INVESTIGACIÓN

Girasol tecnológico

Technological sunflower

Ing. Lázaro Santana Linares [1*], Maikol Ismael Mirabal Hidalgo [2], M. Sc. Raydel García Mesa [3]

Recibido: 01/2026 | Aceptado: 03/2026 | Publicado: 07/2026

Resumen

En la actualidad, el aprovechamiento racional de la energía es un aspecto fundamental para la humanidad. Para lograr la optimización de la energía solar obtenida por una instalación fotovoltaica existen dos metodologías: la primera consiste en mejorar los componentes internos de un panel fotovoltaico de manera que su rendimiento aumente y, la segunda, en aumentar la cantidad de radiación solar recibida por el panel. El presente artículo se enfoca en la segunda metodología. Para esto, se busca que el área del panel fotovoltaico permanezca en posición perpendicular a la radiación lumínica de la fuente de luz. Con tal objetivo, se muestra el desarrollo e implementación de un prototipo de seguidor solar de dos ejes, para ser aplicado a diversos sistemas fotovoltaicos y de captación solar. Esta aplicación permite que el sistema fotovoltaico incremente su producción de un 20 a un 40 %. Se diseñó y construyó un dispositivo de bajo costo, de construcción sencilla, con estructura flexible y adaptable

[1*] Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (CUJAE). Calle 9naB /282 y 284, Santa Fe, Playa, La Habana. lazarosantana9627@gmail.com

[2] Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (CUJAE). Calle 9naB /282 y 284, Santa Fe, Playa, La Habana. maikolmirabal@nauta.cu. Afiliación institucional completa. Dirección postal. maikolmirabal@nauta.cu

[3] Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (CUJAE). Calle 9naB /282 y 284, Santa Fe, Playa, La Habana. raydel.gm@cime.cujae.edu.cu

a otros módulos solares, de funcionamiento automático y continuo, de bajo consumo de corriente eléctrica, y que puede ser utilizado en otras aplicaciones que requieran una actividad de seguimiento solar. Se utilizó una placa de Arduino Nano; motores de paso con su controlador; sensores LDR (Light Dependent Resistor), es decir, fotorresistencia; y un módulo Bluetooth para la comunicación inalámbrica con dispositivos Android. Además, se desarrolló una aplicación para facilitar su uso por el usuario, una batería y una placa electrónica para la conexión de todos los componentes.

Palabras clave: Seguidor solar, Arduino, Prototipo, Sistema fotovoltaico

Abstract

At present, the rational use of energy is a fundamental aspect for human communities. To achieve the optimization of the solar energy obtained by a photovoltaic installation there are two methodologies. The first is to improve the internal components of a photovoltaic panel so that its performance increases. The second is to increase the amount of solar radiation received by the panel. This article focuses on the second methodology. For this, it is sought that the area of the photovoltaic panel remains perpendicular to the light radiation of the light source. With this objective, the development and implementation of a prototype of a two-axis solar tracker is shown, to be applied to various photovoltaic and solar collection systems. This application allows the photovoltaic system to increase its production by 20 to 40%. A low-cost device was designed and built, with low electrical current consumption, of simple construction, with a flexible structure and adaptable to other solar modules, with automatic and continuous operation, and that can be used in other applications that require an activity of solar tracking. An Arduino Nano board, stepper motors with their controller, LDR (Light Dependent Resistor) sensors, a Bluetooth module were used for wireless communication with Android devices. In addition, an application was developed to facilitate its use by the user, a battery and an electronic board for the connection of all the components.

Keywords: *Solar tracker, Arduino, Prototype, Photovoltaic system*

Introducción

Los requerimientos de la vida moderna están originando que la humanidad sea más dependiente de los recursos energéticos empleados en iluminación, refrigeración, calefacción y transporte. Lo anterior ha traído un alto consumo de combustibles fósiles ocasionando un agotamiento de estos, una aceleración del calentamiento global del planeta y una elevación del nivel de los océanos (Anusha, 2017). Los problemas de contaminación, riesgo y deterioro del medio ambiente son el motivo por el cual es importante buscar fuentes alternativas de energía a la nuclear y a la derivada de combustibles fósiles.

Afrontar las necesidades energéticas de manera sostenible contribuirá en gran medida a la solución de los retos de principio de siglo como la pobreza, el cambio climático, la seguridad alimentaria, entre otros (Casimiro *et al*., 2018). La convergencia actual de diversas crisis (económica, junto con la continua volatilidad de los precios del petróleo y los alimentos) configura un escenario adecuado para plantear una nueva formulación de las políticas, así como para destinar mayores inversiones hacia un proceso de desarrollo más seguro y sostenible.

