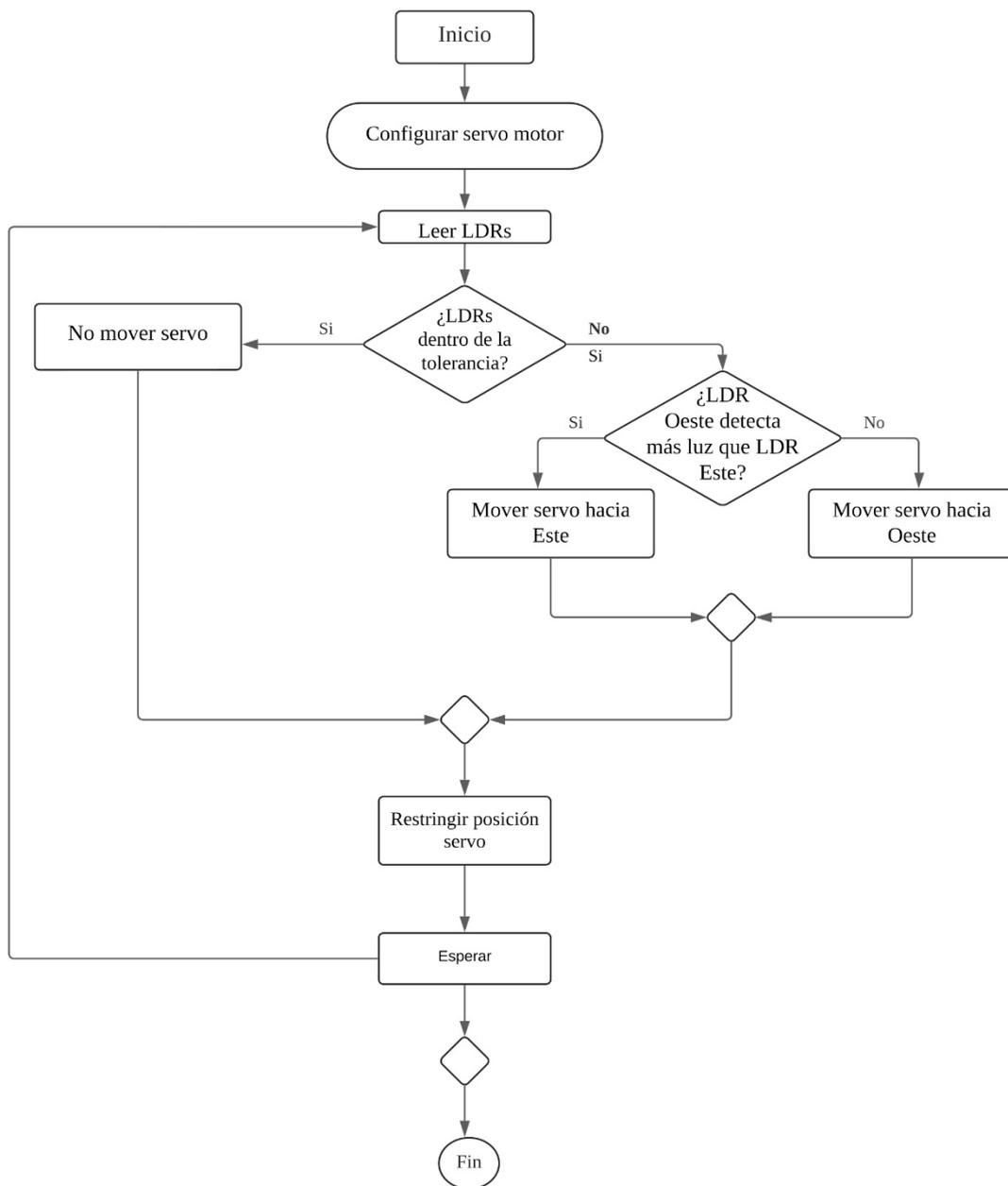
Año 2020 potencial del sistema					
Meses	SFA fijo (W)	SFA móvil (W)	SFA doble (W)	Fijo vs móvil	Fijo vs doble
Enero	81,9552419	94,7808871	163,910618	14 %	50 %
Febrero	81,7187069	91,3197414	163,437155	11 %	50 %
Marzo	78,5860647	86,9943817	156,750457	10 %	50 %
Abril	72,2870278	80,4206944	144,574444	10 %	50 %
Mayo	74,0420968	85,5206183	148,083495	13 %	50 %
Junio	77,1950278	90,4288056	154,389167	15 %	50 %
Julio	79,3325	92,4708065	158,664328	14 %	50 %
Agosto	94,3797312	109,268817	188,759624	14 %	50 %
Septiembre	92,1496667	105,091083	184,2995	12 %	50 %
Octubre	95,2542204	109,602392	190,508495	13 %	50 %
Noviembre	87,3406944	101,645778	174,682333	14 %	50 %
Diciembre	71,5815054	81,9182527	143,16293	13 %	50 %
Promedio anual				13 %	50 %

A continuación, se obtuvo la potencia promedio mensual por metro cuadrado de cada sistema. En la Tabla 8 se realiza una comparación de eficiencia en W/m<sup>2</sup>, entre los diferentes sistemas. De igual manera, se obtiene el porcentaje de mejora entre cada sistema.

