



Comparación de la capacidad de almacenamiento de energía eléctrica en los paneles solares para estaciones meteorológicas en diferentes zonas del Ecuador

Comparison of the electrical energy storage capacity in solar panels for meteorological stations in different areas of Ecuador

Cañizales Perdomo, Belkis Chiquinquirá; Ponce Guerrero, José Luis; Ramírez Parra, Pablo José

Belkis Chiquinquirá Cañizales Perdomo

belkis.canizalesp@ug.edu.ec
Universidad de Guayaquil, Ecuador

José Luis Ponce Guerrero

jose.ponceg@ug.edu.ec
Universidad de Guayaquil, Ecuador

Pablo José Ramírez Parra

pablojramirezp@gmail.com
Fundametz

Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación

CIDEPRO, Ecuador
e-ISSN: 2588-1000
Periodicidad: Trimestral
Vol. 6, No. 45, 2022
editor@journalprosciences.com

Recepción: 15 Junio 2022
Aprobación: 20 Agosto 2022

DOI: <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol6iss45.2022pp109-118>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

Cómo citar: Cañizales Perdomo, B. C., Ponce Guerrero, J. L., & Ramírez Parra, P. J. (2022). Comparación de la capacidad de almacenamiento de energía eléctrica en los paneles solares para estaciones meteorológicas en diferentes zonas del Ecuador. Pro Sciences: Revista De Producción, Ciencias E Investigación, 6(45), 109-118. <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol6iss45.2022pp109-118>

Resumen: El hombre en su afán de comprender y modificar los cambios climáticos que se han originado a lo largo de la historia, para que los mismos no afecten su forma de vida y progreso, se ha dado la tarea de analizar cada fenómeno natural de manera de poder predecirlo y actuar anticipadamente. A través de una estación meteorológica se pueden recolectar datos, con información de sensores especializados en la medición de diferentes parámetros, que constituyen un estudio climático y su representación, en los diferentes canales. Considerando que las estaciones meteorológicas pueden encontrarse en lugares donde no hay energía eléctrica o de difícil acceso, el uso de un sistema fotovoltaico constituye una alternativa que se acopla al interés mundial por ser una energía limpia e inócua al ambiente. El uso de acumuladores de energía solar como complemento del aprovisionamiento de energía eléctrica a las estaciones meteorológicas garantiza su operación continua, en los horarios donde no hay energía solar (noches) o la radiación esté por debajo de los niveles requeridos, considerando que las baterías recargables que hay en el mercado cumplen con las especificaciones técnicas de almacenamiento de energía. La decisión de usar un tipo u otro de baterías recargables dependerá de los costos asociados al proyecto y la disponibilidad en el mercado en el momento que se requieran.

Palabras clave: estación meteorológica, sistema fotovoltaico, acumuladores de energía.

Abstract: Man in his eagerness to understand and modify the climatic changes that have originated throughout history, so that they do not affect his way of life and progress, has given himself the task of analyzing each natural phenomenon in a way to be able to predict and act in advance. Data can be collected through a meteorological station, with information from sensors specialized in the measurement of different parameters, which constitute a climatic study and its representation, in the different channels. Considering that meteorological stations can be found in places where there is no electricity or difficult access, the use of a photovoltaic system constitutes an alternative that is coupled with global interest for being a clean and environmentally friendly energy. The use of solar energy accumulators

as a complement to the supply of electrical energy to the meteorological stations guarantees their continuous operation, at times when there is no solar energy (nights) or the radiation is below the required levels, considering that rechargeable batteries available on the market meet the technical specifications for energy storage. The decision to use one type or another of rechargeable batteries will depend on the costs associated with the project and the availability in the market at the time they are required.

Keywords: meteorological Stations, photovoltaic system, battery.

