Artículos

Diseño y construcción de un prototipo de estación de carga solar para dispositivos móviles

Design and construction of a prototype of a solar charging station for mobile devices

Miguel Alejandro
Universidad Nacional de Loja, Ecuador
miguel.alejandro@unl.edu.ec

Rodolfo Merino
Centro de Investigación I2TEC, Ecuador
rodolfo.merino@unl.edu.ec

Jorge Carrión
Carrera de Electricidad, Universidad Nacional de Loja, Ecuador
jorge.carrion.g@unl.edu.ec

Andy Vega
Carrera de Telecomunicaciones, Universidad Nacional de Loja, Ecuador
andy.vega@unl.edu.ec

Jonathan González
Centro de Investigación I2TEC, Loja, Ecuador
jmgonzaleze@unl.edu.ec

Alba Vargas
Carrera de Telecomunicaciones, Universidad Nacional de Loja, Ecuador
alba.vargas@unl.edu.ec

Revista Tecnológica ESPOL - RTE
vol. 35, núm. 2, Esp. p. 12 - 26, 2023
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
ISSN: 0257-1749
ISSN-E: 1390-3659

Resumen: En esta investigación se realizó el diseño y construcción de un modelo de estación de carga solar para dispositivos móviles con el apoyo del Centro de Investigación "I2TEC", de la Universidad Nacional de Loja (UNL). El trabajo inició con la revisión bibliográfica de los elementos de un sistema de energía solar fotovoltaico para definir conceptos y procedimientos que aporten al diseño del prototipo. Luego, se llevó a cabo el dimensionamiento teórico de los componentes necesarios y se seleccionaron los dispositivos cuyas especificaciones técnicas se asemejaban más a las disponibles en el mercado. El diseño final del sistema se implementó en una estructura de acero galvanizado y acero inoxidable, por la resistencia a la corrosión y fuerzas físicas que presentan estos materiales. Posteriormente, se realizó la instalación del prototipo propuesto en los exteriores de la Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables (FEIRNNR) de la UNL para que sea utilizado por los estudiantes. Finalmente, se desarrollaron pruebas para verificar el correcto funcionamiento del prototipo y manuales de uso y mantenimiento del sistema para su adecuada conservación.

Palabras clave: Cargador, fotovoltaico, energía renovable, panel solar, radiación.

Abstract: In this research, a model of a solar charging station for mobile devices was designed and constructed with the support of the "I2TEC" Research Center of the National University of Loja (UNL). The work began with a bibliographic review of the elements of a photovoltaic solar energy system to define concepts and procedures that contribute to the prototype design. Then, the theoretical dimensioning of the necessary components was carried out, and the devices with the technical specifications closest to

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

Periodicidad: Semestral
rte@espol.edu.ec

Recepción: 05 Agosto 2023
Aprobación: 28 Agosto 2023

DOI: https://doi.org/10.37815/rte.v35n2.1015

URL: http://portal.amelica.org/ameli/journal/844/8444931001/

those available on the market were selected. The final system design was implemented in a galvanized steel and stainless steel structure due to the resistance to corrosion and the physical strength of these materials. The proposed prototype was then installed outdoors at the Faculty of Energy, Industries, and Non-Renewable Natural Resources (FEIRNNR) at UNL for student use. Finally, tests were developed to verify the correct operation of the prototype, and user manuals and maintenance guides were developed to ensure proper system preservation.

Keywords: Charger, photovoltaic, renewable energy, solar panel, radiation.

Introducción

Entre las formas de energía generadas por fuentes limpias, la solar fotovoltaica destaca en todo el mundo ya que no emite gases de efecto invernadero u otros contaminantes que produzcan daños al entorno. A diferencia de los recursos de petróleo, carbón y gas natural, esta energía no es finita. Si se utiliza cuidadosamente y en las aplicaciones adecuadas, puede proporcionar un suministro energético fiable y sostenible de forma casi indefinida (Alexis & Ce- deno, 2020; Coria, 2014; Dincer & Rosen, 2013; Mani & Pillai, 2010; Toshov & Saitov, 2019).

Diversos acuerdos nacionales e internacionales establecen que este tipo de energía será uno de los principales contribuyentes para lograr un suministro 100 % renovable (Sierra & Reinders, 2021). Además, gracias al desarrollo tecnológico, su costo se ha reducido considerablemente, haciéndola más asequible para hogares y empresas. Al colocar paneles solares en cubiertas de instalaciones, ya sean viviendas, sistemas de riego, redes de telecomunicaciones, etc., las personas pueden producir electricidad y reducir su dependencia de las compañías eléctricas y de los combustibles fósiles (Aparicio, 2020; Dolezal et al., 2013; Lan et al., 2020; Setyawati, 2020). Esta energía también puede suministrar electricidad a regiones remotas que no tienen acceso a sistemas eléctricos tradicionales (Borges Neto et al., 2010; Lal et al., 2011; Zoulias & Lymberopoulos, 2007).

Estudios en este ámbito evidencian que el rendimiento de los módulos solares ha mejorado significativamente y se espera que siga mejorando en el futuro. También, se ha investigado la integración de acumuladores energéticos con paneles solares (Nasiri, 2008). Con ello se espera que aumente la eficiencia energética y se reduzcan costos. Además, existen nuevas formas de fabricar paneles solares con materiales más baratos y sostenibles, como las células solares orgánicas y las perovskitas (Arabpour Roghabadi et al., 2018; Battersby, 2019; Sharma et al., 2015). En general, la investigación sobre energía fotovoltaica pretende incrementar su desempeño y reducir los costos para que esta tecnología sea más accesible y sostenible en todo el mundo; así como caracterizar adecuadamente a este sistema energético para evaluar y controlar su rendimiento (Jordehi, 2016).

