



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), noviembre-diciembre 2024,
Volumen 8, Número 6.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6

ANÁLISIS COMPARATIVO DE GENERACIÓN ENERGÍA FOTOVOLTAICA ENTRE PANELES SOLARES FIJOS VERSUS PANELES AUTOMATIZADOS

**COMPARATIVE ANALYSIS OF PHOTOVOLTAIC ENERGY
GENERATION BETWEEN FIXED SOLAR PANELS AND
AUTOMATED PANELS**

José Francisco Vargas Sierra
Universidad Autónoma de Honduras

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.15602

Análisis Comparativo de Generación Energía Fotovoltaica entre Paneles Solares Fijos Versus Paneles Automatizados

José Francisco Vargas Sierra¹jose.vargas@unah.edu.hn<https://orcid.org/0009-0003-3425-755X>

Universidad Autónoma de Honduras

Honduras

RESUMEN

Este artículo examina el avance y la integración de la energía solar fotovoltaica en el panorama energético global, destacando la automatización como herramienta clave para la optimización de sistemas fotovoltaicos, mejorando así su eficiencia y la integración en la red. Con la expansión de la adopción de energía solar fotovoltaica, que abarca desde instalaciones urbanas en tejados hasta grandes parques solares, se profundiza en cómo la automatización facilita la adaptación de los sistemas y promueve la generación de energía limpia mediante soluciones innovadoras como los seguidores solares y sistemas de monitoreo avanzados. Se discuten los componentes fundamentales de un sistema fotovoltaico típico, desde módulos fotovoltaicos hasta inversores de red y medidores netos, subrayando su rol en la eficacia del sistema y la calidad de la energía producida. A través de un enfoque metodológico cuantitativo, el estudio analiza la generación fotovoltaica bajo diferentes configuraciones de sistemas, incluyendo paneles fijos y paneles automatizados con movimiento en dos ejes con seguidor solar. Los datos presentados evidencian que la automatización permite una mayor captación solar y eficiencia energética en comparación con los paneles fijos.

Palabras clave: energía fotovoltaica, paneles solares, automatización, eficiencia

¹Autor principal

Correspondencia: jose.vargas@unah.edu.hn

Comparative Analysis of Photovoltaic Energy Generation Between Fixed Solar Panels and Automated Panels

ABSTRACT

This article examines the advancement and integration of photovoltaic solar energy within the global energy landscape, highlighting automation as a key tool for optimizing photovoltaic systems, thereby enhancing their efficiency and grid integration. With the expansion of photovoltaic solar energy adoption, ranging from urban rooftop installations to large solar parks, the study delves into how automation facilitates system adaptation and promotes clean energy generation through innovative solutions such as solar trackers and advanced monitoring systems. The fundamental components of a typical photovoltaic system are discussed, from photovoltaic modules to grid inverters and net meters, emphasizing their role in system efficiency and the quality of the energy produced. Through a quantitative methodological approach, the study analyzes photovoltaic generation under different system configurations, including fixed panels and automated panels with dual-axis solar trackers. The presented data demonstrate that automation allows for greater solar capture and energy efficiency compared to fixed panels.

Keywords: photovoltaics, energy, automation, efficiency

Artículo recibido 21 octubre 2024

Aceptado para publicación: 23 noviembre 2024



INTRODUCCIÓN

Actualmente, en el mundo entero, y sobre todo en los países de desarrollo y en vías de desarrollo como Honduras, cada vez se apuesta por el empleo de la energía solar o fotovoltaica como una alternativa de utilización de energía limpia y renovable. Es decir, como una alternativa energética a partir de una fuente inagotable como lo es el sol, la cual simultáneamente produce un impacto nulo o mínimo en el medioambiente, y, por consiguiente, en el cambio global y cambio climático que experimenta el planeta. Por otra parte, en la enseñanza de los sistemas fotovoltaicos, es útil usar herramientas informáticas de modelado y simulación. La mayoría de los ingenieros eléctricos y electrónicos ya conocen herramientas abiertas de programación y simulación como Pspice o Matlab, que también pueden ser útiles para modelar y simular sistemas fotovoltaicos para obtener el máximo de potencia generada por el sistema (S Silvestre, 2008). Para enfrentar este reto, se busca desarrollar técnicas y soluciones innovadoras. Entre ellas está la automatización y se destacan convertidores de potencia más eficientes, sistemas de almacenamiento de energía y algoritmos de control inteligentes. A su vez, el futuro de la energía solar fotovoltaica en la industria está en marcha. La investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías permitirán aprovechar al máximo este recurso renovable, impulsando un futuro más sostenible (Rodríguez, 2023). La eficiencia energética, definida como la optimización de la energía eléctrica considerando la mínima pérdida de energía para lograrlo, se debe preservar el mismo nivel de funcionamiento de seguridad y prestaciones de una línea de tecnológica (Stochitoiu, 2022). Del mismo modo, la optimización del uso de la energía eléctrica puede facilitarse mediante consideraciones adecuadas de diseño e instalación. Una instalación eléctrica puede proporcionar el nivel de servicio y seguridad requerido con el menor consumo eléctrico posible (IEC, 2019).