INTRODUCCIÓN

El hombre queriendo facilitar su vida con el uso cada vez más creciente y demandante de la tecnología, se ha visto en la necesidad de usar energía limpia y sostenible para poner en marcha diferentes tipos de mecanismos de su interés, esto en armonía con la naturaleza. Así que las energías renovables encabezan las fuentes utilizadas para generar electricidad a nivel mundial, la energía solar ocupa el primer lugar entre las energías renovables y los países en desarrollo ya representan más de la mitad de la generación de energía solar a nivel mundial.[1]

Las instalaciones de energía solar se han incrementado en todo el mundo a medida que los países intensifican sus esfuerzos en materia de energías renovables e intentan reducir las emisiones de dióxido de carbono procedentes de la generación de electricidad. Junto con la eólica, la energía solar fotovoltaica es la más consolidada de las tecnologías energéticas con bajas emisiones de CO₂, y conforme aumenta su escala, los costes de desarrollo se reducen. [2]

Entre las fuentes de energía solar, energía renovable, más fácil de producirse es la energía fotovoltaica, lo cual la hace de gran interés para usarla en diversos campos. Usos que no sólo están limitados a la industria si no que ya se han incorporado en la actividad doméstica. La generación solar fotovoltaica aumentó un 22% en 2019, y representó el segundo mayor crecimiento de generación absoluta de todas las tecnologías renovables, ligeramente por detrás de la eólica y por delante de la hidroeléctrica. [2]

Siendo un sistema fotovoltaico el conjunto de equipos que sirven para aprovechar la energía solar y convertirla en electricidad. Estos sistemas se basan en la capacidad que tienen las celdas fotovoltaicas de transformar la luz solar en energía eléctrica. La energía eléctrica generada por un sistema fotovoltaico depende del número de horas que el sol esté brillando sobre un panel solar, así como también depende de los módulos que han sido instalados, la orientación, inclinación, la radiación solar que llegue, la calidad de la instalación y la potencia nominal.[3]

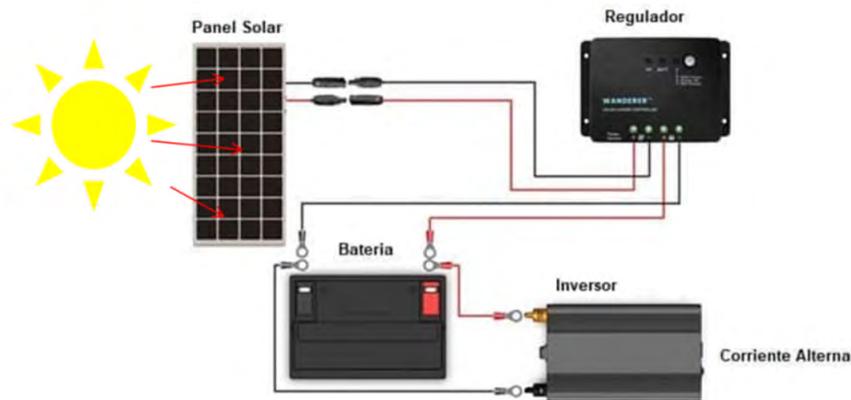


Figura 1. Partes de un sistema fotovoltaico
 Fuente: (Belkis Cañizales, 2021)

La radiación solar (flujo solar o densidad de potencia de la radiación solar) recogida fuera de la atmósfera sobre una superficie perpendicular a los rayos solares es conocida como constante solar y es igual a 1353 W/m^2 , variable durante el año un $\pm 3\%$ a causa de la elipticidad de la órbita terrestre. La radiación solar, medida como Irradiancia, que es la magnitud empleada para representar la potencia incidente por unidad de área de la radiación electromagnética. Su unidad de medida es kW/m^2 (kilovatio por metro cuadrado) [3].

