

Generando cultura ambiental desde los proyectos de investigación en la Escuela de Suboficiales “Ct. Andrés M. Díaz”

Autor: Molano Pulido, Renso Mardu*

Contacto: *renso.molano@esufa.edu.co

País: Colombia

Resumen

En la Fuerza Aérea Colombiana con iniciativas de implementar soluciones de energías renovables no convencionales de gran magnitud en las Unidades Militares Aéreas del país, se reafirma el compromiso con el medio ambiente y la protección de los recursos no renovables como lo establece la Estrategia para el Desarrollo Aéreo y Espacial, y es por tal motivo que la Escuela de Suboficiales “CT. Andrés M. Díaz” alineada con las áreas misionales de contribución, fortalecen la sección de protección de los recursos naturales y del medio ambiente con proyectos de investigación realizados por aerotécnicos asignados a diferentes Unidades Militares Aéreas; los cuales están enfocados en la generación e implementación de energías renovables y energías verdes, lo que permite aportar al Objetivo de Desarrollo Sostenible 7 “Energía Asequible y no Contaminante”, que promueve la inversión en fuentes de energías limpias como estrategia para la mejora del medio ambiente.

Este artículo se desarrolla a través de una metodología cualitativa, tomando la revisión documental como método de investigación por medio del cual se recopilan los diferentes aportes realizados por los alumnos de último año de formación de la Escuela de Suboficiales, sobre la utilización y generación de tipos de energías renovables. Por consiguiente, se verificaron los diferentes proyectos que se enfocan en las tendencias emergentes en investigación de energías verdes, el aprovechamiento de vibraciones de las aeronaves durante el vuelo y la aplicación de sistemas fotovoltaicos que permite desarrollar eficiencia energética en las Unidades Militares Aéreas, lo que representa un importante aporte a la conservación del medio ambiente y al programa de transición energética que desarrolla el Gobierno Nacional de Colombia.

Palabras claves: energías renovables; medio ambiente; proyectos; investigación; objetivo de desarrollo sostenible.

1. Introducción

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible se han convertido en los últimos siete años en una apuesta significativa para los Estados miembros de las Naciones Unidas que, en Septiembre de 2015, tomaron la decisión de firmar un acuerdo a fin de realizar ajustes en las condiciones políticas, presupuestales e institucionales a nivel gubernamental y aún en el sector privado, con las que se aporten acciones cuyos resultados se vean reflejados a favor del desarrollo sostenible y en especial, en el cuidado del planeta (Naciones Unidas, 2015); lo anterior, debido al cambio climático al que se enfrenta el mundo de hoy en día y que requiere del desarrollo de estrategias en todos los ámbitos y sectores económicos que le apuesten a la utilización de fuentes energéticas amigables con el medio ambiente sin que esto afecte la operatividad de los procesos y, por el contrario, aporte a la mejora de las condiciones atmosféricas de la región.

Es así como, el gobierno Colombiano a través de diferentes decretos y normatividades, entre estas, De-

creto 948 de 1995, que contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire, de alcance general y aplicable en todo el territorio nacional (Ministerio del Medio Ambiente, 1995), la Ley 1931 de 2018, la cual trata de establecer las directrices para la gestión del cambio climático a nivel nacional, departamental y municipal, han establecido parámetros y desarrollo de iniciativas para que las empresas públicas y privadas realicen los esfuerzos necesarios en la implementación de estrategias que disminuyan los altos niveles generados por los gases de efecto invernadero, haciendo uso de los avances tecnológicos e innovaciones basadas en energías limpias (El Congreso de Colombia, 2018).

