

## UNIDAD UNIVERSITARIA PRODUCTIVA DOCENTE E INVESTIGATIVA BASADA EN FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA PRODUCTIVE TEACHING AND RESEARCH UNIVERSITY UNIT BASED ON RENEWABLE SOURCES OF ENERGY

Omar Celerino Crespo Pérez<sup>1\*</sup>, Félix Ponce Ceballos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>SIMEI, Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Pinar del Río. Pinar del Río. CP 20100.

<https://orcid.org/0000-0003-0790-6676>

<sup>2</sup>Departamento de Agropecuaria, Universidad de Pinar del Río. Pinar del Río. CP 20100

<https://orcid.org/0000-0002-4781-0540>

\*Autor para la correspondencia (e-mail): [ocrespoperez@upr.edu.cu](mailto:ocrespoperez@upr.edu.cu)

Recibido para su publicación: 13/10/2023 - Aceptado para su publicación: 30/12/2023

### Resumen

El presente trabajo investigativo, surge a partir de la necesaria utilización de las fuentes renovables de energía en el país, con la finalidad de ir eliminando, la matriz energética por el consumo de combustible fósil y por el mejoramiento de la calidad del proceso docente e investigativo, en la Universidad de Pinar del Río, "Hermanos Saíz Montes de Oca". Se efectuó una investigación utilizando métodos teóricos y empíricos sobre el consumo eléctrico y dinero pagado por la entidad en 20 años y las características de las instalaciones fotovoltaicas. De igual manera, se investigó acerca de las unidades docentes universitarias. Constituir una Unidad Universitaria Productiva, Docente e Investigativa, con la instalación de 240 paneles fotovoltaicos, es constituir un laboratorio en constante funcionamiento, realizando aportes en temáticas relacionadas con: la eficiencia energética, el uso racional de la energía, las variables meteorológicas, el medio ambiente, los regímenes de mantenimiento de las instalaciones fotovoltaicas y la preparación para la defensa del país. El problema científico a resolver es, por la Necesidad de una unidad productiva, docente e investigativa, con la instalación de paneles fotovoltaicos en el techo del docente de la sede "Hermanos Saíz Montes de Oca", de la Universidad de Pinar del Río, que contribuya con el cambio de la matriz en la generación eléctrica, la calidad de la docencia y la investigación. Se debe interpretar que la intención es que se inyecte energía directamente a la red del sistema electro energético nacional y la creación de un laboratorio docente y de investigación.

*Palabras clave: fuentes renovables, eficiencia energética, medio ambiente.*

### Abstract

The present investigative work arises from the necessary use of renewable energy sources in the country, with the purpose of eliminating the energy matrix due to the consumption of fossil fuel and to improve the quality of the teaching and research process, at the University of Pinar del Río, "Hermanos Saíz Montes de Oca". An investigation was carried out using theoretical and empirical methods on electricity consumption and money paid by the entity in 20 years and the characteristics of the photovoltaic installations. Likewise, university teaching units were investigated. To constitute a Productive, Teaching and Research University Unit, with the installation of 240 photovoltaic panels, is to constitute a laboratory in constant operation, making contributions on topics related to: energy efficiency, rational use of energy, meteorological variables, the environment, maintenance regimes for photovoltaic installations and preparation for the country's defense. The scientific problem to be solved is, due to the need for a productive, teaching and research unit, with the installation of photovoltaic panels on the roof of the teacher of the "Hermanos Saíz Montes de Oca" headquarters, of the University of Pinar del Río, which contribute to the change of the matrix in electricity generation, the quality of teaching and research. It must be interpreted that the intention is to inject energy directly into the national electro-energy system network and the creation of a teaching and research laboratory.

*Palabras clave: renewable sources, energy efficiency, environment.*

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas fotovoltaicos, son alternativa viable, para reducir la generación eléctrica por medio de combustibles fósiles, los cuales, dado su utilización irracional, van disminuyendo hasta su agotamiento total. Por ende, se requiere de un acelerado proceso de instalación de estos y fundamentalmente en Cuba, país con escasos combustibles

fósiles, y las consecuencias del bloqueo para la adquisición de estos, en el desmejorado mercado mundial. A tenor de las circunstancias que imperan en Cuba, existe fundamento jurídico institucional, para acometer la investigación, arribar a conclusiones y a una propuesta concreta.