En cuanto a las aplicaciones de energía solar en la agricultura, los sistemas de riego presentan una alternativa valiosa, mejorando la eficiencia en el uso del agua y contribuyendo a la producción alimentaria sostenible.

Ejemplos como el proyecto "Riego Por Goteo Generado Con Energía Solar, Proyecto Villa Can" en Honduras demuestran el potencial de estas soluciones para beneficiar a comunidades agrícolas (Aedo, 2020).



En otro contexto, se llevaron a cabo investigaciones en Puerto Pitahaya, Ecuador, que confirman un abundante recurso solar y costos competitivos de inversión en esta tecnología. La madurez de la tecnología solar garantiza una rápida recuperación de la inversión, junto con un suministro eléctrico confiable y una mejora significativa en la eficiencia energética de la producción camaronera (Penzantez, 2021). Además, otro caso es el del municipio de Gachetá, las condiciones naturales de humedad y temperatura son óptimas para la producción de pollo de engorde, eliminando la necesidad de calefacción artificial. El uso de energía solar no solo garantiza un suministro eléctrico más confiable, sino que también reduce las pérdidas debido a cortes en el servicio público. Además, la automatización con energía solar conlleva ahorros significativos en mano de obra, lo que aumenta la rentabilidad. Basándose en estos factores, se concluye que la automatización avícola con energía solar es factible y ventajosa en Gachetá (Garavito, 2018).

La capacidad de energía solar ha crecido rápidamente, de 40 GW en 2010 a 580 GW en 2019, impulsada por sistemas distribuidos en áreas urbanas y tecnología solar más accesible. La proximidad a la demanda y los beneficios ambientales hacen que estos sistemas sean atractivos para las ciudades (IRENA, 2020). El sistema energético está experimentando una descentralización con la aparición de recursos energéticos distribuidos (DER), como tejados solares fotovoltaicos. Aunque la generación de electricidad solar fotovoltaica sigue siendo mayormente centralizada, la generación distribuida, especialmente a través de tejados solares, está creciendo con rapidez, representando actualmente alrededor del 1 % de la generación total (Agency, 2019).

Se han efectuado estudios en varios países que muestran un notable aumento en la generación de energía o radiación captada con la integración de tecnología. En los Estados Unidos, en Boca Ratón, se registró un aumento del 15 % en la generación. En la India, en 8 sitios diferentes, las simulaciones indicaron un incremento de entre el 16 % y el 19 %. (Urdaneta, 2020). Por otra parte, se llevó a cabo otro estudio creando un sistema de seguimiento solar de doble eje para mejorar la eficiencia de la radiación. La estructura es simple, con pocos componentes y seguimiento basado en el método fotoeléctrico. Se observó un aumento del 24,6 % en la energía captada en comparación con paneles estáticos. Este sistema ofrece un ahorro significativo en regiones con alta exposición solar (Shang, 2023).



Paneles solares automatizados

El objetivo de los paneles automatizados (con seguidor solar) es que los rayos solares sean lo más perpendicular a la superficie de los paneles solares, dando como resultado una mayor captación de energía y esto a su vez una mayor producción de energía fotovoltaica. Este sistema tiene como base la naturaleza, en especial el movimiento de los girasoles que buscan la mayor captación de energía solar. Los paneles solares automatizados (seguidor solar) se pueden clasificar según el número de ejes que permiten su movimiento.

