

# Análisis de la influencia del azimut y ángulo de inclinación en centrales fotovoltaicas de Cuba

## *Analysis of the influence of azimuth and tilt angle in photovoltaic power plants in Cuba*

Javier Valladares Aguilera<sup>I</sup>, Oscar Nieto Martos<sup>II</sup>, Eliani Martínez Castillo<sup>II</sup>, Ariel Santos Fuentefría<sup>II,\*</sup>

<sup>I</sup>Empresa de Ingeniería y Proyectos de Electricidad (INEL). Cuba

<sup>II</sup>Universidad Tecnológica de La Habana “José A. Echeverría”, Cujae. Cuba

\*Autor de correspondencia: [asfuentefria@electrica.cujae.edu.cu](mailto:asfuentefria@electrica.cujae.edu.cu)

Recibido: 2 de diciembre del 2022

Aprobado: 22 de febrero del 2023

Este documento posee una [licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) 

### RESUMEN/ ABSTRACT

En este trabajo se analizó cómo influye el ángulo de inclinación y el azimut en la generación de una central fotovoltaica. Se analizaron las centrales pertenecientes al programa de 100 MW, constituido por 30 plantas fotovoltaicas distribuidas en Cuba. Primero, se simuló las centrales con su diseño actual y se compararon los resultados con las mediciones obtenidas en cada central. La comparación permitió validar las simulaciones, donde la diferencia se mantuvo por debajo del 10 %, en la mayoría de los casos. El siguiente paso fue que se analizaron diferentes ángulos de inclinación y una orientación este-oeste. Los resultados se compararon con estudios realizados en otras partes del mundo, donde se propone que el ángulo de inclinación y la orientación este-oeste como una nueva solución para aumentar la energía producida por una central fotovoltaica, teniendo en cuenta la posición geográfica, condiciones climáticas y el valor de inversión o costo de la planta.

**Palabras clave:** ángulo de inclinación, azimut, orientación este-oeste, energía, central fotovoltaica.

*This paper, it was analyzed how the angle of inclination and the azimuth influence the generation of a photovoltaic plant. The plants belonging to the 100 MW program, consisting of 30 photovoltaic plants distributed in Cuba, were analyzed. First, the plants with their current design were simulated and the results were compared with the measurements obtained in each plant. The comparison allowed validating the simulations, where the difference remained below 10%, in most cases. The next step was that different angles of inclination and an east-west orientation were analyzed. The results were compared with studies carried out in other parts of the world, where it is proposed that the angle of inclination and the east-west orientation as a new solution to increase the energy produced by a photovoltaic power plant, taking into account the geographical position, climatic conditions and the investment value or cost of the plant.*

**Keywords:** tilt angle, azimuth, east-west orientation, energy, photovoltaic power plant.

### INTRODUCCIÓN

El desarrollo de cualquier país está estrechamente vinculado al desarrollo del sector energético. En muchos países la generación base está constituida, fundamentalmente, por plantas de combustibles fósiles y sus derivados. El uso excesivo de las fuentes convencionales a lo largo de los años ha provocado una gran contaminación ambiental, motivo por el cual se ha impulsado el uso de las fuentes renovables de energía (FRE). Una de las FRE más utilizada ha sido la energía solar, no solo en países con condiciones favorables desde el punto de vista climatológico, sino también, otros, donde la radiación solar no es elevada. Alemania, por ejemplo, a pesar de contar con poca radiación, es el país con más instalaciones solares de toda Europa, con alrededor del 62% de toda la potencia solar instalada en el continente [1].

Cómo citar este artículo:

Javier Valladares Aguilera, et al. Análisis de la influencia del azimut y ángulo de inclinación en centrales fotovoltaicas de Cuba. Ingeniería Energética. 2023. 44(1), enero/abril. ISSN: 1815-5901.

Sitio de la revista: <https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/index>

En la figura 1, se observa el crecimiento de la energía solar fotovoltaica instalada entre los años 2000 y 2020 [2].