**Tabla 8.** Sistema anual.

<b>Año 2020 potencial del sistema</b>					
<b>Meses</b>	<b>SFA fijo (W/m<sup>2</sup>)</b>	<b>SFA móvil (W/m<sup>2</sup>)</b>	<b>SFA doble (W/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Fijo vs móvil</b>	<b>Fijo vs doble</b>
Enero	365,276855	419,571398	365,276855	13 %	0 %
Febrero	364,829971	405,43681	364,829971	13 %	0 %
Marzo	349,061505	384,830833	349,061505	13 %	0 %
Abril	319,923528	353,343333	319,923528	13 %	0 %
Mayo	327,16379	374,313333	327,16379	13 %	0 %
Junio	340,757444	395,318583	340,757444	13 %	0 %
Julio	347,326398	401,072581	347,326398	13 %	0 %
Agosto	415,934086	478,291532	415,934086	13 %	0 %
Septiembre	406,532333	460,024278	406,532333	13 %	0 %
Octubre	421,434704	480,995134	421,434704	13 %	0 %
Noviembre	393,384778	454,869333	393,384778	13 %	0 %
Diciembre	318,320108	361,125511	318,320108	13 %	0 %
Promedio anual				13 %	0 %

**C. Programación del sistema de seguimiento fotovoltaico (prototipo).** Como se mencionó anteriormente, la construcción del prototipo se desarrolló con la finalidad de implementar la lógica de programación, y demostrar su funcionalidad. En la Figura 17 se observa el diagrama de flujo de dicha programación.



**Figura 18.** Diagrama de flujo del sistema de seguimiento fotovoltaico.

#### 4. RESULTADOS

Según la Tabla 7 y Tabla 8, se obtuvo como resultado que un SFA móvil a nivel energético es más eficiente que un SFA fijo, con un incremento promedio de 13 % en la generación de energía tanto en  $W$  como en  $W/m^2$ .

Por otro lado, comparando entre un SFA fijo con un SFA fijo con doble potencia, se obtuvo un incremento de un 50 % de generación de energía en  $W$ , sin embargo, en  $W/m^2$  no hubo un porcentaje de mejora. Considerando que todos los sistemas usan paneles de iguales características.

A partir de esto, se construyó la estación de carga, tal como observa en la Figura 19, en donde, por el espacio disponible no se optó por la implementación del SFA fijo de doble potencia, por lo que, se usó el SFA fijo, satisfaciendo la energía demandada calculada en la Tabla 1.



**Figura 20.** Estación de carga.

### Costos

En cuanto al costo de implementación de cada sistema, se realiza un análisis aproximado con los costos de cada componente que conforma los SFA, existentes en el mercado (ver Tabla 9).

**Tabla 9.** Análisis de costos del sistema.

<b>Diferencia de costos de los tres sistemas</b>	
SFA fijo	\$ 1121,48
SFA Móvil	\$ 1170,38
SFA Doble	\$ 1234,1
Diferencia SFA Fijo vs SFA móvil	\$ 48,9
Diferencia SFA Fijo vs SFA doble	\$ 112,62

## 5. CONCLUSIONES

Una vez realizadas las simulaciones de los tres SFA se realizan las siguientes conclusiones:

- El SFA más eficiente, tanto a nivel energético como económico es el SFA fijo con doble potencia, puesto que, el costo de inversión se compensa con la generación obtenida.
- En Ecuador, los sistemas fotovoltaicos son sumamente factibles, debido a su ubicación geográfica, donde las horas de sol para la zona es de cuatro horas. Esto garantiza eficiencia en estos sistemas.
- La implementación de un SFA móvil para otros países donde no existen condiciones ideales de radiación solar continua, sería factible su instalación. Sin embargo, como anteriormente se mencionó, debido a la ubicación geográfica de Ecuador, no es necesario la instalación de estos sistemas.

**AGRADECIMIENTOS:** Este trabajo ha sido desarrollado en el Laboratorio de Gestión de Calidad Educativa dentro del Centro de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología de la Universidad Católica de Cuenca como parte de los proyectos de investigación formativa en la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Católica de Cuenca. Este trabajo pertenece al proyecto de investigación “INSTALACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO EN EL CENTRO DE HIPOTERAPIA KAWALLU” con código PIFCIV22-22.