Es así que también se contribuye en el cumplimiento de los compromisos adquiridos por Colombia a finales del 2015 a nivel internacional, con la firma del Acuerdo de París, junto a otros 193 países, con el que se busca aportar a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, estableciendo una ruta de acción y cooperación para que los países desarrollados guíen, orienten, acompañen y ayuden a los países que se encuentran en proceso de desarrollo, elaborando estrategias con las que se logre una mitigación y adaptación al cambio climático (Naciones Unidas, 2015)

Teniendo en cuenta lo anterior, y debido a la creciente preocupación sobre el cambio climático, la Fuerza Aérea Colombiana - FAC como institución pública de carácter militar, ha venido estableciendo criterios de actuación que le permitan aportar a la mitigación de factores contaminantes con la implementación de energías renovables no convencionales y más aún, debido a los altos índices de gases de efecto invernadero que se generan en el sector aeronáutico; de ahí que, a través de la Estrategia para el Desarrollo Aéreo y Espacial – EDAES, se busca establecer una hoja de ruta institucional para la toma de decisiones en todas las áreas y niveles de la organización para los próximos 19 años, a fin de proyectarse como una entidad de altos estándares para el año 2042 en marco de cuatro estándares: talento humano, misionalidad, soporte, e inspección y control (Fuerza Aérea Colombiana, 2021); factores sobre los cuales están planteadas veinte (20) políticas, dentro de las que cabe mencionar: gestión del conocimiento y la formación y la política de protección del medio ambiente con la que se busca “la construcción de capacidades y el desarrollo de operaciones ... que aporten a la preservación y defensa del agua, la biodiversidad y el medio ambiente, considerados activos de interés estratégico de la nación” (Fuerza Aérea Colombiana, 2021, p. 12).

Ahora bien, las escuelas de formación de la FAC, como lo es la Escuela de Suboficiales “Capitán Andrés M. Díaz” - ESUFA, donde el personal de alumnos durante su etapa práctica, desarrollan sus proyectos de grado en los que se ha logrado establecer diferentes proyectos enfocados a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, y se han podido enfocar en especial, en el ODS siete (7) con el que se busca “garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna” (Naciones Unidas, 2015, p. 37), lo que ha permitido el planteamiento de iniciativas a nivel institucional que promuevan la inversión en fuentes de energías limpias contribuyendo así, en la mejora del medio ambiente.

Es por tal motivo, que la presente investigación es estructurada en tres fases siendo una primera fase, la descripción de los recursos y métodos utilizados para lograr una revisión y recopilación de las aportaciones que tanto alumnos y docentes de la ESUFA han venido desarrollando en los últimos siete (7) años en materia de eficiencia energética. Posteriormente, se muestran los resultados obtenidos de la investigación, en donde se evidencia el creciente interés de la FAC, en realizar proyectos enmarcados en la preservación y cuidado del medio ambiente.

Finalmente, se relacionan las conclusiones a las que se llega, con la recopilación de información de los proyectos consultados, demostrando la oportunidad que como institución se tiene al contar con Unidades Militares, las cuales se encuentran ubicadas estratégicamente para la implementación óptima de los pro-

yectos, que contribuyan a la disminución de gases de efecto invernadero y aporten a las metas establecidas del Objetivo de Desarrollo Sostenible siete (7).

2. Recursos y métodos

Para el desarrollo de este artículo se llevó a cabo una revisión en la plataforma del Sistema de Información de Bibliotecas de la Fuerza Pública (SIBFuP), en la sección de colecciones de la FAC, siendo esta la base para el desarrollo de los trabajos de grado de los futuros Aerotécnicos de la Fuerza Aérea Colombiana, y el repositorio de los diferentes proyectos presentados por los alumnos de los programas tecnológicos ofertados en la Institución; en la que se encontraron un total de siete (7) investigaciones relacionadas con la implementación de energías renovables.

En la revisión de las diversas investigaciones publicadas, se analiza el proyecto presentado en el año 2016 para la Tecnología de Defensa Aérea -TDA, basado en un *Prototipo de Luces Portables para Pista y Helipuertos*, en esta investigación Pabón Florez y Mejía Villa (2016) presentan un sistema de iluminación de leds y diodos infrarrojos, pilas recargables y la utilización de dos paneles solares encargados de recargar las baterías utilizadas. Posteriormente, abordando desde las aulas los temas de energías renovables se encontró en el año 2020 el proyecto: *Prototipo de Sistema de Iluminación con Energía Renovable* de Medina Cárdenas y Molina Osorio (2020), el cual trata de un sistema de iluminación con energía renovable instalado en las zonas aledañas a la malla perimetral ubicada en la parte posterior del grupo académico de la ESUFA.