La cantidad de energía solar recibida anualmente por la Tierra es 1,5 x 18 KWh, lo que representa 10 000 veces el consumo de energía en ese mismo período, o sea, el Sol es el actor principal de los procesos biológicos en la tierra y puede ser considerado una fuente inagotable de energía que puede ser aprovechada mediante un adecuado sistema de captación y conversión a energía eléctrica y/o térmica, por mencionar solo algunas (Echenique *et al*., 2018). Los sistemas de energía solar aprovechan la radiación solar incidente sobre la Tierra para generar energía eléctrica o calefacción. El aprovechamiento de la energía solar presenta ciertas dificultades sobre las cuales se está investigando para lograr de forma adecuada su aprovechamiento (Anusha, 2017).

En el caso de Cuba, el Sol brinda al territorio nacional a diario la energía equivalente a 0,5 litros de petróleo en cada metro cuadrado de la isla. Si calculamos la cantidad para 110 mil km2 que tiene Cuba, llegamos a la sorprendente conclusión de que el país recibe diariamente en energía solar el equivalente a 55 millones de toneladas de petróleo (*Ecured*, 2020).

Sin embargo, de toda esta cantidad de energía, solo se aprovecha un porcentaje discreto, en comparación con los otros combustibles, debido a varios factores, entre los que se destacan los altos costos de las tecnologías para la captación de la energía solar y el aprovechamiento de estos sistemas.

Dentro de los distintos tipos de sistemas de captación solar destaca la fotovoltaica, la cual convierte la radiación proveniente del Sol en energía eléctrica. Existen dos formas de lograr un mejor aprovechamiento de la energía solar que se obtiene: (a) mejorar los componentes internos de las celdas fotovoltaicas (materiales y métodos de fabricación) de manera que su rendimiento aumente (*El Porvenir*, 2020), y (b) aumentar la cantidad de radiación solar recibida, buscando que el área del panel permanezca en posición perpendicular a la radiación solar (Onudi, 2009).

Con el empleo de instalaciones fotovoltaicas se puede obtener electricidad y emplearla en viviendas o con fines industriales; la electricidad obtenida puede usarse de manera directa o bien ser almacenada en acumuladores para luego utilizarse en horas nocturnas o en días que carecen de la presencia del Sol. En los últimos años el empleo de esta fuente de energía se ha ampliado desde usos comunes, como alumbrado público, alimentación de semáforos, calculadoras y otros equipos electrónicos, hasta llegar a la sorprendente aplicación en la transportación aérea, marítima y terrestre.

En los sistemas de aprovechamiento de energía solar es de gran importancia tener la capacidad de realizar un seguimiento adecuado del Sol, con la finalidad de poder adquirir la máxima cantidad de radiación en todo momento del día [Panati (2015); Plesz, *et al.*, (2009)] Con este fin, se utilizan los llamados seguidores solares, que son dispositivos electro-mecánicos que orientan la superficie captadora durante el recorrido aparente del Sol. El objetivo de este proyecto es presentar el desarrollo e implementación de un prototipo que permite realizar el seguimiento de la trayectoria solar, posibilitando así el aumento de la radiación captada por el módulo solar mediante el movimiento continuo del panel, para mejorar el rendimiento de una instalación fotovoltaica, siendo su construcción de bajo costo.

Materiales y métodos

En esta investigación se emplearon los siguientes materiales y métodos: la observación de trabajos relacionados con la temática en cuestión, el uso de Internet, el trabajo con artículos disponibles online sobre el tema, la entrevista con especialistas en paneles solares, estudio de los servomotores de Arduino y consultas bibliográficas en bibliotecas.

Seguidor solar

Un seguidor solar es un dispositivo conformado por una parte fija y una móvil, cuya finalidad es aumentar la obtención de radiación solar, para lo cual cuenta con una superficie de captación que debe permanecer perpendicular a los rayos del Sol durante el día y dentro de su rango de movimiento. Estos se usan en todas las tecnologías de seguimiento solar: energía solar fotovoltaica convencional, energía solar fotovoltaica de concentración y energía termosolar de concentración (Echenique *et al*., 2018).