Un eje: el panel solar se mueve de arriba hacia abajo.

Dos ejes: además del movimiento de arriba hacia abajo, el panel rota sobre su base.

Tres ejes: a los dos movimientos previos se añade un desplazamiento lateral (movimiento polar).

La Figura 1 muestra la imagen de un sistema de paneles solares con seguimiento solar a un eje.

Figura 1. Paneles solares con seguimiento solar a un eje



Fuente: El panel solar de un eje como movimiento vertical. Adaptado de " ECO- WORTHY ", 2024 (<https://tinyurl.com/28ztw2pz>).

Paneles solares fijos

En los últimos años, la búsqueda de fuentes de energía renovable ha cobrado un impulso notable, situando a la energía solar como una figura destacada en el escenario energético mundial. Aunque

Los paneles solares fijos, a diferencia de los paneles con seguimiento solar, estos están montados sobre estructuras que no tienen ningún movimiento. Por otra parte, es de resaltar que su instalación es más económica que las anteriores. Asimismo, su eficiencia disminuye en periodos de baja irradiación solar.

La Figura 2 muestra la instalación de paneles solares fijos.

Figura 2. Instalación de paneles solares fijos utilizada para la recopilación de datos de generación de energía fotovoltaica



Fuente: elaboración propia, 2023.

Equipo utilizado

- Para la generación de energía se utilizó 8 paneles solares de la marca Peimar SM400M monocristalinos con capacidad de generar 400 kW cada uno.
- Los microinversores utilizados son 2, de la marca APsystems QS1, con capacidad de 1.2 kW.
- Como equipo de comunicación entre los microinversores y los servidores de registro de generación de energía se utilizó ECUAP System.
- En la configuración estarán dos sistemas de 4 paneles SM400M (1600 kW) monocristalinos, cada uno conectado a un microinversor QS1, obteniendo una máxima generación de 1.2 kW. Es de resaltar que, a pesar de que cada sistema tendrá (1600 kW) de acuerdo con la cantidad y capacidad de los paneles solares, la máxima potencia que podrá generar estará brindada por la capacidad del microinversor en este caso específico (1.2 kW). Estos sistemas estarán conectados en paralelo, lo que brindará una mayor potencia. Asimismo, mismo estará conectado al panel directamente (inyección directa).
- Los paneles solares están fijos, montado sobre una estructura de canaleta de acero galvanizado, con orientación hacia el norte, con una inclinación de 15 grados. Este ángulo se calculó utilizando la

aplicación PV Solar de Power System, la cual toma en cuenta la ubicación geográfica del proyecto.

La Figura 2 muestra la instalación de paneles solares fijos del proyecto, de donde se obtuvieron los datos en los cuales hay 8 paneles solares en total, divididos en grupos de 4 paneles.

Planteamiento del problema de investigación

La eficiencia en la generación de La energía fotovoltaica tiene variaciones según la instalación de los paneles solares utilizados, siendo los paneles solares fijos y los paneles con seguidor solar (automatizados) dos de las principales configuraciones utilizadas. Los paneles solares de montaje fijo son los más utilizados en los hogares, así como en una parte de las plantas de generación de energía solar, debido a que es una de las opciones más económicas y simples. Así mismo, existe una oportunidad de mejora al momento de captar la energía debido a que no puede ajustarse al movimiento del sol a lo largo del día. Por otra parte, los paneles automatizados, que incorporan seguidores solares, se orientan de manera ideal hacia el sol para maximizar la captación de energía solar. Este estudio tiene como objetivo comparar la eficiencia en la producción de energía eléctrica entre ambos sistemas de paneles para identificar cuál de ellos ofrece un mayor rendimiento.

Esta investigación proporcionará información valiosa que ayudará a evaluar preliminarmente una inversión adicional que automatice los paneles solares; esta se verá justificada por un aumento de generación de energía fotovoltaica. Es de resaltar que este problema obtiene su gran relevancia por la alta demanda de fuentes de energía renovable que ofrezcan una mayor generación de energía. Aunado a esta investigación, se debe de llevar a cabo un estudio de factibilidad financiera que evaluará ambos casos con el fin de determinar su viabilidad financiera.