Indagando otra de las tecnologías, se logra identificar que en la Tecnología de Mantenimiento Aeronáutico - TMA existen diferentes investigaciones desde el año 2020 con el proyecto: *Vibraciones Mecánicas para Generar Energía Eléctrica* de Rivera Vanegas y Gonzalia Camelo (2020), en donde se realiza la investigación de cómo se podría aprovechar las vibraciones mecánicas que producen las aeronaves de ala rotatoria, de tal manera que a través de esa energía mecánica se logre producir energía eléctrica. Luego en el 2022 se encuentra la investigación sobre *Turbina Eólica Vertical de Baja Potencia* de los alumnos Cupitra Cartagena, Diaz Sierra y Moreno López (2022), en la que se validó el modelo vertical de turbina eólica y posteriormente se encontró el *Diseño de un prototipo Funcional de la Batería de Hidrógeno como Fuente Energía Alternativa* de Carrillo Patiño, Pelayo Torres y Torres Pacheco (2022), donde desarrollaron el método de electrolisis para poder generar el hidrógeno.

Por otra parte, en la Tecnología de Gestión de Recursos Aéreos - TGA en el año 2020, los alumnos Alfonso Camacho y Bocanegra Higuera realizaron como proyecto de grado un *Diseño de un Sistema de Energía Solar Fotovoltaico para una Barraca en el Grupo Aéreo del Amazonas - GAAMA*, que trata de un sistema solar fotovoltaico para la barraca No.14 de Grupo Aéreo del Amazonas GAAMA, que permitió generar una autonomía energética parcial frente a la energía convencional usada. Otra de las investigaciones del mismo año fue un *Sistema Fotovoltaico para el Centro de Monitoreo de Operaciones Seguridad y Defensa en el Grupo Aéreo del Caribe (GACAR)*, propuesta por Chapetón y Ferrer (2020), el cual consistía en implementar paneles solares que suplieran las necesidades energéticas de los diferentes dispositivos electrónicos que operan en el centro de monitoreo de operaciones seguridad y defensa de GACAR.

Como puede evidenciarse, este artículo apunta a una metodología cualitativa donde se recopilan diferentes aportes que no son cuantificables, que realizaron los alumnos de último año de la Escuela de Suboficiales, sobre la utilización y generación de tipos de energías renovables. Por consiguiente, se verificaron teniendo en cuenta los diferentes proyectos en particular que estaban enfocados en las tendencias emergentes en investigación de energías verdes, los cuales permite desarrollar eficiencia energética en

las UMAs, lo que representa un importante aporte a la conservación del medio ambiente y al programa de transición energética que desarrolla el Gobierno Nacional de Colombia en marco de los ODS.

3. Resultados, discusión y análisis

Los procesos académicos que se desarrollan en la Escuela de Suboficiales “Capitán Andrés M. Díaz” - ESUFA permiten dar cuenta de la formulación de proyectos encaminados a generar conciencia ambiental, estas investigaciones relacionan la utilización e implementación de diferentes energías renovables como son las solares, eólicas y la generación de energía por vibraciones o basadas en hidrogeno. Es así como, a partir de la investigación realizada, se logra determinar que el programa académico de la ESUFA que empezó a investigar sobre las celdas solares fue la TDA, con el proyecto “prototipo de luces portables para pista y helipuertos”, este proyecto de grado fue realizado en el año 2016 por el Distinguido- DS Pabón Jefferson y el Alumno de tercer año - Al3 Mejía Ricardo. Este proyecto trató de un desarrollo del prototipo de un sistema de luz táctica, con luces LED’S de alta luminosidad y LED’S infrarrojos, siendo un prototipo amigable con el medio ambiente debido que cuenta con paneles solares, los cuales ayudan a la carga de la batería utilizada para energizar el sistema de leds y pueda ser manejada perfectamente en horarios nocturnos (Pabón Florez y Mejía Villa, 2016).