Un sistema de seguimiento solar maximiza la producción de electricidad de su sistema solar al mover sus paneles para seguir al Sol durante todo el día, lo que optimiza el ángulo en el que sus paneles reciben radiación solar. Los seguidores solares se utilizan, generalmente, para paneles solares montados en el suelo y grandes instalaciones solares independientes como los árboles solares.

Cuando los paneles solares están expuestos a la luz solar, el ángulo en el que los rayos solares se encuentran con la superficie del panel solar (conocido como el ángulo de incidencia) determina qué tan bien el panel puede convertir la luz entrante en electricidad. Cuanto más estrecho es el ángulo de incidencia, más energía puede producir un panel fotovoltaico. Los seguidores solares ayudan a minimizar este ángulo trabajando para orientar los paneles de modo que la luz los golpee perpendicularmente a su superficie (Plesz, *et al*., 2009).

Los seguidores solares pueden ser clasificados según el tipo de movimiento que realicen y según el algoritmo de seguimiento.

Seguidor solar según el tipo de movimiento

Seguidor de un solo eje

La rotación de la superficie de captación se hace sobre un solo eje, este puede ser horizontal, vertical u oblicuo. Dicho tipo de seguimiento representa un mínimo grado de complejidad y su costo es menor en comparación con otros tipos de seguidores. La limitación de este tipo de seguidor consiste en no poder realizar un seguimiento completo del Sol ya que solo puede seguir ya sea el azimut o la inclinación solar, pero no ambas (*Plesz, et al.*, 2009).

Seguidor de dos ejes

Este tipo de seguidor cuenta con dos grados de libertad y está en capacidad de realizar un seguimiento total del Sol, tanto en inclinación como en azimut, aunque el rendimiento de la instalación puede ser superior en comparación con los de un solo eje, es importante mencionar que el de dos ejes resulta ser más costoso (*Plesz, et al.*, 2009) En la figura 1 se representan los seguidores solares según su tipo de movimiento.