Emplear tecnología solar fotovoltaica en puntos de carga de dispositivos móviles se ha convertido en una tendencia que crece rápidamente. Estas estaciones son una solución atractiva para brindar acceso eléctrico a poblaciones de bajos ingresos económicos, que usan poca energía y se encuentran en zonas remotas sin conexión eléctrica (Almeida & Brito, 2015) o instituciones en donde se requiere brindar comodidad para cargar tales equipos. Suelen estar conformadas por

celdas solares, baterías y unidades que permiten cargar dispositivos, como: celulares, tablets, portátiles, etc. (Rosales Perez, 2019). Dichas celdas convierten la luz proveniente del sol en electricidad que luego se almacena en el dispositivo acumulador para su posterior uso. Cuando se necesita cargar un dispositivo, se enchufa el cargador y se utiliza la electricidad que ha sido almacenada.

Las personas destinan aproximadamente una o dos horas diarias para cargar sus dispositivos móviles y, en ocasiones, no disponen de suministro eléctrico o terminales de carga, especialmente en ambientes al aire libre (Grisales et al., 2018). Mantenerse informados constantemente y conectados con otras personas, ha hecho de los dispositivos móviles una parte fundamental de la vida cotidiana.

En la FEIRNNR - UNL se ha identificado la falta de espacios físicos que permitan a estudiantes y docentes desarrollar sus actividades académicas en un ambiente al aire libre con acceso a energía para cargar dispositivos móviles, ya que todos los tomacorrientes se encuenran ubicados en aulas y laboratorios. Asimismo, se ha constatado que estos puntos de carga existentes son tradicionales porque utilizan energía eléctrica convencional. Dado que en esta facultad se estudian e investigan las fuentes de energía limpia, y en colaboración con el Centro de Investigación, Innovación, Desarrollo de Prototipos Tecnológicos y Pruebas Electroenergéticas “I2TEC”, se ha planteado el diseño y construcción de un modelo de estación de carga solar. El propósito de este prototipo es brindar a estudiantes, docentes y a quienes acceden a la facultad, la posibilidad de disponer de un espacio equipado para la recarga de dispositivos móviles, y que esté alineado con los principios de energías sustentables.

El procedimiento empleado para determinar los parámetros de diseño del sistema energético, así como los criterios de selección de los componentes y el presupuesto necesario para fabricar el prototipo, se describen en la sección de Metodología. En la sección de Resultados y Discusión, se detallan los logros obtenidos tras la instalación del sistema propuesto. En el apartado de Discusión, se presenta el análisis de dichos resultados y se verifica si se ha alcanzado el objetivo de la investigación. Finalmente, se exponen las conclusiones y recomendaciones derivadas de la ejecución de la propuesta.

Metodología

En esta sección se describe el procedimiento empleado para el desarrollo del proyecto. Se han definido tres componentes fundamentales: el diseño del sistema de energía, la implementación del prototipo y la elaboración de manuales destinados a guiar el uso y mantenimiento apropiado del sistema.

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

Diseño del sistema de energía

Para diseñar el sistema de energía del prototipo propuesto se realizó la proyección del consumo esperado, así como los cálculos necesarios para definir cada uno de los componentes del mismo.

Proyección de consumo

El sistema se diseñó para cargar dispositivos móviles con un consumo mínimo de 4 W y un consumo máximo de 20 W. Se consideraron seis tomas para el terminal de carga solar: cuatro de corriente continua tipo USBB y dos tomas de corriente alterna de tipo B estándar para dispositivos que no cuentan con adaptador USB.

El valor de potencia necesaria se obtuvo multiplicando la potencia media consumida (0,012 kWh) por el número total de dispositivos y las horas que estarán conectados al sistema. Asumiendo una disponibilidad de 08:00 a 21:00 (horario laboral de la UNL), es decir, 14 horas y, que al menos la mitad de las tomas se encuentren conectadas durante este tiempo, o sea 3 dispositivos móviles, la potencia es de 0,504 kWh.

Elección de panel solar

Se evaluó la radiación solar en el área de implementación. Los datos utilizados se derivaron de dos fuentes de información. En primer lugar, se recurrió al Mapa Solar del Ecuador correspondiente al año 2019, en el cual se obtuvo el valor de la radiación promedio mensual producida a lo largo de ese periodo, así como los valores mínimos y máximos (Vaca Revelo & Ordóñez, 2020). La segunda fuente de información provino de la base de datos incorporada en el software *Solarius PV*, utilizado para el modelado de instalaciones fotovoltaicas. Mediante esta fuente, se registró la localización específica de la zona de implementación del sistema solar y se extrajo el valor de radiación solar promedio mensual para el sitio en cuestión. El análisis de los datos recolectados de ambas fuentes permitió calcular un promedio y reveló que la irra- diación más baja se presenta en el mes de junio (4,71 kWh/m2), mientras que la más alta se registra en octubre (5,48 kWh/m2).