FIGURA 1. Prototipo Luz Táctica



Fuente: Adaptado de Pabón Florez y Mejía Villa (2016).

Posteriormente en la misma tecnología desarrollaron en el año 2020, el proyecto Prototipo de Sistema de Iluminación con Energía Renovable, realizado por el Aerotécnico - AT. Medina C. Andrés F. y AT. Molina O. Jeison D., este trabajo trata de un sistema de iluminación con energía renovable instalado en las zonas aledañas a la malla perimetral detrás del grupo académico de la ESUFA (Figura 2).

FIGURA 2. Zonas aledañas a la malla perimetral detrás del grupo académico de la ESUFA



Fuente: Adaptado de Medina Cárdenas y Molina Osorio (2020)

Este proyecto fue constituido con dos paneles solares monocristalino del tipo ERA “Rendimiento excepcional con baja luminosidad, alta sensibilidad a la luz”, de 30W y 12V (Figura 3), el cual es ideal para todo espectro solar, con un diámetro de 200cm x 90cm de ancho, los cuales se instalaron en uno de los postes de luz para mayor eficacia en la recepción de energía solar. Además, se le instaló una caja metálica de protección con medidas de 50cm x 50cm, en cuyo interior se acondiciona la batería con capacidad de almacenamiento que sustentará un inhibidor de drones. (Medina Cárdenas y Molina Osorio, 2020)

FIGURA 3. Panel solar monocristalino y reflector led



Fuente: Adaptado de Medina y Molina (2020).

Para este proyecto también se utilizó el reflector led DE 50W (Figura 3), este tipo de reflector ofrece un sistema de iluminación de 90 lúmenes por watio, al que se le integró un sistema de dos baterías de Ni-MH cada una de 10000 mAh y de 3V, las cuales se conectaron en serie para tener 6V y 10000mAh, necesarios en la alimentación del reflector y de los sistemas integrados (Medina Cárdenas y Molina Osorio, 2020).

Para el sistema de control y regulación Medina y Molina (2020) emplearon un módulo XY- CD60L, controlador de carga para las baterías, donde se configuró el voltaje del límite superior y el voltaje del límite inferior; de tal manera que cuando el voltaje de la batería es menor o igual al voltaje límite inferior, el relé se enciende y el cargador comienza a enviar carga a la batería.

Adicionalmente sobre los proyectos indagados en el año 2020, en TMA se encontró una investigación aplicada relacionada con la *utilización de las vibraciones mecánicas que producen las aeronaves de ala rotatoria en movimiento para generar energía eléctrica*. Dicha investigación fue realizada por los aerotécnicos AT. Rivera Juan y AT. Gonzalia Julián, quienes crearon un prototipo integrado con un piezoeléctrico para transformar la energía mecánica producida por las vibraciones de las aeronaves de ala rotatoria en movimiento. Al lograr transformar esta energía, se puede suplir algunas necesidades en dispositivos sonoros de iluminación y de comunicaciones de las aeronaves, contribuyendo así a la gestión ambiental de la FAC para buscar alternativas sostenibles (Rivera Vanegas y Gonzalia Camelo, 2020)

Para lograr terminar el diseño final del prototipo, fue necesario realizar un análisis y pruebas físicas para integrar dos sistemas: uno eléctrico y otro mecánico, como se puede observar en la Figura 3. De esta manera, al integrar los dos sistemas, se observó que el prototipo aprovecha el movimiento oscilatorio armónico producido por las vibraciones de las aeronaves de ala rotatoria y los dirige verticalmente a través de cuatro resortes sensibles guiados por tornillos y pernos que permiten generar el estímulo esperado, a través de una palanca de presión ubicada en la placa superior del prototipo, para transformar la energía mecánica en energía eléctrica (Rivera Vanegas y Gonzalia Camelo, 2020).