Se ha observado que existe una gran cantidad de instituciones universitarias en el mundo, que, con fines fundamentalmente energéticos, o sea, satisfacer su demanda de energía, haciendo menor costosa su factura, han diseñado e instalados sistemas fotovoltaicos con paneles solares, para la obtención de electricidad, sustituyendo paulatinamente la matriz de consumo de fuentes energéticas del Sistema Electro energético Nacional por matriz de consumo propia. Otras, además, utilizan estos sistemas con fines docentes e investigativos.

Al profundizar en el estudio del tema objeto de estudio y su campo, se encuentran como problemáticas las siguientes:

- Roturas de las termoeléctricas y de los grupos electrógenos, que abastecen al país de energía eléctrica o ineficiente funcionamiento de las mismas;
- Del bloqueo de los EEUU y en lo referido al transporte de combustible y recursos financieros;
- No suficiente empleo de otras fuentes alternativas de generación eléctrica tales como: las fuentes energéticas como la biomasa, la eólica, la marina;
- La necesaria aplicación de las fuentes renovables de energía, con el uso de la energía solar en paneles fotovoltaicos;
- Se requiere del mejoramiento de la calidad del proceso docente e investigativo de la formación del profesional universitario, en relación a las fuentes renovables de energías, los sistemas de paneles fotovoltaicos, su eficiencia, y regímenes de mantenimiento;
- Se necesita la medición de diversas variables meteorológicas y ecológicas y la evaluación del impacto medio ambiental, económico y para la defensa del país, utilizando la energía solar en la generación eléctrica por medio de sistemas fotovoltaicos.

Ante la disyuntiva de estas problemáticas, los autores del presente trabajo, ha definido como problema científico: Necesidad de constituir una unidad universitaria productiva, docente e investigativa, con la instalación de paneles fotovoltaicos en el techo del docente de la sede "Hermanos Saíz Montes de Oca", de la Universidad de Pinar del Río, que contribuya con el cambio de la matriz en la generación eléctrica, el mejoramiento de la calidad de la docencia y la investigación y su impacto en la formación del profesional, en lo económico, ambiental, y la defensa del país.

Objeto de investigación: Procesos de producción, docencia e investigación universitarios vinculados a las fuentes renovables de energía

Campo de acción: Unidad productiva, docente e investigativa en sistemas fotovoltaicos, basados en las fuentes renovables de energía.

Al respecto se ha establecido que, el objetivo general de la investigación es: Fundamentar las posibilidades de constituir una Unidad Universitaria Productiva, Docente e Investigativa, en el edificio docente de la sede "Hermanos Saíz Montes de Oca", de la Universidad de Pinar del Río, con el empleo de la tecnología fotovoltaica, en sustitución

de la matriz de consumo de energía fósil debido a la generación eléctrica, que permita una mayor eficiencia en el uso de los portadores energéticos y su impacto en la formación del profesional, en lo económico, ambiental, y la defensa del país, en las carreras de ingenierías, de la Universidad de Pinar del Río.

Se ha adoptado como hipótesis del trabajo que: Si se constituye una unidad universitaria productiva, docente e investigativa con la instalación de paneles fotovoltaicos en techo, conectados directamente en la red, en bloque docente de la sede "Hermanos Saíz Montes de Oca", contribuiría con el cambio de la matriz en la generación eléctrica, y el mejoramiento de la calidad de la docencia y la investigación en las carreras universitarias, con impacto positivo en la formación del profesional, en lo económico, ambiental, y la defensa del país, de la Universidad de Pinar del Río.

Crear una unidad productiva (por la generación eléctrica ideal de 91,2 kW de potencia; 456 kWh/día y 166 440 kWh/año utilizando paneles fotovoltaicos), contribuyen al abastecimiento de las necesidades energéticas de la entidad en el año. Se considera Unidad docente, porque servirá para la impartición de conocimientos acerca de las fuentes renovables de energía, el desarrollo de habilidades en el mantenimiento de la instalación y unidad investigativa, porque se convertirá en centro de investigación, de aspectos tan cruciales hoy para Cuba, tales como: la eficiencia energética; uso adecuado de esta energía fotovoltaica; la radiación solar; los regímenes de mantenimientos de estos sistemas; el medio ambiente, esencialmente en el estudio de la emisión de gases de efecto invernadero y las variables meteorológicas a saber: radiación solar; temperatura; presión; fuerza, dirección y velocidad del viento y otros. En sentido general, tiene una vital importancia en el contexto coyuntural económico que asiste al país en estos momentos.