Para determinar el número de paneles solares que deben utilizarse, se aplicó la ecuación (1), donde *N.* es el número total de paneles, *E.* es la energía usada diaria (Wh), P_{MPP}es la potencia nominal del módulo fotovoltaico y *HSP* es la Hora Pico Solar. Cabe destacar que esta ecuación se deriva de la metodología usada en el estudio “Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica” (Corporación para la Investigación Energética CIE, n.d.).

$$N_T = \frac{E_T}{P_{MPP}\,(HSP)} \qquad (1)$$

La HSP se refiere a la cantidad de energía solar disponible en un área. Una HSP es una hora en la que la intensidad solar es de 1 000 W/m. (Solar Power Authority Staff, n.d.). Si se toma el valor de irradiación promedio más baja (mes de junio 4 710 Wh/m.), se tiene la ecuación (2)(SESLab - Tecnológico de Costa Rica, n.d.):

$$HSP = \frac{Irradiación_{DiariaPromedio}}{1000\ W/m^2} \qquad (2)$$

$$HSP = \frac{4710\ Wh/m^2}{1000\ W/m^2} = 4{,}71\ h \qquad (3)$$

Tomando el valor de HSP conforme a la ecuación (3), el consumo diario de engería de 504 Wh y la potencia nominal de 110 Wp del módulo RSM110P, la aplicación de la ecuación (1) arroja el resultado de un módulo solar requerido para el sistema.

$$N_T = \frac{504\ Wh}{110\ Wp(4{,}71\ h)} = 0{,}972 \approx 1\ módulo\ solar \qquad (4)$$

Las celdas del módulo RSM110P son del tipo policristalino y están configuradas por 36 celdas (4x9). Posee una eficiencia del 16 % y cumple con las certificaciones ISO 9001, TUV PID-FREE, CE IEC61215/ 61730/61701/62716 (Resun Solar Energy, n.d.).

Controlador de carga

Para su selección se consideró el valor de corriente máxima de cortocircuito del generador fotovoltaico. Ya que el módulo solar elegido, modelo RSM110P, posee una corriente de 6,26 A en circuito cerrado, el controlador seleccionado debe poseer una tolerancia

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

mayor a esa corriente. Se eligió el regulador modelo SHS-10 del proveedor *MorningStar* de 10 A, 12 VDC y bajo consumo de 8 mA (Morningstar Corporation, n.d.).

Inversor de corriente DC/AC

Es importante tomar en cuenta la potencia total para la elección del inversor. Para el cálculo, se consideró el valor máximo (20 W) de los dispositivos móviles que podrían conectarse de manera simultánea (6), obteniendo un total de 120 W. La potencia del dispositivo de conversión debe ser mayor al valor calculado, por ello se eligió el modelo TW-500 de 500 W de la marca ZONHAN (ZONHAN, n.d.).

Batería

Para la selección de la batería apropiada para el sistema se realizó el cálculo de su capacidad total, expresado por la ecuación (5) (AREATECNOLOGIA, n.d.). Se evaluó la demanda máxima (D_{max}), los días de autonomía (*D.*), la profundidad de descarga (*P.*) y el voltaje del sistema (*Vsistema*).

$$C_{Bat} = \frac{D_{max}(D_a)}{P_d(Vsistema)}$$

(5)

Se determinó que la demanda máxima se alcanzará al conectar simultáneamente los 6 dispositivos, equivaliendo a 120 Wh. Se estimó un tiempo promedio de independencia de 4 horas, en las cuales no existirá luz solar. La profundidad de descarga es del 50 %, según lo indicado por el fabricante. El voltaje del sistema es de 12 V, conforme lo establece el regulador de carga. En base a estos valores, se determinó la necesidad de una batería de 80 Ah. Sin embargo, para asegurar un margen superior, se eligió la batería de gel modelo HTB12-100, la cual ofrece una capacidad de 100 Ah y un voltaje de 12 VDC (ProViento SA., 2023).

Tomacorrientes

El terminal de carga fue diseñado para seis puntos de conexión: cuatro de ellos corresponden a tomas de corriente directa tipo USB-B, mientras que los dos restantes corresponden a tomas de corriente

alterna tipo B, que se subdividen en dos unidades. Para cumplir con este criterio, se eligió el modelo de toma polarizada que incorpora 2 tomas USB y 1 toma de corriente alterna tipo B, del fabricante Maviju. Este modelo presenta una tensión de 125 – 250 V, corriente 15 A + 2 USB (2,1 A – 1 A).

Sistema de iluminación

Para complementar la capacidad de carga de dispositivos móviles, se construyó un sistema de iluminación inteligente con luces LED, controlados por un sensor crepuscular y de movimiento para que encienda automáticamente las luces al existir movimiento y ante la ausencia de luz. Las luminarias seleccionadas son del tipo Panel cuadrado de 6 W, con un rango de voltaje de 100 – 240 V y una luminosidad de 350 lm de la marca Sylvania. El sensor de movimiento es de 360° de cobertura y opera en un rango de voltaje de 120 – 240 V, suministrado por el fabricante Maviju.

Diagrama eléctrico

En la Figura 1 se observa el diagrama de conexiones eléctricas diseñado para el modelo de carga.