FIGURA 4. Vista Lateral Prototipo terminado



Fuente: Adaptado de Rivera Vanegas y Gonzalia Camelo (2020)

Según lo indagado, en el proyecto de Rivera y Gonzalía (2020) durante el tiempo de prueba, se observó que hubo una producción total de 1,87 mA en 2.25 min. Esto quiere decir, que por minuto se produce 0,77 mA de corriente, la cual puede ser aumentada de manera beneficiosa al incrementar el número de piezoeléctricos en la herramienta.

En este mismo año alumnos de la TGA, desarrollaron dos proyectos relacionados con la implementación de la energía solar, dentro de estos se encontró el *diseño de un sistema de energía solar fotovoltaico para una barraca en el Grupo Aéreo del Amazonas (GAAMA)*, que se puede evidenciar en la Figura 5. Este proyecto fue realizado por el AT. Alfonso C. Andrés F. y el AT. Bocanegra H. Diana M., donde realizaron un estudio técnico en el que expusieron tres diseños factibles que pueden implementarse en la UMA, y cuya diferencia radica en el uso de baterías y el costo que implica su utilización en cada sistema (Alfonso Camacho y Bocanegra Higuera, 2020).

FIGURA 5. Barraca No. 14 GAAMA



Fuente: Adaptado de Alfonso y Bocanegra 2020).

Dentro del estudio se realizó el análisis de los tres tipos de sistemas fotovoltaicos para ser implementados en la barraca número 14 (Figura 5), del Grupo Aéreo del Amazonas. El primero trata de un sistema On-Grid, en este sistema se encuentran instalaciones cuyos equipos deben mantener una conexión física con la red de energía pública para tomar el sincronismo en voltaje y frecuencia, en este sistema no se requieren baterías de almacenamiento de energía, sino que la energía que generan los paneles debe ser consumida o en su defecto transferida a la red (Alfonso Camacho y Bocanegra Higuera, 2020).

El otro sistema es el Off Grid, conocido como sistema aislado, que permite la acumulación de energía en baterías para ser usada en horas de ausencia de sol, y es totalmente autónomo. El último, es el Sistema Híbrido, siendo un intermedio de los dos sistemas anteriores, que permite bajar costo al necesitar menos baterías y a la vez, tener respaldo de la red en caso de ausencia de sol o descarga de las baterías. (Alfonso Camacho y Bocanegra Higuera, 2020).

En este proyecto realizaron un análisis de cargas de los equipos eléctricos que cuenta la barraca 14, cuya potencia total requerida es de 7.8 kW y teniendo en cuenta que la instalación eléctrica en las barracas es trifásica, se selecciona el sistema híbrido para permitir un respaldo total del servicio de energía. Según los autores, en caso de sobrepasar la capacidad del sistema, el equipo realizará una transferencia a la red sin afectar el suministro de energía (Alfonso Camacho y Bocanegra Higuera, 2020).

El segundo proyecto de TGA consiste en un *sistema fotovoltaico para el Centro de Monitoreo de Operaciones Seguridad y Defensa en el Grupo Aéreo del Caribe*, este proyecto fue desarrollado por el AT. Chapetón Nikolay y el AT. Ferrer Luz. Esta investigación trata de buscar la implementación de alternativas que conduzcan a la sostenibilidad eléctrica 24 horas del día del Centro de Monitoreo de Operaciones de Seguridad y Defensa

en el Grupo Aéreo del Caribe, apostando a un cambio indiscutible hacia energías más limpias y ayudando la situación eléctrica del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, la cual requiere analizar alternativas que conduzcan a su sostenibilidad eléctrica, incluyendo medidas relacionadas con la gestión eficiente de la demanda y el desarrollo de las fuentes no convencionales de energía renovable (Chapetón Hernández y Ferrer Pabón, 2020).

Se debe tener presente que este sistema fotovoltaico instalado en la UMA permitirá ahorrar en promedio 24 millones de pesos anuales, con un tiempo de retorno de la inversión de cuatro años y seis meses, más el valor agregado de la participación del programa hacia la sostenibilidad eléctrica del archipiélago de San Andrés, que contribuye a garantizar los recursos futuros, reduciendo la emisión de gases de efecto invernadero (Chapetón Hernández y Ferrer Pabón, 2020).