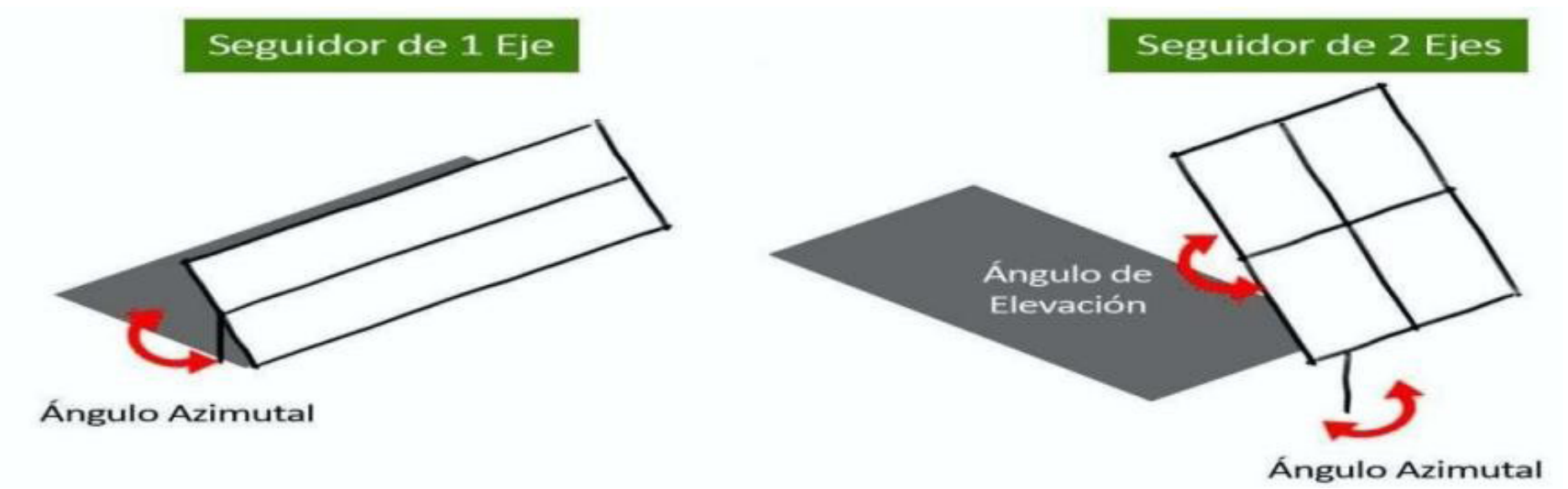


Figura 1. Esquema de seguimiento solar

Seguidor solar según el tipo de algoritmo de seguimiento

Seguimiento por reloj solar

Este tipo está sujeto a la unidad de tiempo de 24 horas y varía su posición respecto al ciclo de esta unidad, con un seguimiento efectivo de 12 horas. Efectúa su movimiento en un ángulo de 120 º. Para conseguir esto se le incorpora al dispositivo un Reloj de Tiempo Real (RTC), que se compone de un microcontrolador que cuenta el tiempo de manera precisa y, además, incorpora un sensor para compensar los cambios de temperatura que alteran los electrones del cristal de silicio (Lakeou *et al.*, 2006)

Según la luminosidad

El algoritmo de este tipo de seguidor basa su funcionamiento en la señal entregada por uno o varios sensores, dependiendo de dicha señal se envía un comando de control a uno o varios motores para que se posicionen en el punto más adecuado de luminosidad. Este tipo de seguimiento resulta ser de fácil implementación (Plesz, *et al*., 2009).

Con programación astronómica

Este tipo de seguidor presenta una total independencia de las condiciones climáticas ya que su algoritmo no requiere de sensores que indiquen cuál es el punto más luminoso. El seguimiento en este caso depende de una serie de ecuaciones que predicen la ubicación del Sol en cualquier momento. Aunque este modelo resulta ser de gran precisión, cabe mencionar que la implementación del algoritmo representa un alto grado de complejidad (Sierra *et al*., 2008).

Se eligió para este proyecto un prototipo de seguidor solar que realice su movimiento en los dos ejes y que desarrolle un algoritmo de seguimiento según su luminosidad. Dispositivo económico, con componentes de bajo costo y reciclados. Para su realización se eligió una placa de Arduino Nano porque esta ofrece una gran compatibilidad con todos los módulos que existen en el mercado enfocados a Arduino, es de bajo costo y de programación sencilla y flexible. Una vez configurado, puede hacer un seguimiento solar de manera desatendida y automática.

Diseño general

El nuevo prototipo de seguidor solar está ahora constituido por tres etapas principales: sistema electrónico, sistema electromecánico y *software*. Antes de la confección del dispositivo se realizó la simulación en Proteus (Proteus Design Suite), como se observa en la figura 2. En dicha simulación se comprobó su correcto funcionamiento.

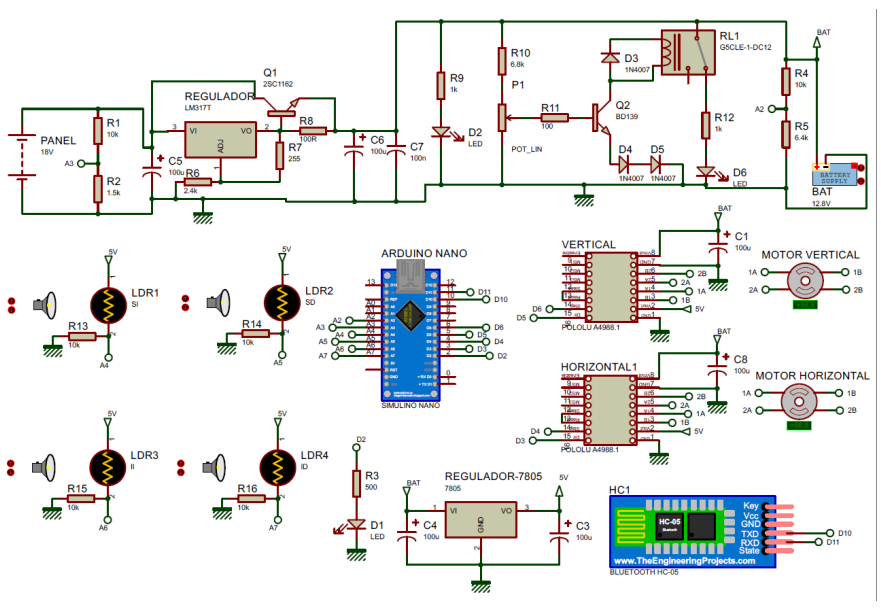


Figura 2. Simulación del prototipo en Proteus

Sistema electrónico

En la figura 3 se ilustra el esquema electrónico del prototipo.