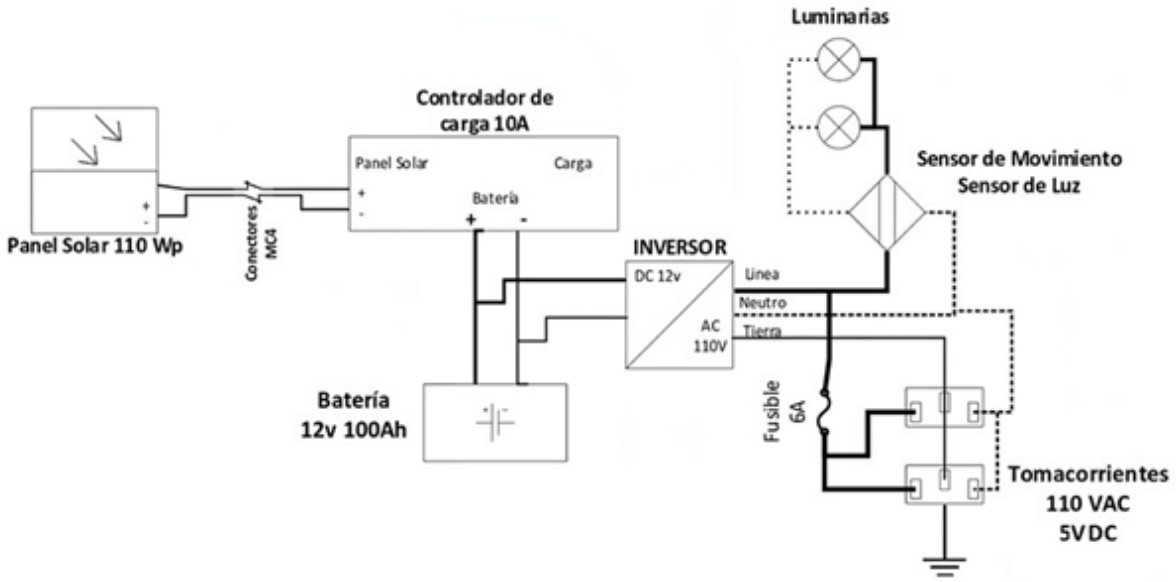

Figura 1

Diagrama eléctrico

Para la conexión del panel se usó cable de calibre 8 AWG, mientras que para las demás conexiones se utilizaron cables de calibre 10 y 14 AWG. Como medida de protección, se empleó un fusible de 6 A, acorde a la potencia máxima de consumo establecida en el diseño.

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

Además, se incorporó una puesta a tierra con una resistencia de 5 Ohm, con el propósito de salvaguardar los dispositivos móviles que se conectarán al sistema.

Soporte estructural

Dado que el prototipo será instalado en los exteriores de la Facultad de la Energía UNL, la selección de los materiales adquiere gran importancia. Estos deben ofrecer resistencia ante factores como la corrosión y las tensiones físicas provocadas por la intemperie. Deben ser capaces de proteger los componentes del prototipo, a la vez que proporcionen un lugar cómodo y funcional para estudiantes, docentes y el público en general.

En la Figura 2 se observan distintas vistas del diseño realizado, utilizando software especializado para modelado mecánico.

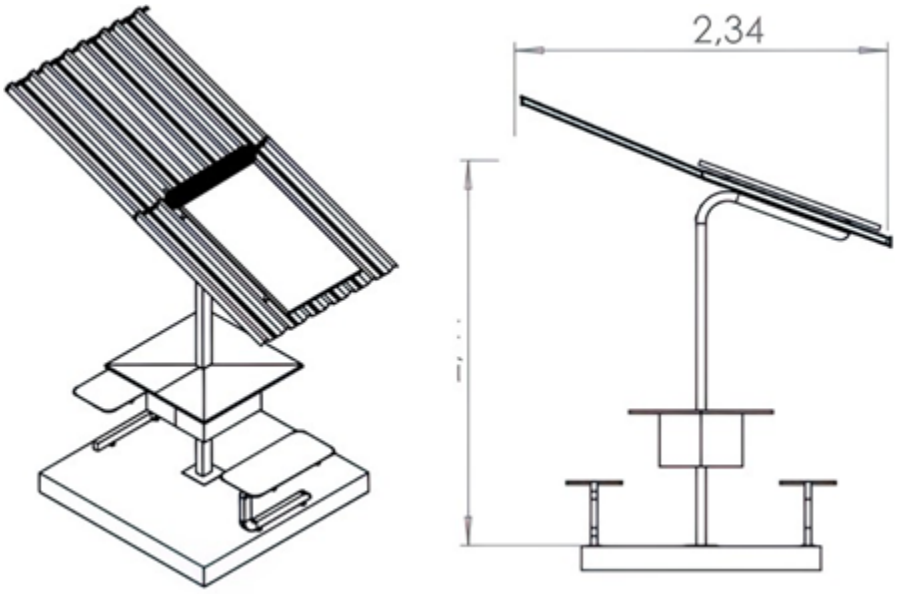

Figura 2

Diseño de Modelo de Carga

Con base en lo previamente expuesto, la estructura se construyó usando acero galvanizado y acero inoxidable. Consta de un eje principal formado por dos tubos de acero galvanizado soldados entre sí. En su parte superior, posee una superficie que sirve como cubierta y soporte para el panel solar. En el tramo intermedio están alojados los tomacorrientes que serán usados por los usuarios. Se colocó un compartimiento que alberga el resto de componentes del sistema. Además, se diseñaron dos bancos situados frente a cada enchufe, con el fin de proporcionar comodidad al usuario (Figura 3).