A medida que se enfrentan los desafíos del cambio climático y se buscan alternativas a los combustibles fósiles, la energía solar emerge como un actor clave en el panorama energético global. Los gobiernos, empresas y hogares recurren cada vez más a la energía solar para satisfacer sus necesidades energéticas; por otra parte, la energía solar reduce las emisiones de carbono; así mismo, el potencial de la energía solar es ilimitado (ENIUM, 2024). El cambio climático es un desafío mundial que impactará gravemente a las regiones menos desarrolladas. Para mitigar estos efectos y aprovechar al máximo el potencial de estas áreas, es fundamental implementar sistemas de energía renovable que sean sostenibles e innovadores, especialmente frente al aumento de la demanda energética y el crecimiento de la



población. Actualmente, existe una fuerte dependencia de los combustibles fósiles, lo que hace imprescindible tomar medidas urgentes para garantizar la seguridad y expansión energética (Igedibor Ingo et al., 2024). La oposición a las plantas de carbón y nucleares impulsa la adopción de energías renovables, disponibilidad de subsidios y apoyo. Muchos gobiernos ofrecen subsidios y exenciones fiscales para incentivar el uso de energía solar y reducción de costos. La competencia en el mercado solar está llevando a una reducción continua de los costos tecnológicos (Guangul & Chala, 2019). En Honduras, al igual que muchos otros países, cuenta con empresas y profesionales capacitados para la generación de energía fotovoltaica con seguimiento solar. El problema de investigación se centra en la generación de energía fotovoltaica a través de un análisis comparativo entre paneles solares fijos y paneles automatizados, comparando la diferencia entre ambos sistemas.

METODOLOGÍA

El estudio se desarrolló desde el enfoque cuantitativo y diseño no experimental, transversal, debido a que se recopilaban datos en un periodo de tiempo determinado con un alcance descriptivo e inferencial. En cuanto a las variables o aspectos que se tomaron en cuenta en la investigación, resaltan: a) generación fotovoltaica generada y, b) tiempo en el que se generó.

La recopilación de los datos sobre la generación mensual de energía fotovoltaica expresada en kW (Kilowatt) se realizó a partir del mes de febrero del 2023 a febrero del 2024 para un total de 12 meses. Los datos fueron recopilados de un sistema de paneles fijos de una casa de habitación ubicado en la ciudad de Tegucigalpa, capital de Honduras.

La recolección de los datos se realizó mediante el sistema de Control de Unidad de Energía, por sus siglas en inglés (ECU),² el cual sirve de conexión entre los paneles solares y servidores de la compañía AP Systems³. Los servidores que registrarán y guardarán la generación de energía fotovoltaica diaria, cuyos valores registrados se obtienen en formato Excel, para finalmente exportarlos al Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales por sus siglas en inglés (SPSS). En el caso, de los paneles automatizados para calcular la generación de la energía fotovoltaica del sistema se simuló utilizando un

² Es una unidad de control de energía diseñada para optimizar la gestión y el rendimiento de los sistemas fotovoltaicos. Este componente es esencial para monitorear y controlar el funcionamiento de los paneles solares y los microinversores asociados. El sistema ECU sirve de conexión entre los paneles solares y servidores AP Systems.

³ AP Systems es una empresa global especializada en soluciones avanzadas de tecnología solar, particularmente en el diseño y fabricación de microinversores y sistemas de gestión de energía para instalaciones fotovoltaicas

sistema de seguimiento solar a dos ejes por medio del software libre PVGIS-5⁴, utilizando como referencia las mismas condiciones geográficas en las que se encuentra los paneles fijos.

Para el análisis de los datos se utilizará el programa estadístico SPSS con el fin de llevarlo a un nivel descriptivo e inferencial. En la parte de la estadística descriptiva se determinará medida representativa, así como la concentración de estos de la generación en el caso de que existiera. Por otro lado, se llevarán a cabo pruebas diagnósticas de distribuciones de los datos del sistema automatizado y con el sistema sin automatizarlo. Además, de acuerdo con los datos obtenidos, se realizará inferencia estadística para probar la hipótesis de que la diferencia de media mensual es diferente acerca de la producción media de energía fotovoltaica generada por paneles automatizados en comparación con paneles fijos. Por otro lado, se efectuaron pruebas de hipótesis para valores específicos utilizando estadística paramétrica.