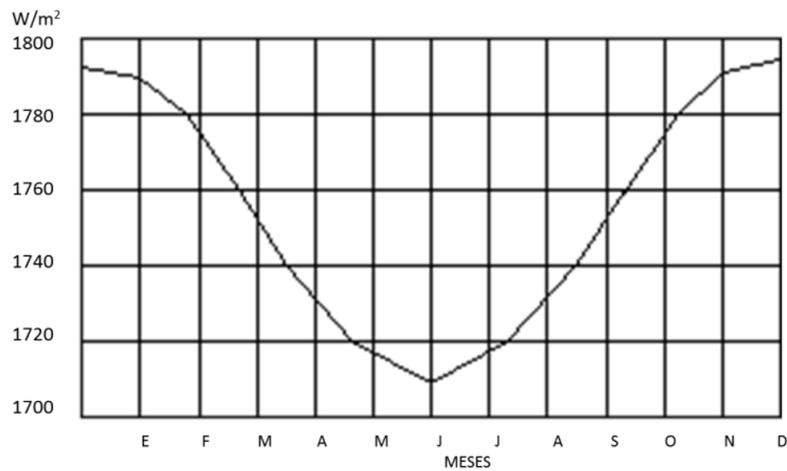


Figura 2. Densidad de la potencia de la radiación solar
 Fuente: (Atlas solar 2005)

El aprovechamiento de las condiciones atmosféricas y de geoposicionamiento de los países, representan fortalezas de gran utilidad a la hora de decidir sobre alguna energía alternativa, por lo que en el Ecuador los niveles de radiación son elevados, alcanzando niveles de insolación global promedio de $4,574 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$ para el año 2019. [4].

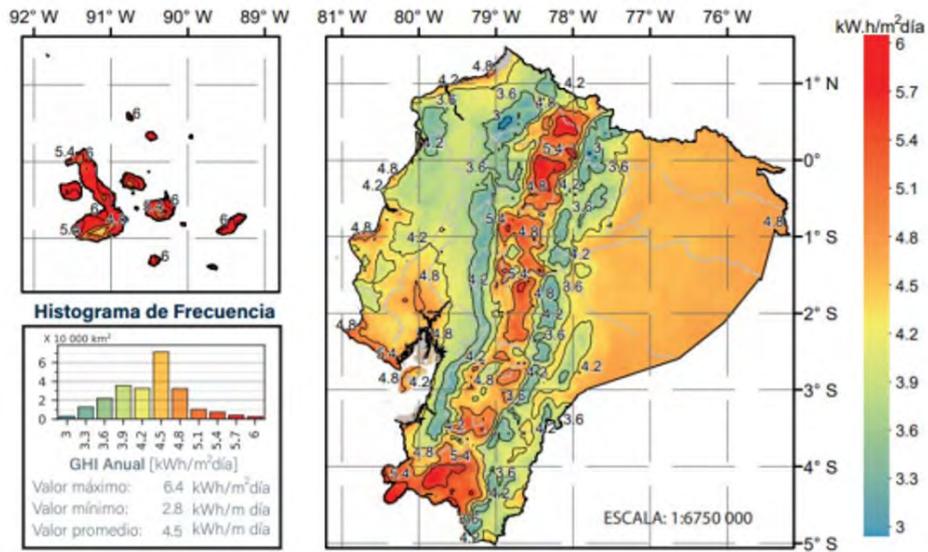


Figura 3. Mapa de radiación solar global del Ecuador
Fuente: (INER, 2019)

La Constitución de la República del Ecuador en el Artículo 413, en su Sección: Biósfera, Ecología Urbana y Energías Alternativas; dispone que el Estado promoverá el uso de energía renovable y el desarrollo de tecnología siempre y cuando no se genere un impacto ambiental.

El artículo 15 de la Constitución menciona:

“El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua”.

Otra perspectiva a tomar en cuenta obtenida del Plan Nacional de Desarrollo es el Objetivo 5 donde se toma en consideración el desarrollo de la energía renovable y su aporte a la eficiencia energética para el país. Este objetivo proyectado para el año 2021 indica lo siguiente “Incrementar de 60% al 90% la generación eléctrica a través de fuentes de energías renovables”.

A pesar de que Ecuador tiene una alta radiación solar y un gran potencial fotovoltaico, el mercado de generación de electricidad es pequeño. En el país se ha invertido aproximadamente \$50 millones en proyectos fotovoltaicos de pequeña capacidad por parte de la empresa privada. Estos proyectos están ubicados en 8 provincias: Guayas, Manabí, Pichincha, Cotopaxi, Loja, Imbabura, El Oro y Galápagos. [5]

Las condiciones climáticas del Ecuador, unido a las bondades que presenta el uso de paneles fotovoltaicos para la alimentación de diversos equipos, sobre todo cuando estos están en lugares donde no es accesible la conexión a la red eléctrica convencional y la confiabilidad que brindan, ha permitido su uso casi exclusivo en las estaciones meteorológicas.