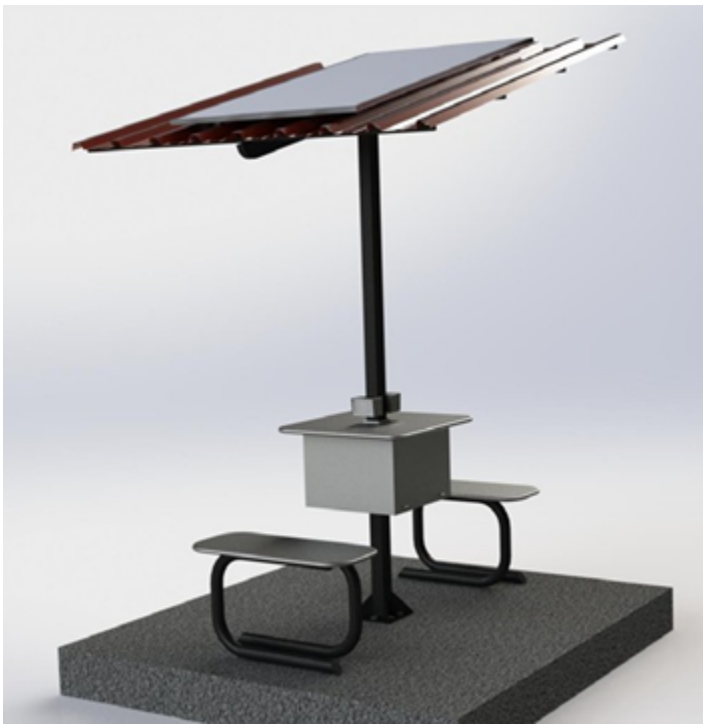

Figura 3

Propuesta en 3D de Soporte Estructural para Estación de Carga

Implementación

El prototipo fue instalado en la Facultad de la Energía UNL, cuyas coordenadas geográficas son:

- Latitud: 4° 1’50.23” S
- Longitud: 79°11’58.88” O

Desarrollo de manuales

Los manuales de uso y mantenimiento parten desde una breve descripción de la estación solar y el objetivo del diseño. Se realizó un diagrama de conexiones con el propósito de brindar información técnica detallada sobre los elementos que conforman el sistema. Asimismo, se abordaron los problemas que eventualmente pueden ocurrir, junto con la solución propuesta para afrontarlos. Finalmente, se estableció una secuencia de pasos específicos para la realización del mantenimiento del sistema, asegurando así un correcto funcionamiento.

Presupuesto

En la Tabla 1 se desglosa el costo total empleado para la construcción del modelo propuesto. Todos los materiales y

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

dispositivos utilizados fueron adquiridos en comercios locales y nacionales.

Tabla 1

Presupuesto para Construcción del Modelo

ÍTEM	MATERIAL - DISPOSITIVO	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO ($)	VALOR TOTAL ($)
1	Panel solar	1	Unidad	80,00	80,00
2	Controlador de carga	1	Unidad	67,20	67,20
3	Batería	1	Unidad	291,20	291,20
4	Inversor	1	Unidad	112,00	112,00
5	Sensor de movimiento	1	Unidad	7,00	7,00
6	Luminaria LED	2	Unidad	5,00	10,00
7	Tomacorriente pola- rizado	2	Unidad	20,00	40,00
8	Cable 10 AWG	10	Metro	1,50	15,00
9	Cable 14 AWG	10	Metro	1,00	10,00
10	Cable 8 AWG	5	Metro	2,00	10,00
11	Material menudo	1	Global	40,00	40,00
12	Estructura metálica	1	Global	400,00	400,00
13	Mano de obra	1	Global	400,00	400,00
				TOTAL	1.482,40

Resultados y Discusión

En este apartado se presentan los hallazgos derivados de la investigación, así como su análisis y la evaluación del sistema propuesto.

El sistema energético solar diseñado e implementado se caracteriza por su autonomía, ya que no se halla conectado, ni depende de otra fuente de energía que no sea la producida por sí mismo. Su composición abarca un módulo fotovoltaico, un acumulador, un controlador de carga y un conversor de corriente.

El generador solar transforma la irradiación obtenida del sol en electricidad. El regulador o controlador de carga limita la tensión de salida para evitar la sobrecarga de la batería; además, regula su funcionamiento cambiando su modo operativo entre carga y reposo, dependiendo de la producción energética del módulo fotovoltaico, y

activándose en función de las condiciones. La batería sirve como reserva energética, permitiendo la operación del sistema cuando el módulo solar no genera energía suficiente por sí mismo. Por su parte, el inversor convierte la corriente continua producida por el dispositivo fotovoltaico y la batería en corriente alterna, lo que habilita su uso en equipos convencionales.

En la Tabla 2 se describen los resultados del dimensionamiento del sistema.

Tabla 2

Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico

PARÁMETRO DE DISEÑO	CANTIDAD
Potencia demandada	0,504 kWh
Radiación promedio más baja	4710 Wh/m2
Hora Solar Pico	4,71 h
Número de módulos solares de 110 WP	0,972
Potencia máxima necesaria	120 W
Potencia máxima generada	500 W
Capacidad de batería requerida	80 Ah
Capacidad de batería real	100 Ah

La Tabla 3 proporciona un desglose de los equipos utilizados en la construcción de la estación de carga solar.

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

Tabla 3

Equipos de Sistema de Carga Solar

ELEMENTO DEL SISTEMA	MODELO	CARACTERÍSTICAS GENE- RALES
Panel solar	RSM110P	110 Wp, Policristalino, 36 celdas
Controlador de carga	SHS-10	10 A y 12 VDC
Batería	HTB12-100	100 Ah, 12 VDC
Inversor	TW-500 ZONHAN	500W, IN:12V, OUT:110V
Sensor de movimiento	360 ° 50 MM Maviju	120-240 V, ajustable de 3 lx a 2.000 lx
Luminaria LED	Panel cuadrado 6 W Sylvania	100-240 V, 350 lm, 6 W
Tomacorriente	Toma polarizado Maviju	125-250V, 15A+2 USB (2.1A –1A)

En la Figura 4 se observa el prototipo implementado siendo utilizado por los estudian- tes de la facultad durante la noche.