El tamaño de la muestra es la recopilación de 12 meses de energía generada por paneles solares fijos, lo cual es significativo debido a que la generación de energía tiene sus variaciones de acuerdo con los meses del año. En el caso de los paneles automatizados, se simuló la misma cantidad de meses.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de la estadística Descriptiva

En la **Tabla 1** se presentan las medidas de tendencia central de los datos. Es de resaltar que la media de energía generada en el sistema automatizado (440 kW al mes) su valor es mayor al sistema sin automatizar (333 kW). La energía generada en el sistema sin automatizar se puede observar una curtosis positiva, lo cual muestra una concentración de los datos en el caso del rango de generación sin automatizar. Por otra parte, utilizando un intervalo de confianza de un 95 %, la generación de energía mensual está entre 297 kW y 369 kW. En el caso del sistema automatizado, está seguro de que la generación estará entre 369 kW y 467 kW con intervalo del 95 %. Las medidas de tendencia central muestran consistencia en los datos para ambos sistemas. En el caso específico de la curtosis muestra una concentración de datos en el caso de los paneles fijos (0.044), caso contrario en los paneles automatizados cuya curtosis es negativa (-0.326). Sus datos están ligeramente dispersos.

⁴ Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica versión 5, por sus siglas en inglés (Photovoltaic Geographical Information System, versión 5) es una herramienta en línea desarrollada por el Centro Común de Investigación de la Comisión Europea. Está diseñada para evaluar el rendimiento de sistemas solares fotovoltaicos (PV) en cualquier ubicación del mundo. Esta versión avanzada de PVGIS proporciona datos y modelos para ayudar a los usuarios a calcular la cantidad de energía solar que puede ser generada por sistemas fotovoltaicos en ubicaciones específicas.

Tabla 1 Datos estadísticos de generación solar

Descriptivo	Estadístico Sin automatizar kW	Automatizado kW
Media	333.6244	440.0917
Límite inferior IC 95 %	297.5802	412.5198
Límite superior IC 95 %	369.6687	467.6635
Media recortada al 5 %	335.1488	439.5963
Mediana	325.8767	454
Varianza	3218.239	1883.123
Desviación estándar	56.72952	43.39496
Mínimo	219.45	367.7
Máximo	420.37	521.4
Rango	200.92	153.7
Amplitud Inter cuartil	78.06	61.98
Asimetría	-0.28	0.053
Curtosis	0.044	-0.326

Estimadores robustos centrales

La Tabla 2 ilustra los estimadores robustos centrales que brindan una media más representativa de los datos debido a que su algoritmo de cálculo elimina los datos extremos. Como se puede observar en ambos casos, las medias calculadas por estos estimadores se aproximan a la media tanto a los datos de la energía generada con paneles fijos como los paneles automatizados.

Tabla 2 Estimadores Robustos Centrales

Estatus de generación	Estimador-M de Huber ^a	Biponderado de Tukey ^b	Estimador-M de Hampel ^c	Onda de Andrews ^d
Sin automatizar	332.9825	335.9989	334.6449	336.0331
Automatizado	440.021	440.3629	439.2376	440.3831

a. La constante de ponderación es 1.339.

b. La constante de ponderación es 4.685.

c. Las constantes de ponderación son 1.700, 3.400 y 8.500.

d. La constante de ponderación es $1.340 \cdot \pi$.

Concentración de los datos

El análisis descriptivo de la generación de energía solar mensual generada con paneles fijos y paneles automatizados se presentan a continuación

En la Figura 3 se presenta la generación de energía mensual de paneles fijos. Los datos se concentran entre 290 kW y 380 kW al mes, como se observa en la gráfica de tallo y hoja.

Figura 3. Generación de energía con paneles fijos

Frecuencia	Tallo y Hoja
1.00	2. 1
2.00	2. 99
4.00	3. 0014
3.00	3. 668
2.00	4. 02

Ancho del tallo:100

La Figura 4 representa la generación de energía mensual de paneles automatizados (simulado a dos ejes). Se encuentran concentrados los datos entre 400 kW y 470 kW.

Figura 4. Generación de energía automatizando el sistema

Frecuencia	Tallo y Hoja
2.00	3. 69
3.00	4. 001
6.00	4. 555667
1.00	5. 2

Ancho del tallo:100

Normalidad de los datos

La Tabla 3 presenta las pruebas de hipótesis para la generación de energía con el sistema de paneles automatizados como la generada con el sistema de paneles fijos (simulada).