La energía que procede del sol y es transformada en electricidad, gracias a los paneles solares, compuestos por células solares, las cuales reciben la radiación y la transforman en energía; se almacena a través de baterías solares, que es el elemento más importante en la instalación de la energía solar fotovoltaica. Estas baterías serán las que almacenarán la energía durante el día y se podrá hacer uso de ella durante la noche o en los periodos de tiempo inestable, sin sol, donde las radiaciones solares no sean suficientes.

Las baterías solares están compuestas de celdas electroquímicas. Su función es transformar la energía química almacenada en electricidad. Consta de un electrodo positivo, uno negativo, y electrolitos. Todo ello hace que la corriente fluya llevando a término la función para la que se constituyó.

Este proceso se resume en los siguientes pasos:

1. El panel solar fotovoltaico durante el día recibe la radiación del sol y la transforma en electricidad suministrándola a la instalación.
2. La energía sobrante se almacena en la batería o baterías que tenga la instalación para poder utilizarse en los días que no haya sol o durante la noche, tal y como hemos destacado con anterioridad.

En esta investigación se pretende realizar comparaciones de las diferentes baterías para realizar el almacenaje de la energía eléctrica proveniente de un sistema fotovoltaico.

Baterías monobloque. Este tipo de batería está diseñado para pequeñas instalaciones fotovoltaicas donde la relación calidad precio es equilibrada. Se refuerzan con un aislamiento especial, por lo que hay poca pérdida de agua. Se recomiendan para sistemas cerrados, telecomunicaciones, instalaciones de señalización o repetidores.

Baterías AGM (Absorbent Mat Glass). Poseen válvulas de gases para la mejor recombinación de los mismos. Así se evitan pérdidas de energía, la presión interna se regula de forma más sencilla y por ese motivo hay un mayor aprovechamiento que se traduce en un rendimiento mayor. Las baterías AGM son adecuadas para cuando se tienen corrientes elevadas en un corto espacio de tiempo, debido a que su resistencia interna es muy baja. Por eso son más adecuadas que las baterías de gel para situaciones con alta intensidad de descarga.

Baterías de electrolito gelificado. Este tipo de batería presenta un funcionamiento cíclico de alta calidad, lo que hace que sean ideales para instalaciones de tamaño mediano/grande cuyo propósito de funcionamiento sea largos períodos de tiempo. También son adecuados para sistemas cuyo mantenimiento sea complicado de realizar. El componente de gel se debe a la mezcla del electrolito con sílice, que luego se queda con la consistencia de gel.

Baterías estacionarias. Este tipo de batería solar fotovoltaica es perfecta para instalaciones con consumo diario de forma continua y por largos períodos de tiempo. Unas baterías con una vida útil superior a los 20 años.

Baterías de litio. Las baterías de litio permiten la descarga completa, es decir, del 100% de su potencia. Por ejemplo, una batería de litio de 200Ah se puede cargar al 100%, al contrario que otras como AGM o gel no permiten cargas superiores al 80/90%, luego no se descargan totalmente. Y es esta característica la que hace que el proceso de carga sea más rápido que otros tipos de batería. Además, permite varios procesos de descarga (hasta 6000 ciclos al 90%). Otra ventaja de las baterías de litio es su sistema de gestión interna y servicio ininterrumpido. Es decir, tienen una fuente de alimentación autónoma que se activa en caso de corte en la fuente de alimentación principal.

Los sistemas fotovoltaicos siguen siendo relativamente costosos, aunque en el mercado se encuentran alternativas para aplicar en lugares rurales donde no hay electricidad y se requiere mantener operativa ciertas aplicaciones específicas para la recolección de variables meteorológicas útiles para la predicción climática del país. Esto con el fin de incrementar la productividad agrícola y mejorar la calidad de vida de las comunidades.