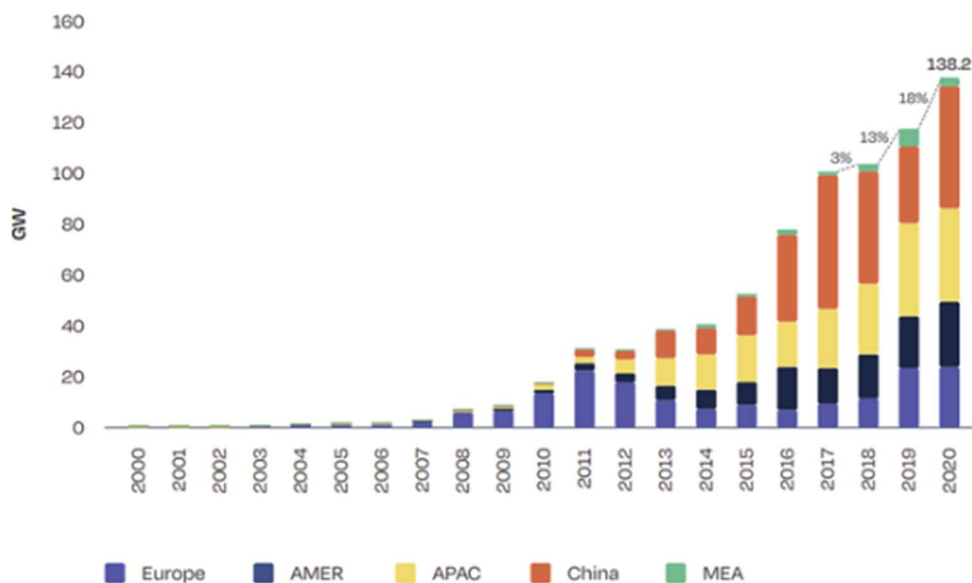


Fig. 1. Crecimiento mundial de la energía solar fotovoltaica instalada entre los años 2000 y 2020  
Fuente. (La energía solar registró en 2020 138,2 GW de instalaciones en el mundo, 2021)

Como parte de una política de Estado y de su plan de desarrollo hacia 2030, Cuba ha aumentado las previsiones sobre el papel de las FRE en su matriz energética actual y futura. Con el desarrollo de un programa nacional e inversiones para impulsar el uso de las FRE se investiga y se trabaja en proyectos relacionados con bioeléctricas [3], parques eólicos [4], y tecnología solar fotovoltaica [5], pero también en otros campos, como edificios inteligentes [6] y vehículos eléctricos [7]. Hoy, el 95% de la matriz energética nacional se compone de combustibles fósiles [8]. La política para el desarrollo prospectivo de las FRE y el uso eficiente de la energía hasta 2030, aprobada por el Consejo de Ministros en 2014, y el Decreto Ley No. 345, “Del desarrollo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía”, en vigor desde finales de 2019, han trazado el camino y establecido vías, objetivos y regulaciones para que la balanza se vaya inclinando paulatinamente hacia las FRE [8].

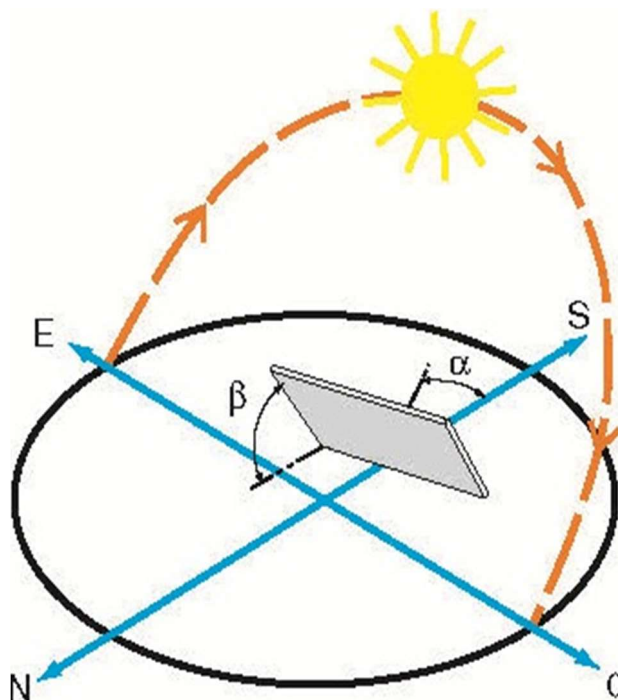
Existen factores que pueden modificar el aprovechamiento de la energía solar. Aunque el costo por kWh ha disminuido en los últimos años [9], el coste inicial todavía puede ser elevado; requiere de grandes áreas para poder producir grandes cantidades de energía [10], puede tener variaciones importantes en la potencia entregada a la red, aunque esto último puede evitarse mediante el almacenamiento de energía [11], esto encarecería el proyecto. Otros factores a tener en cuenta son las condiciones climáticas, como el excesivo calor, la humedad o períodos de lluvias, nubes y niebla [12], que pueden afectar negativamente a su rendimiento y a la entrega de energía a la red. Estos efectos pueden reducirse si en la etapa de diseño se seleccionan valores adecuados de ángulo de inclinación y azimut, en la literatura se encuentra varios trabajos donde se observa la influencia de ambos factores [1, 13]. En el presente trabajo se investiga cómo influye el ángulo de inclinación y azimut en los paneles solares, y como se refleja en la generación de electricidad de una central fotovoltaica. Para el estudio, se tomaron 30 centrales fotovoltaicas a lo largo del país, pertenecientes al programa de 100 MW.