Avanzando en el tiempo, se encuentra que, en el año 2022, nuevamente TMA, que contribuyo con dos proyectos relacionados a la apuesta en materia energética que tiene el país, contribuyendo a las metas de los ODS. El primero, consiste en la *Validación Funcional del Proyecto de la Turbina Eólica Vertical de Baja Potencia para la Escuela de Suboficiales de la Fuerza Aérea Colombiana*. Esta investigación fue realizada por los AT. Cupitra Jhon, AT. Diaz Marlon el AT. Moreno Yeison (2022) y su principal enfoque es validar el modelo vertical de turbina eólica propuesta por los alumnos de la ESUFA, los resultados se muestran con la intención de analizar si los elementos integradores cumplen los requisitos con el fin de colocarla en funcionamiento dentro de las instalaciones de la Escuela de Suboficiales o si requiere modificaciones y así mejorar técnica y físicamente la condición de operación. En este caso, se emplea una torre cónica (Figura 5), con el fin que sea ejecutado el proyecto en marcha de la turbina de baja potencia, buscando el aprovechamiento del potencial eólico de las condiciones atmosféricas en la ciudad de Madrid, Cundinamarca, considerando reformar los recursos energéticos actuales de la institución (Cupitra Cartagena, Diaz Sierra, y Moreno López, 2022).

FIGURA 6. Modelado CAD del prototipo de la turbina eólica

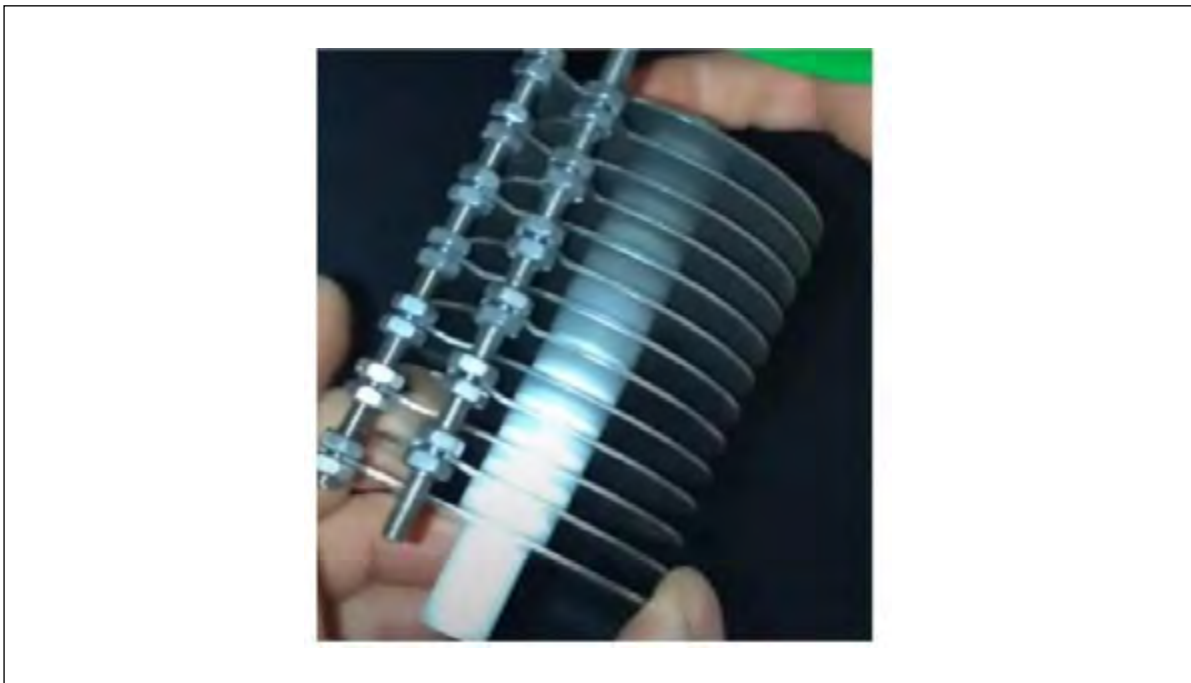


Fuente: Adaptado de Cupitra, Diaz y Moreno (2022).