Una estación meteorológica es el lugar donde se realizan mediciones y observaciones puntuales de los diferentes parámetros meteorológicos utilizando los instrumentos adecuados para así poder establecer el comportamiento atmosférico. Las estaciones meteorológicas están compuestas por una serie de elementos que requieren de electricidad para su funcionamiento. Pueden estar instaladas en cualquier terreno, según se requiera.

Los dispositivos principales por usar para la medición de dichos parámetros son:

- Termómetro: mide la temperatura del aire.
- Barómetro: mide la presión atmosférica en la superficie.
- Pluviómetro: mide la cantidad de agua que cae sobre el suelo por metro cuadrado en forma de lluvia, llovizna, nieve o granizo.
- Higrómetro: medida de la humedad relativa del aire.
- Anemómetro: medida de la velocidad del viento.
- Veleta: instrumento que indica la dirección del viento.



Figura 4. Estación meteorológica convencional

En este sentido, indica que toda la estación meteorológica utilizará energía renovable, por medio de paneles solares se distribuirá el voltaje a los distintos sensores, accionamientos electromecánicos y a los micro controladores, así permitirá, que el conjunto de dispositivos sea amigable al ambiente. [6]

En ocasiones es necesario realizar mediciones de las condiciones ambientales en lugares con dificultad de acceso o inhóspitos, sin presencia de personal permanente que registre manualmente e incluso sin acceso a tendido eléctrico. En tales condiciones los organismos de encargados de los pronósticos como el INAMHI en el Ecuador, ha implementado estaciones meteorológicas automáticas.[7]



Figura 5. Estaciones meteorológicas de Inamhi
Fuente: (Inamhi 2022)

Asimismo, el Instituto Oceanográfico mantiene a su cargo la Red de Estaciones Meteorológicas Costeras. El monitoreo de parámetros meteorológicos en las estaciones de la red, permiten al INOCAR mantener actualizado su Banco de Datos Meteorológicos, y conocer las condiciones climáticas presentes en el área costera. [8]

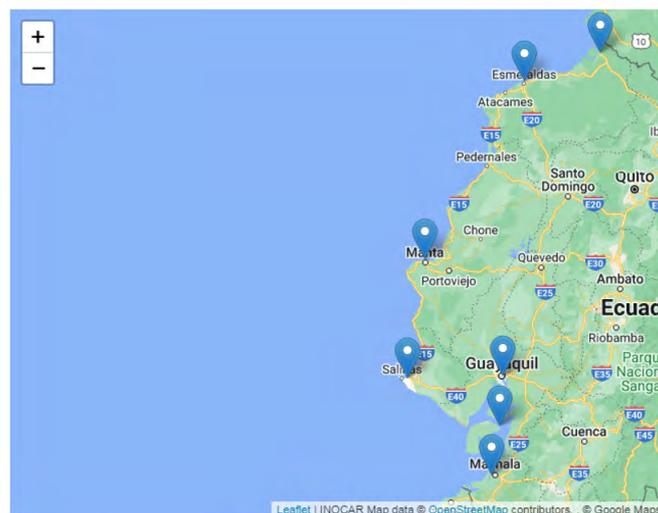


Figura 6. Estaciones meteorológicas de INOCAR
Fuente: (INOCAR, 2022)

Los paneles alimentarán la estación meteorológica completa, desde los sensores hasta la carga de las baterías, en armonía con el medio ambiente. La conexión que se realizará es colocar paneles solares en paralelo para optimizar la capacidad de miliamperios (mA).

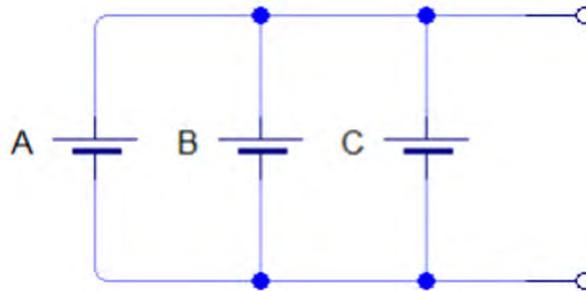


Figura 7. Circuito de paneles solares en paralelo

Para esta conexión el amperaje aumentará dependiendo de la cantidad y características de los paneles solares que se conecten. Tomando como ejemplo un panel solar de 6 voltios y 200 miliamperios se cuenta que tiene una corriente total de salida dada por la suma de cada panel solar.