## MÉTODOS

Como ya se ha mencionado, la orientación de los paneles fotovoltaicos y el ángulo de incidencia tienen un gran impacto en la energía entregada por las centrales fotovoltaicas. Cuanto mejor sea la ubicación, orientación y ángulo de inclinación de los paneles solares, mayor será la energía entregada y, por lo tanto, mayores serán los beneficios de ahorro en costos de electricidad, combustible y reducción de emisiones. Cuba se caracteriza por tener una radiación solar promedio de más de 5 kWh/m<sup>2</sup> /día, por lo que al año se tiene por cada m<sup>2</sup> de superficie 1 825 kWh/m<sup>2</sup>, con una variabilidad aproximada de ± 10 % a lo largo y ancho de la isla, aspecto muy positivo, a diferencia de otras latitudes mayores. La componente directa de la radiación está entre un 65 % y 80 %, siendo la componente difusa relativamente alta, lo que enriquece el espectro solar en las longitudes de onda del azul [1]. “En el territorio cubano, con un poco más de 110 mil kilómetros cuadrados (sin contar los mares adyacentes), se recibe una radiación solar equivalente a 50 millones de toneladas de petróleo cada día, con un valor energético mayor que todo el petróleo que se consume durante cinco años; ya que se recibe 1 800 veces más energía solar que el petróleo que consume” [1].

Por las condiciones climatológicas del territorio, su ubicación y características, es frecuente que en las tardes exista una mayor probabilidad de nublados con relación a las horas de la mañana, lo que provoca una disminución de la incidencia solar en horas de la tarde. Aun así, y debido al valor de la irradiación solar, Cuba cuenta con un alto potencial para la explotación de esta fuente renovable [1].

En figura 2, se observa que la orientación óptima será un valor constante, con una inclinación ( $\beta$ ), que va a depender de la latitud  $\varphi$  del lugar y un acimut ( $\alpha$ ), que depende del hemisferio en el que está situado el generador. Si se quiere maximizar la captación de energía solar, la superficie tendrá que estar orientada hacia el Sur y por lo tanto el ángulo de acimut ( $\alpha$ ), debe ser nulo. El acimut óptimo para que una superficie fija reciba la mayor cantidad posible de energía solar debe ser cero ( $\alpha = 0^\circ$ ), según [14].



**Fig. 2.** Superficie situada en el hemisferio norte, donde el Sol sigue una trayectoria Este-Sur-Oeste  
Fuente: (Cálculo instalación fotovoltaica aislada de la red, 2012)

Para determinar la inclinación óptima de una superficie fija se utiliza la ecuación (1), basada en el análisis estadístico de radiación solar anual sobre superficies con diferentes inclinaciones situadas en lugares de diferentes latitudes, que proporciona la inclinación óptima en función de la latitud del lugar:

$$\beta_{opt}=3,7+0,69\times V\varphi V \quad (1)$$

Donde:

$\beta_{opt}$ : ángulo de inclinación óptima (grados)

$\varphi$ : latitud del lugar, sin signo (grados)

La fórmula es válida para aplicaciones de utilización anual que busquen la máxima captación de energía solar a lo largo del año [14].

Teniendo en cuenta que el ángulo de inclinación empleado en Cuba es de  $17^\circ$  y un acimut de  $0^\circ$ , se procede a realizar la comparación de las simulaciones con respecto al promedio de los datos históricos reales (de 2019 a 2021), de cada parque, con el objetivo de comparar el comportamiento real con los resultados de las simulaciones realizadas. En un segundo paso, luego de validar las simulaciones, se analizan diferentes ángulos de inclinación y diferentes acimuts. La nueva configuración, con dos orientaciones, es decir, este-oeste, se compara con el estimado del ángulo y acimut real que posee la instalación para visualizar el aporte energético de los cambios realizados en la configuración de la CFV. Por último, se analizan los resultados de las comparaciones estadísticamente, obteniendo una configuración mejor, que permite una mayor generación de energía. Para dar cumplimiento al objetivo principal del presente trabajo se utilizó el programa de simulación PVsyst en su versión 6.62, elaborado por la Universidad de Ginebra, Suiza, en el análisis del diseño de sistemas fotovoltaicos tanto conectados a la red como autónomos.