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

Figura 4
Estación de Carga Implementada

Para comprobar que el modelo de carga solar funcionara correctamente, se conectaron distintos dispositivos móviles y se verificó que se cargaran correctamente. En la Figura 5 se muestra la toma de medidas para validar los resultados, los cuales se detallan en la Tabla 4.

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

Tabla 4

Voltajes de Salida de Dispositivos

EQUIPO	VOLTAJE
Panel solar	21,50 V DC
Controlador de carga	12,78 V DC
Batería	12,78 V DC
Inversor	115,50 V AC
Tomacorriente AC	114,90 V AC
Tomacorriente USB	5,13 V DC

Figura 5

Toma de Medidas de Voltaje del Sistema

En base a la bibliografía disponible, se calcularon teóricamente los valores energéticos que el sistema debía entregar a los usuarios; se consideró un escenario en el que se alcance el número máximo de usuarios que usan el terminal de carga en un periodo de tiempo específico.

Para la selección de los materiales y dispositivos requeridos para construir el prototipo, se hicieron cálculos teóricos para identificar los equipos cuyas características técnicas se aproximaban más a las disponibles comercialmente.

Los materiales para armar el soporte estructural del prototipo se seleccionaron según su capacidad para resistir tanto la corrosión como las fuerzas físicas causadas por el clima. Tras un análisis, se determinó que los materiales más idóneos para ofrecer una mayor protección eran el acero galvanizado y el acero inoxidable.

Previamente a la instalación del sistema, se analizó que la zona elegida cuente con una superficie adecuada que permita realizar trabajos adicionales de mejora del suelo para garantizar una correcta fijación de la estructura.

Una vez instalado el prototipo, se probó el sistema midiendo el voltaje a la salida de cada tomacorriente, comprobando el correcto funcionamiento de cada equipo y del sistema en su conjunto.

Como prueba de verificación final, se solicitó a los estudiantes que conecten sus dispositivos móviles al prototipo, y se logró observar que se cargaron correctamente (Figura 6).

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

Figura 6

Conexión de Dispositivos Móviles al Prototipo

La Figura 7 ilustra el monitoreo que se efectuó mediante el equipo FLUKE 435-2, en el cual se observó el uso en términos de corriente y potencia requeridos por los usuarios del prototipo. En esta representación se evidencia la concordancia de los datos calculados y los datos reales promedio de consumo.

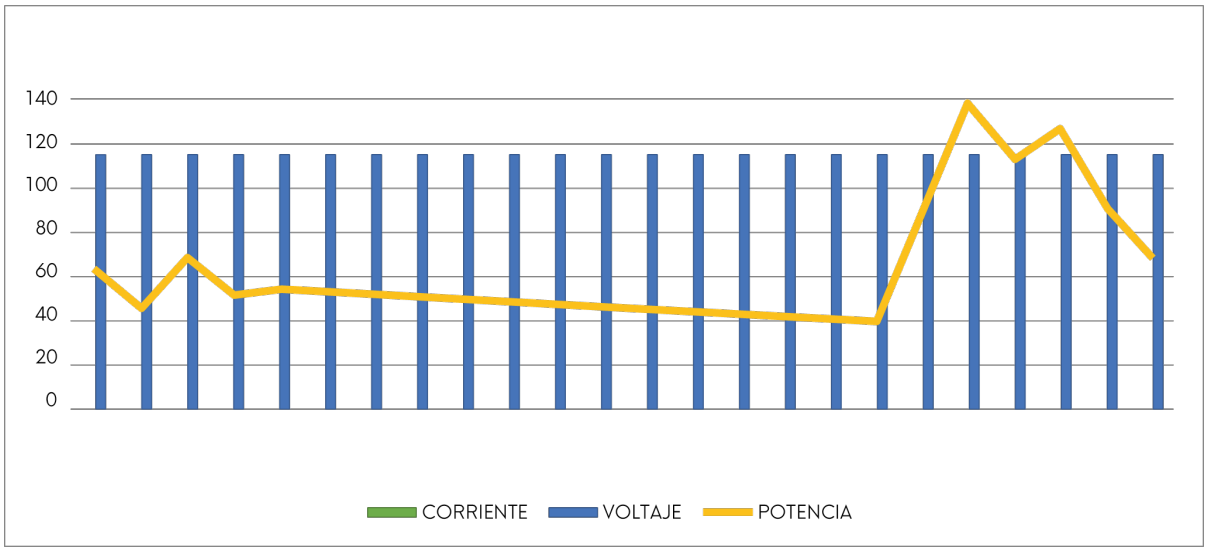

Figura 7

Consumo Energético Promedio del Prototipo Implementado

Distintos criterios se tomaron en cuenta para elaborar el manual de uso y mantenimiento de la estación; por ejemplo: conceptos generales de los dispositivos que componen el sistema, su objetivo de diseño, posibles problemas que puedan ocurrir durante su funcionamiento, soluciones a dichos inconvenientes y recomendaciones para conservar apropiadamente el prototipo.