El segundo proyecto de TMA consiste en un *Diseño Prototipo Funcional Batería Hidrógeno como Fuente Energía Alternativa, con Miras a Incentiva la I+D+i en la ESUFA*, este proyecto lo realizaron los At Carrillo P. Harvyn E., At Pelayo T. Luis A. y el At Torres P. Cristhian D. El desarrollo de esta investigación consistió en la posibilidad de crear un prototipo de batería que permita generar cierto nivel de energía.

El prototipo se compone de dos electrodos, un ánodo y un cátodo separado por un electrolito como se observa en la Figura 6. El combustible se envía al ánodo, donde ocurre la reacción de oxidación y libera electrones al circuito externo. Mientras tanto el oxidante se suministra al cátodo, donde los electrones llegan del circuito externo, y se produce la reacción de reducción. El flujo de electrones desde el ánodo al cátodo es el responsable de la producción de corriente eléctrica (Carrillo Patiño, Pelayo Torres, y Torres Pacheco, 2022).

FIGURA 7. Ánodo y cátodo de la pila diseñada



Fuente: Adaptado de Carrillo, Pelayo y Torres (2022).

El modelo se ajustó muy bien a los datos experimentales para la carga normal (primeras 10 h) en control de las temperaturas. El modelo también tiene una buena concordancia con los datos de autodescarga y procesos de descarga por encima de 1,15 V (8 h). Durante los procesos de sobrecarga, el modelo produce voltajes de sobrecarga constantes que distinguen claramente las regiones normales y de sobrecarga. (Carrillo Patiño, Pelayo Torres, y Torres Pacheco, 2022).

Con estos proyectos la ESUFA busca generar nuevas tecnologías para el desarrollo de energías verdes y así contribuir en la transición energética del país y generar conciencia energética en la comunidad educativa.

4. Conclusiones

Los hallazgos de los siete proyectos en las diferentes tecnologías de la ESUFA, demuestran que en los años 2016-2022, se evidencio que son pocos los trabajos realizados en el tema de energías renovables y por lo

tanto se debe incentivar y generar cultura ambiental desde las aulas de enseñanza y así lograr como Institución de Educación Superior el fortalecimiento de la investigación a través de la exploración de las nuevas tecnologías, y en la utilización de mecanismos que generen energías renovables.

Así mismo, se puede concluir que es indispensable la implementación de energías renovables en las diferentes UMAs, por que ayudaría a contribuir en la eficiencia energética de la unidad. Y con el aprovechamiento de las condiciones climatológicas, que en la mayoría de los casos son favorables debido a su ubicación geográfica, tal como sucede con la unidad establecida en la isla de San Andrés y Providencia o la que se encuentra en el Amazonas, ya que por su alta radiación solar son óptimas para la implementación de los sistemas solares enunciados en los diferentes proyectos realizados.

Una limitación que se presenta en cuanto a la realización de desarrollo de sistemas fotovoltaicos es la falta de presupuesto para la implementación de estos mismos, debido a los altos costos que aún existen en el mercado nacional. Por lo tanto, los Alumnos proponen la generación de análisis o prototipos en el desarrollo de sus proyectos.

Finalmente, en la verificación de los diferentes proyectos que se enfocaron en las tendencias emergentes en investigación de energías verdes, el aprovechamiento de vibraciones de las aeronaves durante el vuelo y la aplicación de sistemas fotovoltaicos que permiten desarrollar eficiencia energética en las UMAs, se evidencia un importante aporte a la conservación del medio ambiente y al programa de transición energética que desarrolla el Gobierno Nacional de Colombia en marco del acuerdo firmado y de las metas establecidas con el Objetivo 7 de los ODS a los que se apuesta a nivel mundial.