Tabla 3 Matriz de prueba de hipótesis de la normalidad de los Datos

Paneles fijos	Paneles automatizados
Ho=Los datos normales	Ho=Los datos normales
Ha=Los datos no son normales	Ha=Los datos no son normales

La Tabla 4 presenta los resultados de las pruebas de normalidad para la generación de energía con el sistema de paneles automatizados y paneles fijos como la significancia (Sig) >0.05, en ambos casos, por lo tanto, los datos tienen una distribución normal en consecuencia se utilizara estadística paramétrica.

Tabla 4 Pruebas de normalidad

Hipótesis	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Sin automatizar	0.158	12	.200*	0.954	12	0.699
Automatizado	0.207	12	0.164	0.958	12	0.761

* Este es un límite inferior de la significación verdadera.

Prueba de igualdad de varianzas

H0: S^2 Paneles fijos= S^2 Paneles automatizados $\rightarrow$ las varianzas son iguales

Ha: S^2 Paneles fijos $\neq$ S^2 Paneles automatizados $\rightarrow$ las varianzas no son iguales

De acuerdo con los resultados de la Tabla 5 de igualdad de varianzas, la significancia es mayor que 0.05 (Sig>0.05). Se asume que las varianzas son iguales

Prueba de hipótesis de dos muestras independientes

En vista que los resultados de datos son datos normales y de acuerdo con la prueba estadística de igualdad de varianzas (varianzas iguales), se utilizó una prueba de Hipótesis para muestras independientes para comprobar si existía diferencia significativa entre las medidas obtenidas tanto en el sistema de paneles automatizados como paneles fijos automatizar para lo cual se utilizó un nivel de significancia del 5 %.

A continuación, se presentan las pruebas de hipótesis:

$H_0 = \mu_{\text{paneles fijos}} = \mu_{\text{paneles automatizados}}$

$H_a \neq \mu_{\text{paneles fijos}} \neq \mu_{\text{paneles automatizados}}$

La Tabla 5 presenta los resultados de la prueba de hipótesis, debido a que la significancia bilateral es menor que 0.05 (Sig<0.05) se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa en donde se puede concluir que existe una diferencia significativa tanto en el sistema de paneles fijos como en el sistema de paneles automatizados.

Tabla 5 Pruebas de dos muestras independientes con distribución normal

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias							95 % Intervalo de confianza para la diferencia	
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia			Inferior	Superior
Se han asumido varianzas iguales	0.858	0.364	-5.164	22	0	-106.46722	20.61828	-	-	149.2269	63.70753
No se han asumido varianzas iguales			-5.164	20.59	0	-106.46722	20.61828	-	-	149.3974	63.53707

Prueba de Hipótesis para paneles fijos

La energía generada mensualmente es mayor o igual a 500 kW en paneles solares fijos

$$H_0 \geq 500 \text{ kW}$$

$$H_a < 500 \text{ kW}$$

De acuerdo con los resultados obtenidos en la Tabla 6 para paneles fijos, con un alfa (α) del 5 % se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_a), en otras palabras, la energía promedio mensual generadas por paneles automatizados es menor a 500 kW debido a que la significancia es menor a 0.05, $\frac{Sig}{2} < 0.05$ ($\frac{0.001}{2} < 0.05$).

Tabla 6 Comparación de energía generada por paneles fijos y paneles automatizados

Tipo de panel	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Inferior	Superior
Paneles fijos	-10.159	11	0	-166.37556	-202.4198	-130.3313
Paneles automatizados	-4.782	11	0.001	-59.90833	-87.4802	-32.3365

Prueba de hipótesis para paneles automatizados

La energía mensual promedio generada es mayor o igual a 500 kW en paneles automatizados

$$H_0 \geq 500 \text{ kW}$$



Ha <500 kW

De acuerdo con los resultados obtenidos en la Tabla 6 para paneles automatizados, con un alfa (α) del 5 % se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_a), en otras palabras, la energía promedio mensual generada por paneles automatizados es menor a 500 kW debido a que la significancia es menor a 0.05, $\frac{Sig}{2} < 0.05$ ($\frac{0.001}{2} < 0.05$).