En lo que respecta al impacto tecnológico y social, la creación de espacios que permitan visualizar las aplicaciones y ventajas de las energías verdes dentro del campus universitario, pretende concientizar tanto a los estudiantes como a los docentes sobre la importancia de este tipo de fuentes energéticas para la sostenibilidad de las actividades humanas. Adicionalmente, se establece que este modelo podría ser replicado por gobiernos municipales para crear espacios verdes y tecnológicos que la ciudadanía pueda usar libremente.

Conclusiones

Se diseñó, construyó e implementó un modelo de estación de carga que emplea energía solar con el propósito de ofrecer a estudiantes, docentes y usuarios en general de la Facultad de Energía UNL un medio para recargar sus dispositivos móviles y a la vez brindar un espacio cómodo para el desarrollo de sus actividades académicas al aire libre.

El análisis comparativo de información proveniente de diferentes fuentes bibliográficas sobre los elementos que componen un sistema fotovoltaico permitió la formulación y aplicación de conceptos y

recomendaciones necesarias para la correcta implementación del punto de carga solar.

La selección de los equipos y accesorios del sistema se llevó a cabo mediante el uso de cálculos teóricos basados en fórmulas derivadas de la revisión bibliográfica. Estos valores obtenidos permitieron dimensionar correctamente cada elemento del prototipo y obtener el desempeño esperado.

Inspeccionar previamente la zona de implementación del modelo propuesto fue fundamental para la selección de materiales capaces de resistir el impacto de la intemperie y de las fuerzas físicas que puedan presentarse. Esta evaluación también permitió garantizar la protección de los componentes internos y brindar un lugar cómodo para los estudiantes. Como resultado de este análisis, se concluyó que utilizar acero galvanizado y acero inoxidable era una alternativa favorable.

La revisión de diversas fuentes bibliográficas sobre la irradiación solar en el lugar escogido para instalar el modelo, reveló que el valor promedio más bajo se registra en el mes de junio, con 4,71 kW/m2, mientras que el valor más alto se observa en el mes de octubre, alcanzando 5,48 kW/m2.

Realizar mediciones a la salida de los dispositivos instalados; así como, durante su funcionamiento, permitió determinar que el sistema en conjunto funciona correctamente y según las expectativas establecidas.

Estudiantes, docentes y demás personal de la Facultad de Energía UNL pueden utilizar el prototipo de carga solar para acceder a electricidad y recargar sus dispositivos móviles. Esto les permite experimentar las ventajas derivadas del uso adecuado de fuentes de energía verde y verificar sus aplicaciones prácticas.

La viabilidad del prototipo, diseñado para su implementación y replicación en zonas como campus universitarios, parques y zonas comunes, se sustenta en el presupuesto establecido y en la facilidad para la adquisición de los materiales y equipos utilizados.

En términos de trabajos futuros, se considera la posibilidad de diseñar una estación solar de carga para bicicletas eléctricas y monopatines, así como la implementación de sistemas de iluminación solar mimetizada y sostenible. Estas iniciativas permitirán la creación de un ambiente que fomente la aplicación de energías limpias y promueva la concientización sobre la sostenibilidad en zonas urbanas.

Reconocimientos

Esta propuesta forma parte del Trabajo de Titulación: “Diseño y construcción de un prototipo de estación solar de carga de dispositivos móviles para el I.TEC de la Universidad Nacional de

Loja". Los autores expresan su agradecimiento a Miguel Alejandro González por su participación en el trabajo y al Centro de Investigación I.TEC de la UNL.

Referencias

Alexis, B. L. R., & Cedeno, E. A. L. (2020). The generation of electrical energy for industrial development in Ecuador from the use of renewable energy. *Universidad Ciencia y Tecnología, 24* (104 SE-ELECTRIC INGEENIERING). https://doi.org/10.47460/uct.v24i104.364

Almeida, R. H., & Brito, M. C. (2015). A review of technical options for solar charging stations in Asia and Africa. Aims Energy, 3(3), 428–449.

Aparicio, M. P. (2020). *Energía solar fotovoltaica: 3a edición.* Marcombo.

Arabpour Roghabadi, F., Ahmadi, N., Ahmadi, V., Di Carlo, A., Oniy Aghmiuni, K., Shokrolahzadeh Tehrani, A., Ghoreishi, F. S., Payandeh, M., & Mansour Rezaei Fumani, N. (2018). Bulk heterojunction polymer solar cell and perovskite solar cell: Concepts, materials, current status, and opto-electronic properties. *Solar Energy,* 173, 407–424. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.07.058

AREATECNOLOGIA. (n.d.). *Dimensionado Instalación Fotovoltaica*. https://www.areatecnologia.com/ electricidad/dimensionado-instalaciones-fotovoltaicas.html

Battersby, S. (2019). The solar cell of the future. Proceedings of the National Academy of Sciences, 116(1), 7–10. https://doi.org/10.1073/pnas.1820406116

Borges Neto, M. R., Carvalho, P. C. M., Carioca, J. O. B., & Canafístula, F. J. F. (2010). Biogas/photovoltaic hybrid power system for decentralized energy supply of rural areas. *Energy Policy, 38*(8), 4497–4506. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.04.004

Coria, I. D. (2014). Energías renovables en la provincia de Santa Fe: situación actual y perspectivas. *Invenio: Revista de Investigación Académica,* 33, 5–7.