Por lo que el propósito de la investigación es hallar una propuesta de baterías de almacenaje de la electricidad que se obtiene de los paneles solares, para obtener confiabilidad del funcionamiento continuo de las estaciones meteorológicas que permitan satisfacer las necesidades de operación óptima de sus elementos, que posibilite su mantenimiento y a su vez mantenga el equilibrio con el medio ambiente, aun cuando las condiciones climáticas sean desfavorables por la ausencia de suficiente radiación solar.

Este trabajo se divide en cuatro partes importantes:

- **Introducción:** donde se plantea el objetivo, justificación e importancia de la investigación
- **Metodología:** pruebas de las diferentes baterías de almacenaje para sistemas fotovoltaicos usados para estaciones meteorológicas.
- **Resultados:** análisis comparativo de las diferentes baterías de almacenaje para sistemas fotovoltaicos usados para estaciones meteorológicas.
- **Conclusiones y recomendaciones.**

METODOLOGÍA

En esta sección de metodología se especificará que tipo de baterías de almacenaje para paneles solares se van a usar para este experimento.

El estudio numérico que se presenta a continuación plantea dos configuraciones de baterías de almacenamiento, un arreglo de 2 baterías y un arreglo de 4 baterías. Este análisis es necesario ya que implementar sistemas de rastreo solar no garantiza un incremento en la producción energética en todo momento.

Los tipos de baterías analizados en este experimento son:

Tabla. 1 Características de las baterías utilizadas

Tipo de batería	Densidad energética	Potencia específica
Níquel-Hidruro metálico	140-300 W-h/L	250-1,000 W/Kg
Li-ion	250-730 W.h/L	250-340 W/Kg
Polímero de Litio	300 W.h/L	Hasta 10 kW/Kg
ZEBRA	160 W.h/L	155 kW/Kg

La capacidad de acumular energía eléctrica se determina por los siguientes parámetros:

- **Velocidad de carga/descarga:** mide la velocidad con la que se llena y se vacía el acumulador. A mayor cantidad de ciclos de descarga, menor será la vida útil de la batería.
- **Profundidad de carga:** mide la cantidad de energía eléctrica que se puede introducir en la batería solar en cada carga. A mayor profundidad, menor será la vida útil del acumulador.

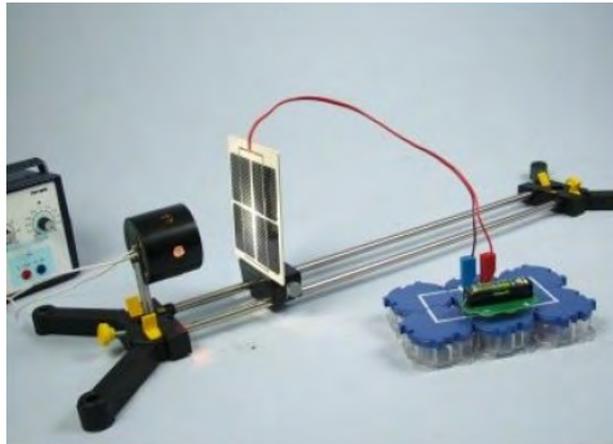


Figura 8. Experimento de almacenaje de energía eléctrica

RESULTADOS

Para el procesamiento y análisis de la información se usan los datos obtenidos en las pruebas de campo, en la que se utilizó un Arduino equipado con un sensor eléctrico, led para mostrar los resultados y la configuración de un complemento en hoja de cálculo, con la finalidad de mostrar los porcentajes y gráficos. Los resultados obtenidos por las diferentes baterías se tomaron en función al voltaje y el nivel de descarga.