Referencias bibliográficas

- Alfonso Camacho, A. F. y Bocanegra Higuera, D. M. (septiembre de 2020). *Diseño de un sistema de energía solar fotovoltaico para una barraca en el Grupo Aéreo del Amazonas*. https://mindefensa.primo.exlibrisgroup.com/discovery/delivery/57MDN_INST:MDN/12_25809110007231
- Carrillo Patiño, H. E., Pelayo Torres, L. A. y Torres Pacheco, C. D. (agosto de 2022). *Diseño prototipo funcional batería hidrógeno como fuente energía alternativa para incentivar la investigación, el desarrollo e innovación en la Escuela de Suboficiales FAC*. https://mindefensa.primo.exlibrisgroup.com/discovery/delivery/57MDN_INST:MDN/12_26922260007231
- Chapetón Hernández, P. N. y Ferrer Pabón, L. c. (octubre de 2020). *Sistema fotovoltaico para el centro de monitoreo de operaciones seguridad y defensa en el Grupo Aéreo del Caribe*. https://mindefensa.primo.exlibrisgroup.com/discovery/delivery/57MDN_INST:MDN/12_25808120007231
- Cupitra Cartagena, J. W., Díaz Sierra, M. H. y Moreno López, Y. E. (agosto de 2022). *Validación funcional del proyecto de la turbina eólica vertical de baja potencia para la Escuela de Suboficiales de la Fuerza Aérea Colombiana*. https://mindefensa.primo.exlibrisgroup.com/discovery/delivery/57MDN_INST:MDN/12_26922420007231
- El Congreso de Colombia (27 de julio de 2018). *Ley 1.931 de 2018*. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/ley-1931-2018.pdf>
- Fuerza Aérea Colombiana (abril de 2021). *Estrategia para el Desarrollo Aéreo y Espacial de la Fuerza Aérea Colombiana*. <https://www.fac.mil.co/sites/default/files/2021-04/edaes.pdf>
- Fuerza Aérea Colombiana (abril de 2021). *Estrategia para el Desarrollo Aéreo y Espacial de la Fuerza Aérea Colombiana*. <https://www.fac.mil.co/sites/default/files/2021-04/edaes.pdf>

- Medina Cárdenas, A. F. y Molina Osorio, J. D. (2020). Panel solar monocristalino y reflector led. https://mindefensa.primo.exlibrisgroup.com/discovery/delivery/57MDN_INST:MDN/12188394_40007231
- Medina Cárdenas, A. F. y Molina Osorio, J. D. (2020). *Prototipo de Sistema de Iluminación con Energía Renovable*. https://mindefensa.primo.exlibrisgroup.com/discovery/delivery/57MDN_INST:MDN/1225811410007231
- Medina Cárdenas, A. F. y Molina Osorio, J. D. (2020). *Zonas aledañas a la malla perimetral detrás del grupo académico de la ESUFA*. https://mindefensa.primo.exlibrisgroup.com/discovery/delivery/57MDN_INST:MDN/12188394_40007231
- Ministerio del Medio Ambiente (1995). *Decreto 948 de 1995*. <http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527621/Decreto+948+de+1995.pdf/670a0603-4d1f-454f-941e-08e6ba70666d>
- Naciones Unidas (2015). *Acuerdo de París*. https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf
- Naciones Unidas (septiembre de 2015). Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna. *Objetivos de desarrollo sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>
- Naciones Unidas. (25 de septiembre de 2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N15/291/93/PDF/N1529193.pdf?OpenElement>
- Pabón Florez, J. y Mejía Villa, R. A. (7 de julio de 2016). *Prototipo de luces portables para pistas y helipuertos*. https://mindefensa.primo.exlibrisgroup.com/discovery/delivery/57MDN_INST:MDN/1218839440007231
- Rivera Vanegas, J. D. y Gonzalia Camelo, J. A. (21 de agosto de 2020). *Utilización de las vibraciones mecánicas que producen las aeronaves de ala rotatoria en movimiento para generar energía eléctrica*. https://mindefensa.primo.exlibrisgroup.com/discovery/delivery/57MDN_INST:MDN/1225810760007231