Corporación para la Investigación Energética CIE. (n.d.). *Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica*. https://www.academia.edu/40441973/ATLAS_SOLAR_DEL_ECUADOR_CON_FINES_DE_GENERACIÓN_ELÉCTRICA_Corporación_para_la_Investigación_Energética

Dincer, I., & Rosen, M. A. (2013). Chapter 4 - Exergy, Environment And Sustainable Development. In I. Dincer & M. A. Rosen (Eds.), *Exergy*

(Second Edition) (Second Edi, pp. 51–73). Elsevier. https://doi.org/ https:// doi.org/10.1016/B978-0-08-097089-9.00004-8

Dolezal, A., Majano, A., Ochs, A., & Palencia, R. (2013). La ruta hacia el futuro para la energía renovable en Centroamérica. *Evaluación de La Situación Actual, Mejores Prácticas, Análisis de Brechas. Washington, USA: Worldwatch Institute*.

Grisales, E. A. D., Ruiz, J. D. G., Grisales, P. M. O., Tobin, A. F. L., Lopez, S. C., & Piedrahta, A. F. I. (2018). Design and Construction of a Stand-Alone PV System for Charging Mobile Devices in Urban Landscapes in Medellin. *International Journal of Renewable Energy Research (IJRER), 8*(1), 258–265.

Jordehi, A. R. (2016). Parameter estimation of solar photovoltaic (PV) cells: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 61*, 354–371. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.03.049

Lal, D. K., Dash, B. B., & Akella, A. K. (2011). Optimization of PV/wind/ micro-hydro/diesel hybrid power system in HOMER for the study area. *International Journal on Electrical Engineering and Informatics, 3*(3), 307.

Lan, T. T., Jirakiattikul, S., Chowdhury, M. S., Ali, D., Niem, L. D., & Techato, K. (2020). The Effect of Retail Electricity Price Levels on the FI Values of Smart-Grid Rooftop Solar Power Systems: A Case Study in the Central Highlands of Vietnam. *Sustainability,* 12(21). https://doi.org/10.3390/su12219209

Mani, M., & Pillai, R. (2010). Impact of dust on solar photovoltaic (PV) performance: Research status, challenges and recommendations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14*(9), 3124–3131. https://doi.org/ https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.07.065

MORNINGSTAR Corporation. (n.d.). *SHS User's* Manual. https:// www.morningstarcorp.com/wp-content/ uploads/operation-manual-shs-de-en-es-fr.pdf

Nasiri, A. (2008). Integrating energy storage with renewable energy systems. 2008 34th *Annual Conference of IEEE Industrial Electronics*, 17–18. https://doi.org/10.1109/IECON.2008.4757918

ProViento SA. (2023). *Bateria Solar de GEL vida útil prolongada 100Ah/ 12VDC*. https://proviento.com.ec/ baterias-solares/199-bateria-solar-de-gel-vida-util-prolongada-100ah12vdc.html

Resun Solar Energy. (n.d.). *Small Modules—Off-Grid Modules*. Resun. https://www.resunsolar.com/products/ small-modules/

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

Rosales Perez, C. E. (2019). *Implementacion de un sistema de carga para celulares mediante energía solar fotovoltaica*.

SESLab - Tecnológico de Costa Rica. (n.d.). 6. *El concepto de hora solar pico*. https://seslab.org/fotovoltaico/6_ el_concepto_de_hora_solar_pico.html

Setyawati, D. (2020). Analysis of perceptions towards the rooftop photovoltaic solar system policy in Indonesia. https://doi.org/ https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111569

Sharma, S., Jain, K., & Sharma, A. (2015). Solar Cells: In Research and Applications—A Review. *Materials Sciences and Applications*, 1145–1155. https://doi.org/10.4236/msa.2015.612113

Sierra, A., & Reinders, A. (2021). Designing innovative solutions for solar-powered electric mobility applications. Progress in Photovoltaics: Research and Applications, 29(7), 802–818. https://doi.org/ 10.1002/pip.3385

Solar Power Authority Staff. (n.d.). How to Calculate Your Peak Sun-Hours. Solar Power Authority. https://www.solarpowerauthority.com/how-to-calculate-your-peak-sun-hours/

Toshov, J., & Saitov, E. (2019). Portable autonomous solar power plant for individual use. *E3S Web of Conferences, 139*, 1087.

Vaca Revelo, D., & Ordóñez, F. (2020). *Mapa Solar del Ecuador 2019*.

ZONHAN. (n.d.). *ZONHAN TW500 PURE SINEWAVE INVERTER*. https://www.proviento.com.pe/Zonhan_ TW500_datasheet.pdf

Zoulias, E. I., & Lymberopoulos, N. (2007). Techno-economic analysis of the integration of hydrogen energy technologies in renewable energy-based stand-alone power systems. *Renewable Energy, 32*(4), 680–696. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2006.02.005

AmeliCA

Disponible en:
/articulo.oa?id=84449318444931001

Cómo citar el artículo

Número completo

Más información del artículo

Página de la revista en redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica

Miguel Alejandro, Rodolfo Merino, Jorge Carrión, Andy Vega, Jonathan González, Alba Vargas

Diseño y construcción de un prototipo de estación de carga solar para dispositivos móviles

Design and construction of a prototype of a solar charging station for mobile devices

Revista Tecnológica ESPOL - RTE
vol. 35, núm. 2, Esp. p. 12 - 26, 2023
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
rte@espol.edu.ec

ISSN: 0257-1749 **/ ISSN-E:** 1390-3659

DOI: https://doi.org/10.37815/rte.v35n2.1015

CC BY-NC 4.0 LEGAL CODE
Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.