Para esta herramienta se necesita incluir los componentes de las centrales fotovoltaicas que no existen en su base de datos, pues a pesar de ser extensa, no cuenta con los todos los componentes utilizados en cada una de las centrales analizadas [1].

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Luego de introducir los componentes y la geolocalización de cada central fotovoltaica en el software, se obtuvieron los resultados que muestra la tabla 1, donde se observa la diferencia entre la energía simulada y la energía promedio real.

**Tabla 1.** Diferencia entre la energía simulada y la energía promedio real

Provincia	Instalación	Energía Simulada (MWh)	Energía Promedio Real (MWh)	Diferencia (%)
Pinar del Rio	Pinar 220 C	3 273	3 391	3,49
	Paso Real	3 271	3 620	9,65
	Cortes	3 275	3 709	11,71
	Santa María	3 175	3 490	9,03
Artemisa	Borinque	3 655	3 564	-2,53
Matanzas	Cárdenas III	3 825	3 925	2,55
Cienfuegos	Aguada	3 425	3 7156	7,82
Villa Clara	Caguagua I	3 579	3 508	-2,00
	Caguagua II	7 158	7 280	1,68
	Marrero	3 391	3 657	7,27
Santi Spíritus	Neiva	6 569	6 857	4,20
	Guasimal	6 423	6 774	5,81
	Yaguajay	3 442	3 528	2,44
Ciego de Ávila	Ceballo	6 690	6 408	-4,40
	Venezuela	3 239	3 548	8,71
Camagüey	Imías	3 401	3 677	7,50
	Lugareño	3 462	3 661	5,44
Las Tunas	Parada I	3 530	3 723	5,18
	Parada II	7 060	7 757	8,99
	Manatí I	3 492	3 892	10,28
	Manatí II	3 492	3 957	11,75
Holguín	Yuragua I	3 555	3 851	7,69
	Yuragua II	3 555	3 945	9,90
Granma	Yarey I	3 418	3 502	2,41
	Mártires de Artemisa	6 650	7 123	6,65
	Yarey II	3 450	3 193	-8,06
	Desarrollo	6 890	6 995	1,50
	Payares	6 918	7 755	10,79
Santiago de Cuba	Río Grande	6 460	7 095	8,95
Guantánamo	Guantánamo	3 183	3 623	12,15

Fuente: elaboración propia

De las 30 centrales fotovoltaicas que fueron analizadas, 12 (que representa el 40 %) de estas resultaron tener diferencias por encima del 10 %, por lo que en estos casos se hizo un estudio más detallado y minucioso, comparándolo así, con un año en específico de los 3 seleccionados (2019, 2020 o 2021). A partir de este análisis se constató que 23 de los parques, con respecto a la cifra inicial, resultaron tener diferencias por debajo del 10 % y fue posible validar de esta manera las simulaciones realizadas. Por último, se introdujeron variaciones en los ángulos de inclinación (para 5°, 10°, 15°, 20°), y se adoptó una nueva configuración con dos orientaciones este-oeste, es decir, un azimut de -90° y 90°. El objetivo es analizar, por primera vez en Cuba, la generación de electricidad variando el azimut, los ángulos de inclinación se toman hasta 20° con paso 5° según estudios anteriores [1], los cuales permiten realizar las comparaciones necesarias para cumplir con el objetivo propuesto. Luego de analizar las diferencias entre la energía simulada y la energía promedio real, se verificó que estas no eran significativas, representando un promedio del 5,53 % de diferencia; por lo tanto, las simulaciones quedaron validadas para posteriormente pasar a la segunda etapa de la investigación, donde se comenzó a variar el ángulo de inclinación para 5°, 10°, 15° y 20°, manteniendo el mismo azimut en cada variación, este-oeste (-90° y 90°).

En la tabla 2, se muestran los datos para este análisis de tres (una de cada región del país), de las treinta centrales fotovoltaicas analizadas con las respectivas variaciones de azimut y ángulo de inclinación.