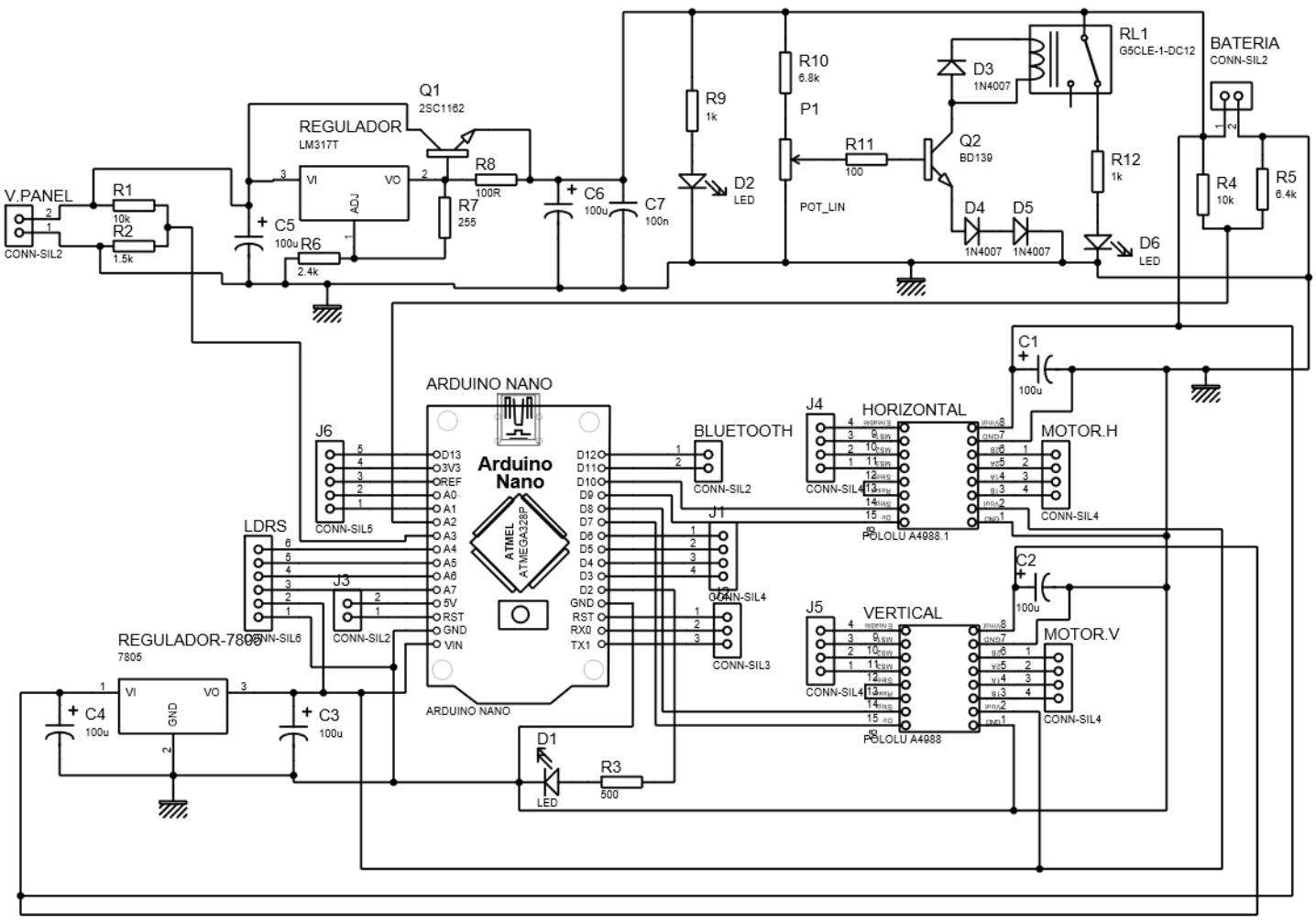


Figura 3. Esquema electrónico del prototipo

Microcontrolador

Arduino es una plataforma electrónica abierta para la creación de prototipos y aplicaciones basadas en microcontroladores, donde tanto el *software* como el *hardware* son libres, flexibles y fáciles de usar. Puede tomar información del entorno que lo rodea a través de sus pines de entrada, a los que se le puede conectar una amplia gama de sensores y transductores. Del mismo modo, puede actuar sobre dicho entorno mediante sus pines o líneas de salida. Con dichas líneas es posible controlar luces, motores, relés, altavoces y todo tipo de actuadores (*Sitiosolar*, 2020).