## REFERENCIAS

- [1] Ministerio de Energía y Minas, *ECUADOR CONSOLIDA LA PRODUCCIÓN ELÉCTRICA A PARTIR DE FUENTES RENOVABLES*, ene. 2021. Accedido: 27 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.rekursyenergia.gob.ec/ecuador-consolida-la-produccion-electrica-a-partir-de-fuentes-renovables/>
- [2] Agencia de Regulación y Control de Electricidad - Arconel, REGULACIÓN No. ARCONEL-003-18. EMÍTESE LA REGULACIÓN DENOMINADA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA AUTOABASTECIMIENTO DE CONSUMIDORES FINALES DE ENERGÍA ELÉCTRICA, feb. 2019. Accedido: 27 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://vlex.ec/vid/regulacion-no-arconel-003-768642449>
- [3] M. V. Ávila Paredes, E. T. Flores Lazo, J. C. Cobos Torres, y M. S. Alvarez Vera, "PHOTOVOLTAIC SYSTEMS IN SECTORS OF ECUADOR WITH DIFFICULT ACCESS AND/OR WITHOUT ELECTRICITY SERVICE: A STUDY FROM LATIN AMERICAN EXPERIENCES", *Fuentes el Reventón Energético*, vol. 21, n.º 2, pp. 29-44, sept. 2023. [En línea]. Disponible en: 10.18273/revfue.v21n2-2023003.
- [4] A. Cano, P. Arévalo, D. Benavides, y F. Jurado, "Sustainable tramway, techno-economic analysis and environmental effects in an urban public transport. A comparative study", *Sustainable Energy, Grids and Networks*, vol. 26, pp. 100462, jun. 2021. [En línea]. Disponible en: 10.1016/j.segan.2021.100462.
- [5] S. Sivarajeswari, S. N. Hublikar, Y. Kumar, D. Shobana, A. Deepak, y M. Oliva, "Multiple Level Inverter Scheme for Improved Power Quality of Renewable Energy Solar Panel", *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, vol. 12, no. 1s, pp. 98-105, sept. 2023. [En línea]. Disponible en: <https://ijisae.org/index.php/IJISAE/article/view/3398>
- [6] BBVA, "¿Qué son los paneles solares y cuál es su futuro?", BBVA NOTICIAS. Accedido: 7 de junio de 2023. Disponible en: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-son-los-paneles-solares-como-funcionan-y-cual-es-su-futuro/>
- [7] D. Ondarse Álvarez, "Batería - Concepto, tipos de baterías y cómo funcionan", *concepto*, jun. 2021. Accedido: 27 de mayo de 2024. Disponible en: <https://concepto.de/bateria/>
- [8] C. A. Peña Ramos y M. I. Céspedes Gonzales, "Diseño de una estación de carga solar para vehículos eléctricos en centros comerciales", *ENERLAC. Revista de energía de Latinoamérica y el Caribe*, vol. 5, no. 2, pp. 134-155, dic. 2021. [En línea]. Disponible en: <https://enerlac.olade.org/index.php/ENERLAC/article/view/164>
- [9] "CABLE DE COBRE TIPO THW LS DE CAL. 14 AWG 600V. | VIAKON", Euroeléctrica. Accedido: 15 de noviembre de 2023. Disponible en: <https://euroelectrica.com.mx/producto/cable-de-cobre-tipo-thw-ls-de-cal-14-awg-600v-viakon/>

- [10] C. Spiegel, "Diseño de estación solar para carga eléctrica de equipo electrónico", Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2014. [En línea]. Disponible en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2983\\_IN.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2983_IN.pdf)
- [11] C. F. Ramírez. Espinoza, C. Ponce Corral, R. Ñeco Caberta, L. A. García Villalba, y M. M. Hernández Ramos, "Dimensionado de una estación para carga de dispositivos móviles a base de energía solar fotovoltaica", *Cultura Científica y Tecnológica*, no. 59, dic. 2016. [En línea]. Disponible en: <https://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/1468>
- [12] "MÓDULO TP4056 CARGADOR BATERÍAS LITIO CON PROTECCIÓN – Grupo Electrostore". Accedido: 7 de junio de 2023. Disponible en: <https://grupoelectrostore.com/shop/modulos-y-shields/cargadores-para-baterias/modulo-tp4056-5v-micro-usb-1a-cargador-para-baterias-litio-con-proteccion/>
- [13] "SERVOMOTOR TOWER PRO MG996R 13 KG.CM STANDARD 180° – Grupo Electrostore". Accedido: 7 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://grupoelectrostore.com/shop/motores/servomotores/servomotor-tower-pro-mg996r-13-kg-cm-standard-180/>
- [14] Carestia Dario, "*Estación de Carga Solar Autónoma de Vehículos Eléctricos ECSAVE-I*", Instituto de Energía Eléctrica, 2024. Accedido: 27 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://iee-unsjconicet.org/estacioncarga/>
- [15] "¿Cómo calcular una instalación eléctrica de paneles solares?", Electricasas. Accedido: 8 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.electricasas.com/calcular-una-instalacion-electrica-de-paneles-solares/>

Copyright (2023) © Bryam José Tacuri Chávez, Mayra Gabriela Rivas Villa, Santiago Arturo Moscoso Bernal.

Este texto está protegido bajo una licencia internacional Creative Commons 4.0. Usted es libre para compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato. También podrá adaptar: remezclar, transformar y construir sobre el material.