**Tabla 2.** Comparación entre energía simulada y variaciones del ángulo de inclinación con azimut -90 y 90

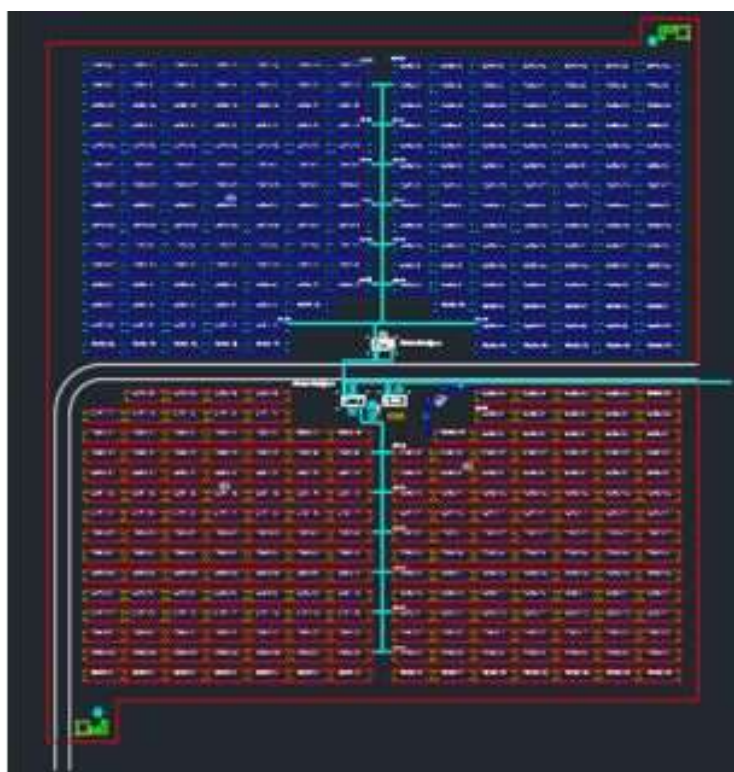
Provincia	Instalación	Energía Simulada 17° de inclinación y azimut 0° (MWh)	Azimut -90° y 90°			
			5° de inclinación (MWh)	10° de inclinación (MWh)	15° de inclinación (MWh)	20° de inclinación (MWh)
Matanzas	Cárdenas III	3 825	3 629	3 610	3 575	3 529
Santi Spíritus	Yaguajay	3 442	3 282	3 265	3 235	3 193
Granma	Desarrollo	6 890	6 618	6 586	6 530	6 442

Fuente: elaboración propia

Con los resultados obtenidos en las simulaciones, se evidencia una disminución en la generación de energía a medida que se fue incrementando el ángulo de inclinación, por lo que la mejor variante en el desempeño resulta para una doble orientación con 5° de inclinación. Al comparar dicha variante con la configuración real de las centrales (17° de inclinación y azimut 0°), se aprecia que los resultados son similares, con una pequeña diferencia del 4,57% de generación.

En una tercera etapa se analizó una vista en planta (figuras 3 y 4), de una de las centrales fotovoltaicas seleccionadas en la tabla 2 (Yaguajay, Santi Spíritus), con el objetivo de tener una mejor perspectiva de cómo se vería dicha central con un nuevo rediseño, aplicando la nueva configuración de 5° de inclinación y una doble orientación.

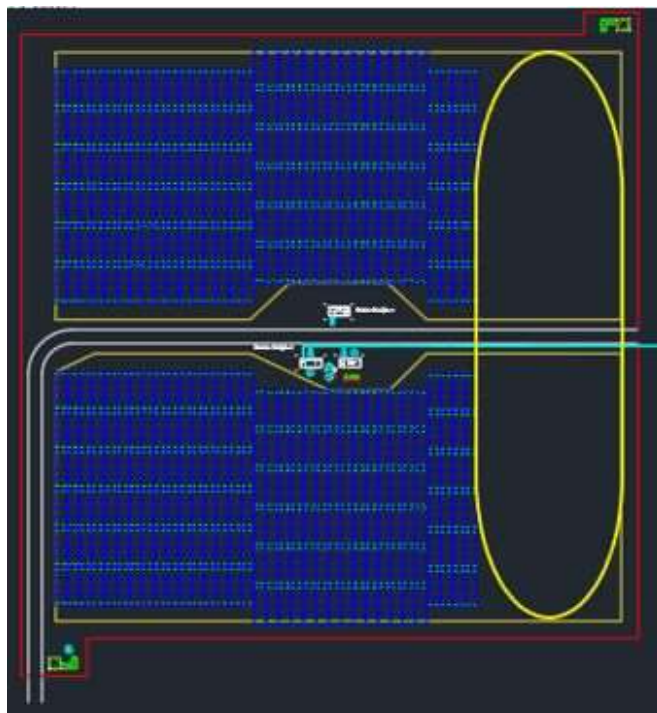
Hasta aquí, es evidente que si se aplica la nueva configuración (5° de inclinación y orientación este-oeste), se aprovecha mejor el terreno, ya que, al quedar desocupada 0,76 ha del área total (2,73 ha), posibilita la incorporación de 3 nuevas columnas (con una orientación este-oeste), con 152 estructuras fotovoltaicas de 22 módulos cada una, que representan una potencia de 902 kWp (figura 5). Esto demuestra que gracias a una nueva distribución es posible maximizar la potencia instalada y a su vez la energía producida por la central en 1,1 MWh/año, quedando pendiente un análisis costo-beneficio a partir de los costos reales de instalación, mantenimiento y puesta en marcha de la planta, para que esta nueva variante sea aplicable a Cuba.