Tabla 2. Porcentaje de nivel de carga para baterías de 12V

Nivel de carga	Niquel- Hidruro Metálico Voltios	Li-ion Voltios	Polímero de Litio Voltios	ZEBRA Voltios
Total (100%)	12,7V	12,8V	12,8V	12,7V
75%	12,5V	12,5V	12,6V	12,5V
50%	12,2V	12,3V	12,3V	12,2V
30%	12V	12,1V	12V	12V
Descargada	11,6V	11,8V	11,8V	11,5V

Tabla 3. Energía suministrada según la velocidad de descarga

Indicación	Tiempo de descarga	Niquel- Hidruro Metálico Amperaje /hora	Li-ion Amperaje/ hora	Polímero de Litio Amperaje/ hora	ZEBRA Amperaje/ hora
C120	120 horas	1.300 Ah	1.400 Ah	1.350 Ah	1.310 Ah
C100	100 horas	950 Ah	960 Ah	950 Ah	980 Ah
C10	10 horas	620 Ah	705 Ah	680 Ah	650 Ah
C5	5 horas	550 Ah	600 Ah	570 Ah	530 Ah

Después de obtener los resultados, se demuestra que los tipos de baterías usadas son aptas para usarlas como almacenamiento de la energía solar. Por lo que la decisión del uso de algún tipo de batería dependerá de la disponibilidad en el mercado y de los costos.

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Como conclusión de estos experimentos, se tiene que para las mini estaciones meteorológicas con microcontrolador arduino los cuales consumen baja potencia, se puede utilizar cualquier batería recargable para almacenamiento de las usadas en este experimento, validándose que se cumple con el consumo de energía requerida, examinando los distintos tipos de baterías existentes, a través del microcontrolador, se pudo demostrar que el tiempo de carga está entre 3 a 6 días, por lo que las baterías analizadas mantendrían al equipo operativo para que realice las tareas que se tienen planificadas. Dependiendo del lugar o la estación del año, y además de las condiciones atmosféricas donde sea instalada la mini estación meteorológica, será mayor la energía almacenada por los paneles solares.

Se presenta una alternativa para el uso de paneles solares aislados en lugares rurales donde no hay energía eléctrica disponible o la misma no es de buena calidad, y debido a que las estaciones meteorológicas tienen equipos electrónicos y de comunicación sensible a cualquier perturbación, se estaría blindando su operatividad.

De lo anterior se requiere implementar un monitoreo permanente que garantice el continuo y buen funcionamiento de las mismas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- C. d. C. Solar, “Radiación-irradiación-insolación solar,” Centro de Capacitación solar, 20 Agosto 2020. [En línea]. Available: <https://centrodecapacitacionsolar.com/radiacion-irradiacion-insolacionsolar/#:~:text=A%20la%20Insolaci%C3%B3n%20se%20le,de%20permanencia%20sobre%20una%20superficie>.
- CONELEC, “Atlas Solar del Ecuador con fines de generación eléctrica,” CIE, Quito, 2008.
- INAMHI. (2017). Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Obtenido de Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología: <https://www.gob.ec/inamhi>
- Morales, C. (2017). ESTUDIO ENERGETICO EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EMPLEANDO SEGUIMIENTO SOLAR EN REGIONES ECUATORIALES.
- INER. (2016). INSTITUTO DE INVESTIGACION GEOLÓGICO Y ENERGÉTICO. Obtenido de INSTITUTO DE INVESTIGACION GEOLÓGICO Y ENERGÉTICO: <https://www.geoenergia.gob.ec/>
- Patricio Calle, W. S. (2018). ANALISIS E FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENACION DE FOTOLINERAS EN LA CIUDAD DE CUENCA.
- Manuel Quiñones, V. G. (2017). SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES MEDIO AMBIENTALES USANDO UNA RED DE SENSORES INALÁMBRICOS Y PLATAFORMAS DE INTERNET DE LAS COSAS.
- D. Vaca y F. Ordoñez, “Mapa Solar del Ecuador 2019,” Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2019.
- R. Guerrero, “Replanteo y funcionamiento de las instalaciones solares fotovoltaicas,” IC Editorial, Andalucía, 2017.