El microcontrolador de la placa Arduino se programa mediante el lenguaje de programación Arduino. Es un lenguaje de alto nivel con unas sentencias y sintaxis muy similares a las de lenguaje C. También posee un entorno de desarrollo basado en *Processing*, que permite la edición de un programa con el lenguaje Arduino, su verificación, su compilación y la grabación sobre el controlador (*Sitiosolar*, 2020).

El sistema de seguimiento usa la placa Arduino Nano (Figura 4) como controlador principal. Dicha placa será utilizada para el control de los motores a través de cuatro salidas digitales conectadas a dos controladores A4988, así como también será utilizada para leer la información

de los cuatro sensores de radiación por medio de cuatro entradas analógicas. En el cuadro 1 se observan las características técnicas de la placa Arduino Nano.



Figura 4. Arduino Nano

Cuadro 1. Características técnicas de la placa Arduino Nano

Microcontrolador	**ATmega 328**
Voltaje de entrada	7-12V
Voltaje de trabajo	5V
Pines digitales de E/S	22 (6 salidas PWM)
Pines analógicos de E/S	8
Corriente por pines de E/S	40 mA
Memoria Flash	32 KB con 2 KB para el bootloader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Velocidad de reloj	16 MHz

Control de motor paso a paso A4988

La placa A4988 o driver A4988 «Pololu» (Figura 5) controla un motor paso a paso de hasta 2A. Posee cinco resoluciones diferentes: paso completo, medio paso, cuarto de paso, octavo de paso y dieciseisavo de paso. El control se realiza de forma que cada pulso de entrada escalón corresponde a un micropaso del motor paso a paso en la dirección seleccionada por el pin DIR (Lakeou *et al*., 2006). Se utilizaron dos *drivers* A4988, para el control de los dos motores de paso utilizados, se configuraron para un funcionamiento a pasos completos y a 1A.



Figura 5. Driver A4988

Sensores de posición solar

Para el posicionamiento se emplearon sensores LDR o fotorresistencia, que consiste es una resistencia variable en función de la luz incidente sobre su superficie. Cuanto mayor sea la intensidad de la luz que incide en la superficie del LDR menor será su resistencia y cuanta menos luz incida mayor será su resistencia (Sitiosolar, 2020). Para el presente proyecto se dispusieron cuatro sensores LDR, uno para cada cuadrante del panel o módulo solar (superior derecho e izquierdo, inferior derecho e izquierdo), como se ilustra en la figura 6.

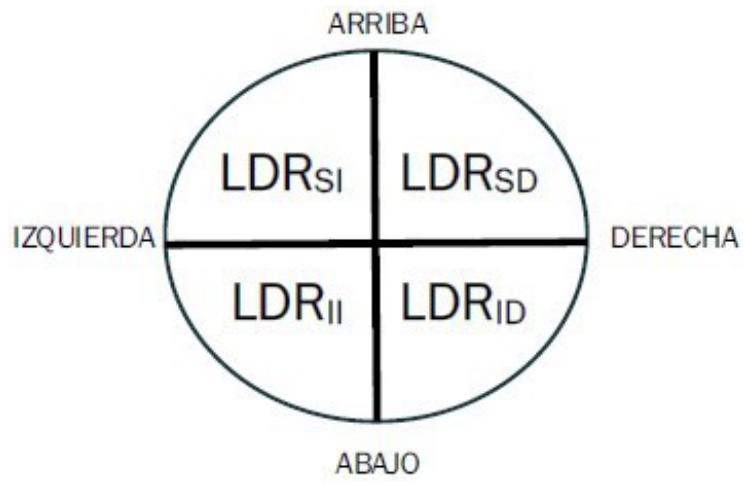


Figura 6. Distribución de los LDR

El sistema siempre lleva a que los cuatro sensores tengan la misma intensidad de luz, lo que indica que el panel está orientado hacia el Sol. Las señales acondicionadas provenientes de cada LDR son leídas en entradas independientes del Arduino Nano, el cual realiza su calibración, cálculo y ejecuta los movimientos correspondientes de los motores de paso. Se incorporó un diodo emisor de luz (LED) que permite visualizar el tiempo de calibración de los LDR.