Desde el punto de vista del desarrollo local, la unidad productiva, docente e investigativa, haría aportes concretos, como por ejemplo la creación de puestos de trabajo y comunicación de las experiencias al Gobierno Municipal y sus dependencias.

Se ha encontrado que diversas universidades en el mundo, han realizado estudios, proyectos e instalaciones fotovoltaicas en campus de su entidad, con la finalidad de generar electricidad para diversos usos. A saber, se pueden citar los siguientes ejemplos:

- Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Amazónica (Mejía, 2019).
- Propuesta de evaluación y montaje de un Sistema Solar Fotovoltaico para la Universidad de Cienfuegos (González, *et al.*, 2021).
- Dimensionado de un sistema fotovoltaico autónomo para el Nodo Central de la Red del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (Román, 2016).
- Análisis de la implementación de un parque fotovoltaico en la Universidad Central de Las Villas (Landera, Casas Fernández, *et al.*, 2018).
- Análisis de factibilidad para la instalación de un sistema de energía limpia mediante Celdas fotovoltaicas para la alimentación Eléctrica del edificio 4 en el ITSLV (Gallegos, 2017).

## MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación se realizó, con la finalidad de proponer un sistema fotovoltaico en el bloque docente de la sede Hermanos Saíz Montes de Oca de la Universidad de Pinar del Río, Cuba y que este a su vez, se constituya en Unidad universitaria productiva, docente e investigativa. En la figura 1, puede apreciarse una foto de la institución.



Figura 1. Vista frontal del bloque docente de la sede "Hermanos Saíz Montes de Oca". Universidad de Pinar del Río.  
Figure 1. Front view of the teaching block of the "Hermanos Saíz Montes de Oca" branch. University of Pinar del Río.

Fue oportuno, antes de efectuar el dimensionado del sistema fotovoltaico, realizar estudios acerca del consumo de electricidad y dinero pagado por este consumo en 20 años, por parte de este recinto universitario, así como, estudio del potencial de equipos consumidores de la instalación y de las variables meteorológicas.

En la tabla 1 que se muestra seguidamente, puede observarse, el consumo eléctrico y la factura pagada, año 2009, por la Universidad por este concepto. La fuente de información tomada fue el sistema de facturación de la Unión Nacional Eléctrica (UNE, 2023).

Tabla 1. Consumo de electricidad y monto total pagado por la Universidad, del bloque docente en el año 2009, año de mayor consumo.

Table 1. Electricity consumption and total amount paid by the University for the teaching block in 2009, the year of highest consumption.

Año	Consumo (kWh)	Pagado (CUP)
2009	189 882	\$ 26 173.1
<b>TOTAL GENERAL EN 20 AÑOS</b>	2 623416	\$ 1 141 805.3

Puede apreciarse que el año de mayor consumo de electricidad, fue el 2009 con 189 882 kWh y sobre esta base, se realizaron los cálculos para el dimensionado del sistema fotovoltaico.

En lo relacionado con las variables meteorológicas, se tomaron datos ofrecidos por el centro de pronósticos provincial de Pinar del Río y la fuente fue la estación meteorológica La Ceniza, del municipio Pinar del Río, la cual se encuentra próxima a la sede Hermanos Saíz Montes de Oca (González , 2023).

En la tabla 2, pueden apreciarse valores referidos a las temperaturas, los vientos, los cuales sus valores están en un rango permitido por las características técnicas de los módulos fotovoltaicos.

Tabla 2. Comportamiento de la marcha anual de la temperatura máxima (en °C) y velocidad del viento en la estación meteorológica del municipio de Pinar del Río en el periodo 2018-2022.

Table 2. Behavior of the annual trend of the maximum temperature (in °C) and wind speed in the meteorological station of the municipality of Pinar del Río in the period 2018-2022.

MES	Ene	Feb	Mar	Abr	Ma	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
<b>Temperatura Máxima Media</b>	26.9	28.9	29.7	31.9	31.2	31.8	32.4	32.4	32.0	30.8	29.6	28.1	30.5
<b>CARACTERÍSTICAS DEL VIENTO EN CINCO AÑOS</b>													
Rumbo	SW	NNW	E	WSW	ESE	NW	E	E	WSW	ESE	WSW	SW	ESE
<b>Velocidad (km/h)</b>	12.9	14.2	12.1	12.8	10.2	10.0	8.4	10.3	15.8	10.7	15.3	10.9	10.2

Leyenda: Temp p. máx media, Temperatura promedio máxima media

SW, Suroeste; NNW, Norte noroeste; E, Este; WSW, Oeste Suroeste; ESE, Este sureste; NW, Noroeste.