La Tabla 7 compara la generación anual del sistema paneles fijos y el sistema de paneles automatizados utilizando un sistema de seguimiento a dos ejes.

Tabla 7 Comparación de Energía Producida y la Simulada

Sin automatizar	Automatizada	Diferencia	%
5281.1	4003.49	1277.61	31.91

Como se muestra, existe un aumento de un 31 % al automatizar la generación de energía fotovoltaica con seguidor solar (movimiento vertical y rotacional). De acuerdo con todo lo anterior, se puede concluir que hay un aumento significativo en la generación de energía por medio de la automatización.

CONCLUSIONES

Es de resaltar que la generación con paneles automatizados (seguidor solar con dos ejes) se generó simulando, utilizando la misma ubicación geográfica, así como su altitud que se utilizó en la generación de paneles fijos con el fin de realizar una comparación equitativa entre ambos tipos de generación.

Existe una diferencia significativa entre las medidas obtenidas tanto en el sistema de paneles automatizados como paneles fijos.

En la estadística descriptiva, se observa una consistencia de datos en ambas muestras. En el caso de los paneles fijos, la media de energía generada es de 336 kW, lo cual es menor que la media de 440 kW obtenida con los paneles automatizados. Los valores calculados para las medias son bastante aproximados en comparación con los estimadores robustos centrales en ambos casos, lo que indica consistencia.

Los meses de máxima generación en el sistema sin automatizar son de 420 kW correspondientes al mes de abril, en el caso del sistema automatizado es el mes de marzo con 521.4 kW.

Es de resaltar que existe un aumento aproximadamente de un 31.91 % en la generación de energía fotovoltaica por medio de los paneles automatizados en comparación a los paneles fijos.

La generación mensual de energía fotovoltaica en paneles fijos se concentra entre 290 kW y 380 kW, mientras que en los paneles automatizados el rango es mayor, situándose entre 400 kW y 470 kW.

El promedio mensual generado tanto para paneles fijos como para paneles automatizados será menor a 500 kW, de acuerdo con las pruebas de hipótesis generadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Igedibor Ingo, T., Gyoh, L., Sheng, Y., Kemal Kaymak, M., Duran Sahin, A., & Pouran, H. M. (30 de Marzo de 2024). Atmosphere. *Accelerating the Low-Carbon Energy Transition in Sub-Saharan Africa through Floating Photovoltaic Solar Farms*. <https://tinyurl.com/25nhqm6l>

Aedo, M. (2020). *Enfoque nexo en Centroamérica*.

Agency, I. I. (2019). *Panorama de la innovación para un futuro impulsado por las energías renovables: soluciones para integrarlas*. Abu Dhabi.

ECO-WORTHY. (2024). Panel solar de un eje. <https://tinyurl.com/28ztw2pz>

ENIUM. (5 de Febrero de 2024). Solar Energy in 2024. *As we navigate the challenges of climate change and seek alternatives to fossil fuels, solar energy continues to emerge as a key player in the global energy landscape*. <https://tinyurl.com/2a7z2h7r>

Garavito, B. (2018). Feasibility Study for the Design of an Automated System for Poultry Production Fedded with Solar. Colombia.

Guangul, F. M., & Chala, G. T. (Enero de 2019). Solar Energy as Renewable Energy Source: SWOT Analysis. *IEEE*.

IEC. (2019). Norma Internacional CEI 60364-8-1.

IRENA. (2020). *Auge de las energías renovables en las ciudades*.

Penzantez, J. P. (2021). *Integración de sistemas solares fotovoltaicos en el sector camaronero*. Ecuador
.Rodríguez, V. A. (2023). Impact of Automation on Enhancing Energy Quality in Grid Connected Photovoltaic Systems.

S Silvestre. (2008). Herramientas de Simulación para Sistemas Fotovoltaicos de Ingeniería. Barcelona, España.



Shang, H. (2023). Design and Implementation of a dual Axis Solar.

Stochitoiu, M. D. (2022). Aspectos de la eficiencia energética en las instalaciones eléctricas.

Urdaneta, L. G. (2020). Sistemas de ajuste manual de inclinación de paneles fotovoltaicos y de seguimiento automático horizontal de un eje.