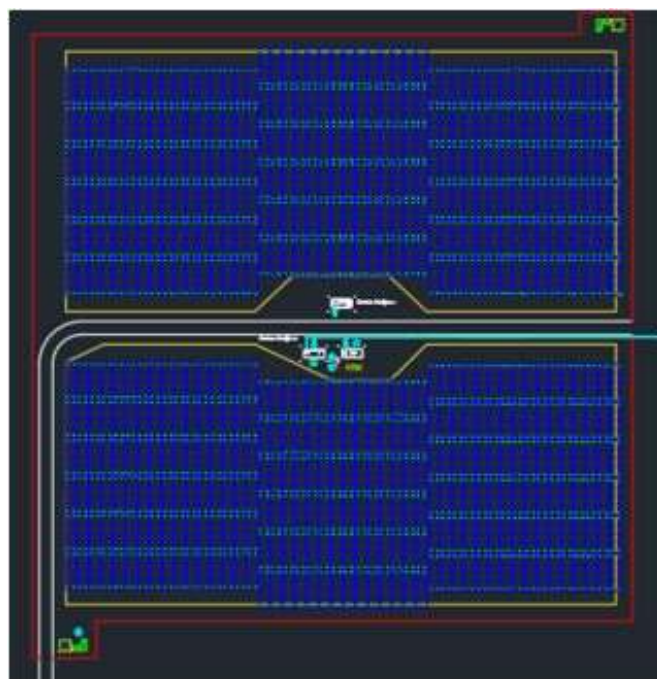
**Fig. 3.** Vista en planta de la central fotovoltaica (400 estructuras con 22 módulos cada una) con 17° de inclinación y azimut 0°.

Fuente: elaboración propia





**Fig. 4.** Rediseño de la central fotovoltaica (400 estructuras con 22 módulos cada una) con 5° de inclinación y azimut -90° y 90°  
Fuente: elaboración propia



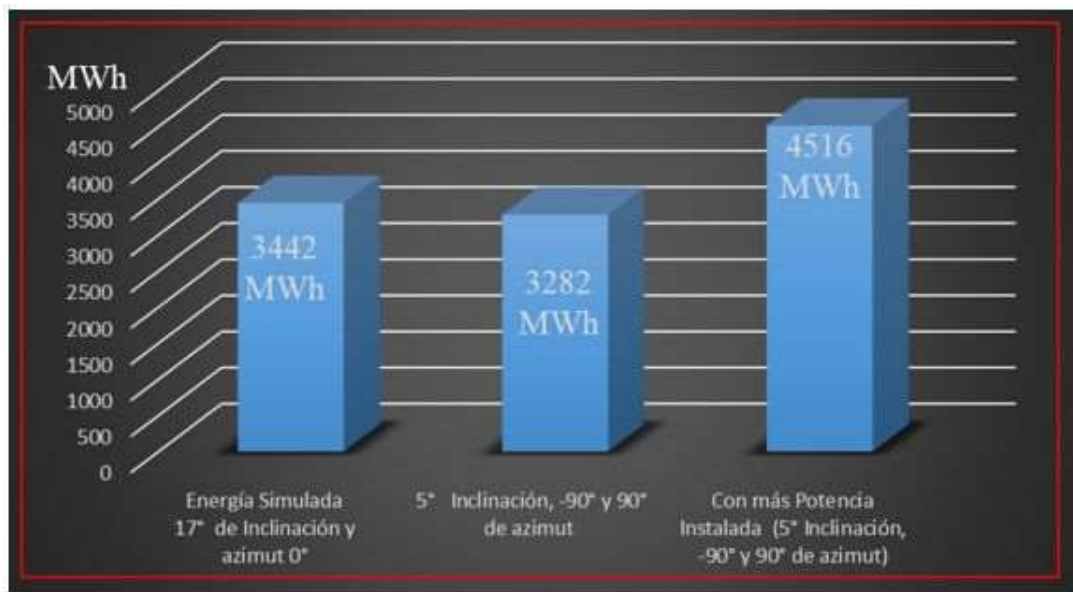
**Fig. 5.** Vista en planta de la Central Fotovoltaica Yaguajay con 152 estructuras agregadas  
Fuente: elaboración propia