Módulo Bluetooth

Al sistema se le incorporó el Módulo Bluetooth HC-05 (Figura 7). Este conecta el Arduino con un dispositivo de forma inalámbrica (Bluetooth), con la facilidad de operación de un puerto serial. Todos los parámetros del módulo se pueden configurar mediante

comandos AT. La comunicación Bluetooth se da entre dos tipos de dispositivos: un maestro y un esclavo. Se denomina Bluetooth al protocolo de comunicación diseñado especialmente para dispositivos de bajo consumo que requieren corto alcance de emisión y basados en transceptores de bajo costo.



Figura 7. Módulo Bluetooth HC-05

Batería

Para la acumulación de la carga eléctrica que genera el sistema fotovoltaico se desarrolló una batería con celdas de litio 18650 recicladas de laptops y baterías de vehículos eléctricos. Esta también se utiliza como fuente de alimentación del circuito electrónico y los dispositivos utilizados, lo que permite un sistema autoalimentado y de funcionamiento constante.

Se utilizaron un total de 12 celdas, conectadas en tres columnas y cuatro filas. Se obtuvo como resultado un batería de litio de 12,6V y 10A, similar a la que se ilustra en la figura 8.

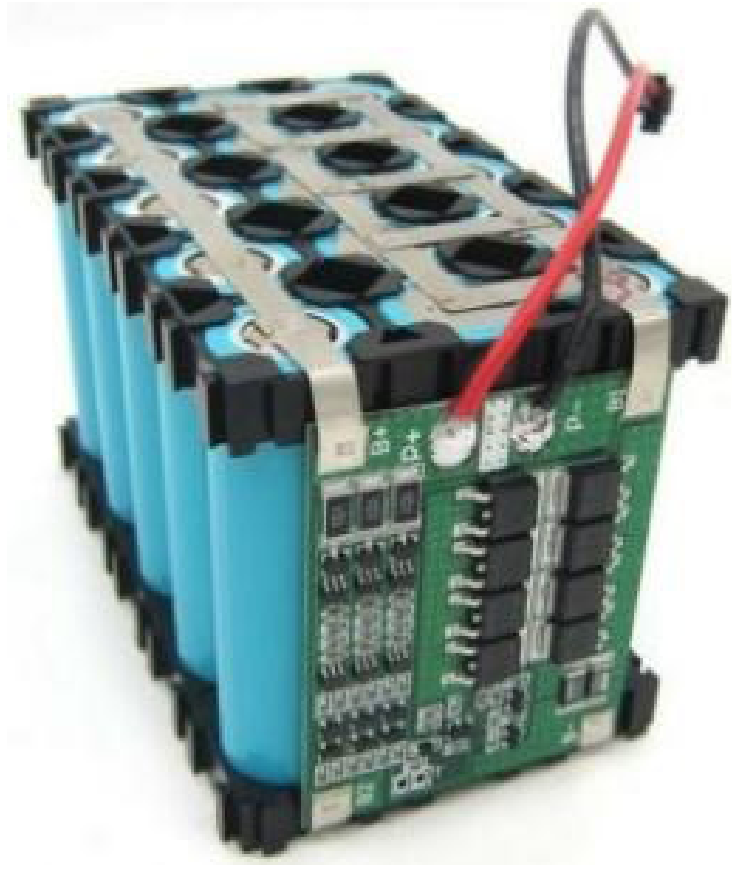


Figura 8. Batería.

Placa electrónica

Se desarrolló una placa de circuito impreso (PCB) para la conexión de los dispositivos electrónicos del prototipo: placa Arduino Nano, controladores A4988, sensores LDR y módulo Bluetooth. Además, se implementó un circuito para la regulación del voltaje entregado por el sistema fotovoltaico y la desconexión automática de la batería, esto facilitó la adecuada carga de la misma. Se utilizaron: resistencias de 100Ω 3W, 100Ω, 255Ω, 1KΩ, 1,5KΩ, 2,4KΩ, 6,4KΩ, 10KΩ y un potenciómetro; capacitores electrolíticos de 100uF 50V y 100uF 25V; diodos 1N4007; LEDs de 5mm 3,6V; un transistor 2SC1162 y un BD139, un relé 12V y un regulador de voltaje LM317T.

En dicho circuito se añadieron componentes electrónicos para la visualización, protección de los dispositivos y regulación del voltaje de alimentación. Dichos componentes son: regulador de voltaje 7805, capacitores electrolíticos de 100uF 50Vy 100uF 16V, resistencias de 500Ω y 10KΩ, y un LED de 5mm 3,6V.