El estudio también se centró, en conocer el efecto de los ciclones tropicales teniendo en cuenta que la provincia es muy asediada. En este sentido, se efectuó un análisis del ciclón Ian, el cual provocó cuantiosos daños residenciales y en la instalación docente. Sin embargo, las instalaciones fotovoltaicas del Combinado de Componentes Electrónicos que están en el techo, no fueron afectadas a pesar de que el viento, azotó en la ciudad a 118 km/h (Hernández, 2022).

Las variables meteorológicas, temperatura y viento, se comportan a un régimen adecuado en la entidad, lo posibilita la instalación fotovoltaica.

El dimensionado, se realizó a partir de la sistematización de procedimientos y metodologías establecidas en el mundo y en Cuba. En el proyecto o tarea técnica, para la instalación de los paneles fotovoltaicos, se estudiaron diversas metodologías, (Sarmiento, 2013); (autores, Planning and Installing. Photovoltaic Systems. A guide for installers, architects and engineers, 2005); (autores, Energías renovables y eficiencia energética, 2008); (autores, Manual de componentes electrónicos, 2019); (AG, 2014); (Landerá, *et al.*, 2018); (Cáceres, 2015); (Villavicencio, *et al.*, 2017); escogiéndose para ello la establecida por Antonio Sarmiento Sera, por ser propia del país, de un autor de vasta experiencia, experto en este campo, aplicada en múltiples objetos de obras y comprensible para los autores del presente trabajo, la cual se insertó en el PROCEDIMIENTO PARA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO SOBRE TECHOS EN LA CORPORACIÓN CUBA RON S.A (Villavicencio, *et al.*, 2017).

Se ejecutaron cada uno de los pasos del procedimiento, el cual consta de las siguientes etapas: 1.- Identificación de las posibilidades de absorción de la tecnología; 2.- Evaluación de las superficies; 3.- Selección de la tecnología; 4.- Evaluación de la factibilidad; 5.- Absorción e implementación y 6.- Validación.

El cálculo de la cantidad de paneles necesarios, puede observarse en las operaciones que se describen a continuación, el cual fue realizado a partir de cálculos establecidos en la metodología de (Sarmiento, 2013). Modelo de comportamiento mensual. El procedimiento para obtener el mes de mayor relación (Consumo /irradiación) recibe el nombre de procedimiento o criterio del peor mes.

- Se tomaron los valores de consumo mensual de cada mes del año 2009, en especial el mes de mayo, por su alto consumo, los cuales se observan en la tabla 3.

Tabla 3. Consumo del mes de mayo del año 2009  
 Table 3. Consumption for the month of May 2009

Meses	Consumo Total	días/mes
mayo	27234	31

- Se determinó el consumo día

$$C_{\text{día}} = C_{\text{mensual}} / \text{días del mes} \quad (1)$$

Donde:

$C_{\text{día}}$ , es consumo del día y  $C_{\text{mensual}}$  es consumo mensual

- Se tomaron los valores de irradiación solar del mes de mayo de una inclinación de 15°, los cuales pueden observarse en la tabla 4.

Tabla 4. Valor de irradiación solar del mes de mayo de 2021  
 Table 4. Solar irradiation value for the month of May 2021

Mes	Energía por Irradiación (kWh)
Mayo	6.07

- Determinación de la Relación consumo diario / irradiación

$$R = C_{\text{día}} / I \quad (2)$$

Donde:

$I$ , es irradiación kWh/m<sup>2</sup>

Se calculó la energía útil a aportar por el módulo fotovoltaico a partir de la siguiente expresión:

Si se considera que el sistema fotovoltaico puede tener una eficiencia interna del 67,3 % y los módulos fotovoltaicos un 15 % de eficiencia, como valores típicos, se tendrá como eficiencia de conversión total o integral a:

$$\eta = \eta_{\text{sistema}} * \eta_{\text{módulo}} \quad (3)$$

Donde:

$\eta_{\text{sistema}}$  equivale a 0,67 y  $\eta_{\text{módulo}}$  equivale a 0,15

$$\eta_{Eu} = (0,673) (0,15) = 0,101 (10,1 \%)$$

$$\eta_{Eu} = 0,101$$

- Se estimó la superficie fotovoltaica, teniendo en cuenta la relación consumo día y el índice de eficiencia (0,101)

$$S = C_{\text{día}} / \eta_{Eu} \quad (4)$$

donde S es igual a superficie fotovoltaica

- Teniendo en cuenta, el área del módulo del panel seleccionado que es de 1,95 m<sup>2</sup>, se determinaron la cantidad de paneles fotovoltaicos requeridos para la instalación. Se observará en el Capítulo III, en la tabla correspondiente, los resultados determinados.

$$M_{\text{necesarios}} = S / 1,95 \text{ m}^2 \quad (5)$$

Donde  $M_{\text{necesarios}}$  se refiere a la cantidad de módulos fotovoltaicos que se requieren en la instalación.

El segundo aspecto de la investigación, se refiere a la constitución de una Unidad universitaria productiva, docente e investigativa. Los autores dan como definición la siguiente: Una **unidad universitaria productiva, docente e investigativa es "Entidad de la universidad, con funciones: productivas, socio económicas, ambientales y culturales, para la formación eficiente del profesional de la educación superior, en el cual, en el proceso de producción, se ejerce la docencia y la investigación, como un proceso único e inseparable, condicionado por una estructura didáctica metodológica debidamente establecida"**.

Se realizó una encuesta a especialistas para conocer sus opiniones. De una población total de 15 a consultar, se estimó solo hacerlo con 12, dados sus conocimientos y experiencia con respecto al tema. De los 12 consultados, 10 son Doctores en Ciencias Pedagógicas o Técnicas y dos son M.Sc. En especialidades técnicas, 11 son profesores en ejercicio de la universidad.

Los objetivos que se deberá lograr con la implementación de la Unidad universitaria productiva, docente e investigativa se ofrecen a continuación:

- Generar electricidad por medio de sistema fotovoltaico con paneles solares e inyectar directamente a la red del sistema electro energético nacional, que contribuya con la disminución del pago de la factura eléctrica de la universidad, el cambio de matriz de generación y el cuidado al medio ambiente. (91,2 kWp/h; 456 kWh/día; 166 440kWh/año)
- Contribuir al desarrollo de conocimientos, habilidades, hábitos y valores en: Eficiencia energética, Radiación solar, Regímenes de mantenimiento, Medio ambiente y Factores meteorológicos.
- Contribuir al desarrollo de habilidades investigativas en: Eficiencia energética, Radiación solar, Regímenes de mantenimiento, Medio ambiente y Factores meteorológicos.
- Contribuir con el desarrollo local del municipio Pinar del Río.

## RESULTADOS

Se presta atención a que, se requieren para satisfacer totalmente la demanda del mes más alto de consumo del año 2009, (mayo con 27 234 kWh), un total de 735 paneles solares, con una superficie fotovoltaica de 1 433 m<sup>2</sup>. Esa superficie, es mayor que la superficie del techo, por lo tanto, se decidió, solo instalar en el techo 240 paneles, que ocuparían un área fotovoltaica de 468 m<sup>2</sup>. Estos paneles generarían un potencial de 91,2 kWp; 456 kWh/día y 166 440 kWh/año. La superficie útil del techo es de 990 m<sup>2</sup>.

El sistema fotovoltaico estará constituido por los siguientes elementos, según la fuente (autores, Manual de componentes electrónicos, 2019):

Módulo solar 380 Wp, cuyas características principales son: Módulos de Silicio con potencia de 340 Wp  $\pm$  5 %, con 72 celdas de 157 x 157 mm conectados en serie.

Se prevén dos inversores, y a cada uno se les ubicará 120 paneles solares del tipo Inversor de inyección a la red SMA Sunny Tripower CORE 1 50 kW, sus especificaciones eléctricas son: Voltaje entrada máx. 800 V; Voltaje X

MPPT 320 -800V; Corriente X cada MPPT 20 A; Voltaje de salida 3/N/PE 220 V/380 V3/N/PE 230 V/400 V3/N/PE 240 V/415 Vy un Sistema de monitoreo, SUNNY PORTAL OWERED.

Los beneficios fundamentales, desde el punto de vista económico, energético y ambiental, se pueden observar en la tabla 5.