#### **Ventajas que representa una orientación este-oeste**

- La instalación este-oeste de placas solares reduce el pico de potencia central al mediodía y ensancha la duración de la producción solar a primeras horas y últimas del día. Las placas solares empiezan a producir con la salida del sol y siguen produciendo hasta la puesta del sol.
- Diseño Aerodinámico. Utilizando solamente un ángulo de inclinación de 5° (relativo a la horizontal) y una configuración este-oeste se reduce drásticamente la presión del viento en comparación con una orientación sur, mucho más vulnerable a los vientos del norte [15].

Para una última etapa de la investigación se volvieron a realizar simulaciones con la nueva configuración y las 152 estructuras agregadas, con el objetivo de comparar la generación de la energía simulada con los valores de la nueva variante que se aplicó a la central fotovoltaica de Yaguajay (figura 6).

La diferencia con respecto a la generación de la energía simulada y la nueva variante (5° de inclinación y orientación este-oeste) representa un 4,65% al año; manteniéndose en ambas simulaciones la misma potencia instalada de 2,2 MWp. Luego de aplicar la nueva configuración, donde se agregan las 152 estructuras, se observa como aumenta la energía en un 27,32% al año y la potencia instalada en un 1,1 MWp con respecto a la variante de 5° de inclinación y doble orientación.



**Fig. 6.** Energía simulada, variación del ángulo de inclinación y mayor capacidad energética instalada  
Fuente: Elaboración propia

## CONCLUSIONES

La orientación sur para placas solares es la orientación donde mayor radiación solar se recibe a lo largo del día y por tanto la mayor producción solar. Esto era una regla básica para las instalaciones solares de conexión a red. Hoy en día puede ser preferible una orientación de placas solares este-oeste para reducir el pico de potencia en las horas centrales del día y alargar la producción a primeras y últimas horas del día. Gracias a las investigaciones realizadas y los valores obtenidos en cada simulación es posible concluir que la mejor configuración que se obtuvo fue con un ángulo de inclinación de 5° y una doble orientación azimutal este-oeste. En las simulaciones se determinó que para esta condición se logra una mayor ganancia desde el punto de vista energético, es decir, que se entrega mayor cantidad de energía a la red eléctrica (1,1 MWh/año y 2,94 kWh/día), aprovechándose al máximo la energía primaria que es la radiación solar. Esta mejora contribuye a un ahorro de 0,68 t de combustible al año, siendo una vez más es evidenciable que son varios los beneficios que aportara una propuesta con esta al sistema energético nacional.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. Santos, R. D., *et al.* "Análisis de la influencia del ángulo de inclinación en la generación de una central fotovoltaica / Influence analysis in the inclination angle into the photovoltaic power plant generation". *Ingeniería Energética*. 2018, vol. 39, n. 3, p. 146-156. [Consultado 23 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/article/view/539>
- [2]. SmartGridsInfo. "La energía solar registró en 2020 138,2 GW de instalaciones en el mundo, un 18% más que en 2019". SMARTGRIDSINFO. Septiembre 2021. [Consultado 13 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://www.smartgridsinfo.es/2021/09/15/energia-solar-registro-2020-138-gw-instalaciones-mundo-18-por-ciento-mas-2019>
- [3]. González, A. R. "La biomasa como FRE en Cuba ¿Cómo acelerar e incrementar el empleo de fuentes renovables de energía en el proceso de transformación energética en Cuba?" ResearchGate. (2021). [Consultado 23 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14925.77281>
- [4]. Redacción Cubahora. "En Las Tunas se construyen los mayores parques eólicos del país". CUBAHORA. (2018, junio 5). [Consultado 23 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://www.cubahora.cu/ciencia-y-tecnologia/lo-que-trae-el-viento>
- [5]. Matanzas proyecta la construcción de parques solares fotovoltaicos. (2022, junio 22). Periódico Granma. Órgano oficial del PCC. [Consultado 23 de noviembre de 2022]. Disponible <https://www.gramma.cu/cuba/2022-06-22/matanzas-proyecta-la-construccion-de-parques-solares-fotovoltaicos>

- [6]. González, Y. del S. "¿Un edificio inteligente en Cuba?". Granma. Órgano oficial del PCC. (2022, enero 13). [Consultado 23 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://www.granma.cu/doble-click/2021-01-13/un-edificio-inteligente-en-cuba-13-01-2021-01-01-27>
- [7]. Antonio Villasol López, *et al.* "Vehículos eléctricos en Cuba: un caso de estudio de la empresa de CUBATAXI de La Habana". 2022, vol. 43, n. 1, enero/abril. ISSN: 1815-5901. [Consultado 23 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/3291/329170676009/html/>
- [8]. Martín, D. E. S. "Energías renovables en Cuba: Perspectivas, investigación, proyectos y avances". Cubadebate. (2021, febrero 19). [Consultado 12 de noviembre de 2022]. Disponible en: <http://www.cubadebate.cu/especiales/2021/02/19/energias-renovables-en-cuba-perspectivas-investigacion-proyectos-y-avances-podcast/>
- [9]. Solar Tribune. "Los costos de la energía solar caen a mínimos históricos". World Energy Trade. 31 de octubre de 2020. [Consultado 23 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://www.worldenergytrade.com/energias-alternativas/energia-solar/los-costos-de-la-energia-solar-caen-a-minimos-historicos>
- [10]. Urdaneta, L. G., & Suárez, L. P. "Una revisión de la distancia entre filas de los parques fotovoltaicos con limitaciones de terreno". Ingeniería Energética. 2021, vol. 42, n. 2, p. 11. [Consultado 23 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/article/view/618>
- [11]. Guerrero, M. A., et al. "Aplicación de Sistemas de Almacenamiento de Energía con Supercondensadores en Plantas de Generación Fotovoltaica". Universidad de Extremadura, Badajoz, España. [Consultado 23 de noviembre de 2022]. Disponible en: <http://peandes.unex.es/archives%5CP124.pdf>
- [12]. Navarrete Karim. "Análisis técnico-económico de un sistema fotovoltaico con influencia de suciedad, viento y lluvia en Arequipa-Perú". Tesis Título Profesional. Universidad Tecnológica del Perú. (2019). [Consultado 14 de noviembre de 2022]. Disponible en: [https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/2261/Karim%20Navarrete\\_Tesis\\_Titulo%20Pr\\_ofesional\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/2261/Karim%20Navarrete_Tesis_Titulo%20Pr_ofesional_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [13]. Urdaneta, L. G., Suárez, L. P., & Julián, H. L. P. "Sistemas de ajuste manual de inclinación de paneles fotovoltaicos y de seguimiento automático horizontal de un eje". Ingeniería Energética. 2020, vol. 41, n. 2, p. 11. [Consultado 23 de noviembre de 2022]. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59012020000200002](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012020000200002)
- [14]. Solar action. "Cálculo instalación fotovoltaica aislada de la red". CalculationSolar. (2012, diciembre 4). [Consultado 13 de noviembre de 2022]. Disponible en: <http://solaraction.blogspot.com/2012/12/calculo-instalacion-fotovoltaica.html>
- [15]. Insa, J. "Orientación placas solares Este-Oeste". (2022, noviembre 15). [Consultado 14 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://www.monsolar.com/blog/orientacion-placas-solares-este-oeste/>

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

**Javier Valladares Aguilera:** <https://orcid.org/0000-0003-3103-883X>

Diseño de la investigación, recolección de datos. Participó en el análisis de los resultados, redacción del borrador del artículo, en la revisión crítica de su contenido y en la aprobación final.

**Oscar Nieto Martos:** <https://orcid.org/0000-0002-5610-7523>

Recolección de datos. Participó en las simulaciones y análisis de los resultados, redacción del borrador del artículo y en la aprobación final.

**Eliani Martínez Castillo:** <https://orcid.org/0000-0001-8064-0195>

Recolección de datos. Participó en las simulaciones y análisis de los resultados, redacción del borrador del artículo y en la aprobación final.

**Ariel Santos Fuentesfría:** <https://orcid.org/0000-0002-9131-5539>

Diseño de la investigación, análisis de los resultados, redacción del borrador del artículo, en la revisión crítica de su contenido y en la aprobación final.