Tabla 5: Principales indicadores del sistema fotovoltaico a instalar.  
 Table 5: Main indicators of the photovoltaic system to be installed.

<i>Sistema Inyección a la red</i>		
<b>Parámetro</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
<b>Se generaría anualmente en energía (ideal)</b>	166 440	kWp/año
<b>La Universidad evitaría pagar en el año</b>	36 616.8	USD/año
<b>Costo estimado de la inversión</b>	133 295.50	USD
<b>Costo estimado de la inversión</b>	4 327	CUP
<b>Ciclo de Vida del Sistema (CV)</b>	25	años
<b>Tiempo de recuperación</b>	9	años

Los resultados de la encuesta aplicada para la valoración teórica de la Unidad universitaria productiva, docente e investigativa por ítems, se muestran a continuación:

- 1.- Será una unidad de producción de electricidad por medio de paneles fotovoltaicos. El 100 % estuvo totalmente de acuerdo.
- 2.- Se asumirá como otra alternativa el desarrollo de prácticas profesionales de los estudiantes de pre y pos grados. El 91,7 % estuvo totalmente de acuerdo y el 8,3 % estuvo de acuerdo.
- 3.- Acogerá a estudiantes y profesores de otras carreras de ingeniería o licenciaturas para el desarrollo de la docencia y la investigación. El 83,3 % voto estar totalmente de acuerdo y el 26,7 %, votó estar acuerdo con el indicador.
- 4.- Evitará el transporte a otros lugares, trayendo consigo ahorro de combustibles. El resultado en este indicador, muestra que el 83,3 % voto estar totalmente de acuerdo y el 26,7 %, votó estar acuerdo con el indicador.
- 5.- Tiene propiedad holística, o sea, todos los procesos interrelacionados. En este indicador, el 75 % estuvo totalmente de acuerdo, el 16,7 % estuvo de acuerdo y el 8,3% manifestó neutralidad en el ítem.
- 6.- Se utilizará medios informáticos como herramienta de trabajo. El 75 % de los encuestados estuvo totalmente de acuerdo, mientras que el 25 % expresó estar de acuerdo.
- 7.- Dispondrá de una de plantilla recursos humanos propia de la universidad. En este aspecto, el 66,7 % estuvo totalmente de acuerdo, el 16,7 % estuvo de acuerdo y el 16,7 estuvo neutral.
- 8.-Favorecerá al desarrollo local. Con relación a este indicador, el 91,7 % estuvo de acuerdo y el 8;3 % manifestó estar de acuerdo.
- 9.- Contribuirá a la Constitución de la Cátedra de Energía. El 66,7 % manifestó estar totalmente de acuerdo, el 25 % manifestó estar de acuerdo, y el 8,5 % se comportó de manera neutral.

10.- Introducirá y aprovechará lo concerniente con la inteligencia artificial. En este ítem, el 58,3 % expresó estar totalmente de acuerdo, el 8,3 % estuvo de acuerdo, el 16,7 manifestó neutralidad y un 16,7 % dejó en blanco la respuesta al indicador.

11.- Se evaluará regularmente sus resultados y ajustar las estrategias para su mejor desempeño, de la Unidad. Los encuestados respondieron 91,7 % estar totalmente de acuerdo y 8,3 % estar de acuerdo.

En sentido general la valoración teórica de la propuesta es aprobada por todos los encuestados.

## DISCUSIÓN

El sistema de paneles fotovoltaicos que se propone, acorde a los requerimientos actuales de tecnologías (AG, 2014), (Sarmiento Sera, 2013), (autores, Manual de componentes electrónicos, 2019), es factible desde el punto de vista funcional, económico, ambiental y para la defensa del país. La generación eléctrica anual prevista, por la instalación de 240 paneles fotovoltaicos de 380 Wp, que ascendería a 166 440 kWh/año, en correspondencia a los valores de consumo actuales del edificio docente que es de 81 460 kWh/año, 2022, satisfacen las necesidades, e invocan a un aporte energético al país de 84 990 kWh/año. Esto significa que la universidad recibiría de la Unión Nacional Eléctrica un pago de \$271 968,00 CUP, por su aporte energético a la entidad. Lógicamente, los consumos actuales están dados, por la situación energética del país, motivados por las roturas de plantas energéticas, los apagones y también por la política de ahorro. Tecnológicamente, todos los componentes que se utilizarán, están certificados con la calidad requerida y en el país se cuenta con vasta experiencia al respecto, los cuales serán adquiridos e instalados por la Empresa de Componentes Electrónicos Ernesto Che Guevara de Pinar del Río. Desde el punto de vista ambiental, se dejarían de emitir, 144,8 t/año, de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>), debido a que, se evitarían quemar 43,8 t/año de combustibles fósiles. El parque fotovoltaico, como entidad universitaria productiva, docente e investigativa, se convertirá en un centro de formación de una conciencia ambiental, en los estudiantes de las distintas carreras que, en su formación como profesionales, utilizarían la instalación para diversas actividades de carácter científico-técnico, económico y ambiental.

En torno a la Unidad universitaria productiva, docente e investigativa, la valoración teórica llevada a efecto con los especialistas, evidencia su aprobación. Salvo en aspectos como la plantilla administrativa y la inteligencia artificial, que hubo neutralidad o respuesta en blanco, el resto de los aspectos planteados avalan el proyecto. El modelo que se propone, con cuatro objetivos científicos fundamentales, podrá ser aplicado en cualquier universidad cubana o del mundo. La práctica, como criterio valorativo de la verdad, validará la propuesta.

## CONCLUSIONES

La investigación realizada arroja que:

- Con la instalación del parque fotovoltaico, en el techo del edificio del bloque docente de la sede "Hermanos Saíz Montes de Oca" de la Universidad de Pinar del Río, se contribuirá con el cambio paulatino de la matriz de consumo de energía, generada por combustibles fósiles, hacia matriz de energía obtenida por fuentes renovables de energías. Los beneficios de forma general serían la reducción del pago por consumo de electricidad por parte de la Universidad, se evitaría la emisión de 144,8 t/año de CO<sub>2</sub>, se evitaría quemar 43,8 t/año de combustible fósil.

- La constitución de una unidad universitaria productiva docente e investigativa en el campus de la Universidad de Pinar del Río, constituirá una nueva experiencia, la cual será validada en la práctica de la formación del profesional y que de seguro mejorará la calidad del estudiante graduado.

### ÉTICA Y CONFLICTO DE INTERESES

Las personas autores del manuscrito en cuestión, declaran que han cumplido totalmente con todos los requisitos éticos y legales pertinentes, tanto durante el estudio como en la producción del manuscrito; que no hay conflictos de intereses de ningún tipo; que todas las fuentes financieras que se mencionan completa y claramente en la sección de agradecimientos; y que están totalmente de acuerdo con la versión final editada del artículo.

### REFERENCIAS

- autores, C. d. (2005). *Planning and Installing. Photovoltaic Systems. A guide for installers, architects and engineers*. London: James y James (Science Publishers) Ltd.
- autores, C. d. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*. Canarias: Instituto Tecnológico de Canarias, S.A.
- autores, C. d. (2019). *Manual de componentes electrónicos*. Pinar del Río: Componentes electrónicos.
- González, A. L., Jiménez Borges, R., y Iturralde, L. A. (2021). *Propuesta de evaluación y montaje de un Sistema Solar Fotovoltaico para la Universidad de Cienfuegos*. Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos.
- González, H. R. (2023). *Estudio climático Estación Pinar del Río 2018-2022*. Pinar del Río: Centro Meteorológico Provincial.
- Hernández, A. V. (2022). *Afectación del huracán LAN a la provincia*. Pinar del Río: Centro Meteorológico Provincial.
- Landera, Y. A.–G., Arias García, R., Casas Fernández, L., y Sosa Plasencia, R. (2018). Analisis de la implementacion de un parque fotovoltaico en la Universidad Central de las Villas. *Revista de Ingeniería Energética*, 9.
- Román, S. M. (2016). *Dimensionado de un sistema fotovoltaico autónomo para el Nodo Central de la Red del ISMMM*. Moa: Instituto Superior Minero Metalurgico de Moa.
- Sarmiento Sera, A. (2013). *Energía solar fotovoltaica. Segunda edición*. La Habana: Academia.
- UNE, F. (2023). *Maestros 200-2023*. Pinar del Río: UNE.
- Villavicencio, M. G., Soto Castellón, C. R., Águila Bernal, I., y Torres Águila, J. M. (2017). Procedimiento para instalación de un sistema fotovoltaico sobre techos en la Corporación CUBA RON S.A. *Centro Azúcar*, 12.