En la figura 9 se observan las dos caras de la PCB desarrollada en Proteus. Sus dimensiones son: 97,3 mm de ancho y 121,5 mm de largo.

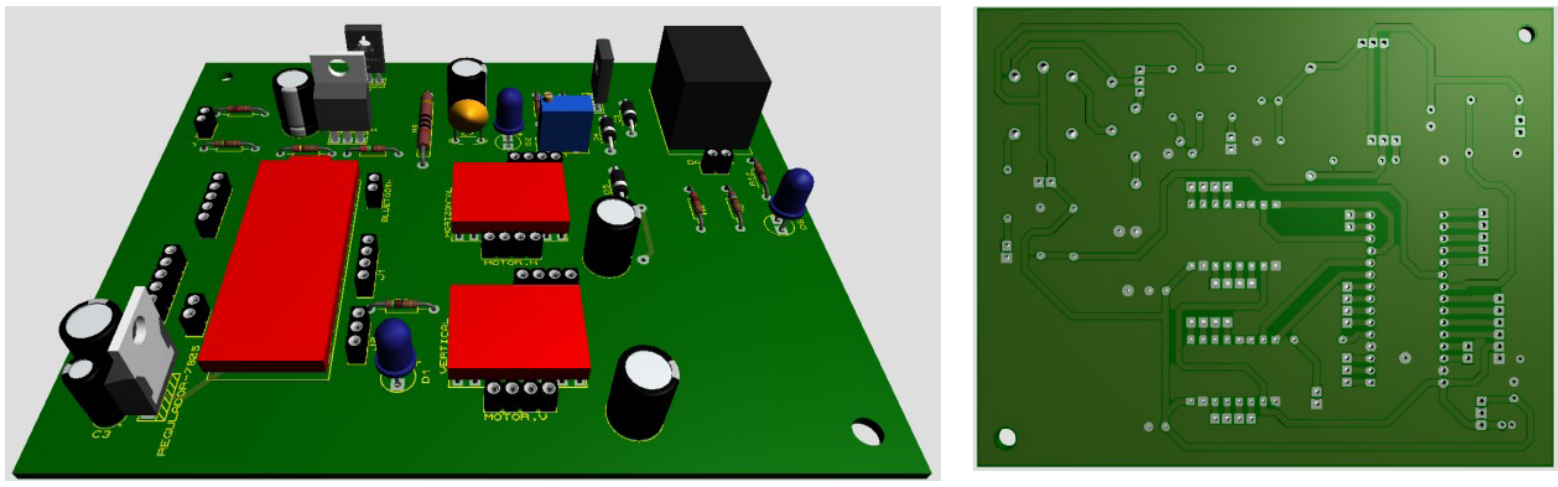


Figura 9. PCB del prototipo

Sistema electromecánico

Estructura metálica

Para la sujeción del panel solar se empleará una pieza metálica en forma de U en la cual descansará el módulo fotovoltaico. Dicha pieza descansará sobre una base metálica en forma de cubo, para este prototipo se utilizó un chasis reciclado de una fuente de alimentación de computadora. Dentro de esta base se colocará la placa de circuito impreso. Se utilizaron también reductores reciclados de impresoras en desuso para mejorar la movilidad del sistema.

Es importante señalar nuevamente que todo el conjunto descrito será muy ligero para evitar el uso de motores con grandes dimensiones, ya que aumentaría el costo y la complejidad del sistema.

Motores paso a paso

El motor paso a paso, conocido también como motor de pasos, es un dispositivo electromecánico que convierte una serie de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares discretos, lo que significa que es capaz de girar una cantidad de grados dependiendo de sus entradas de control (Lakeou *et al*., 2006). En este prototipo se utilizaron dos motores de paso EM-323 reciclados de una impresora EPSOM LX-300+. Los cuales tienen un paso de 3,75 º (96 pasos por vuelta). En el cuadro 2 se muestran las características técnicas de dicho motor.

Cuadro 2. Características técnicas del motor de paso EM-323

Item	Specification
Motor type	2-phase, 96-pole hybrid stepper motor
Coil resistance	16.0 Ω ±10% (25°C)
Control method	Bi-polar rated current drive
Phase drive	1-2 phase, W1-2 phase
Drive voltage	36.75 ±1.75 VDC
Drive current	0.1 to 0.9A
Paper feed pitch	Minimum Resolution: 0.059 mm (1/432") (1-2 phase, 2 pass)

Softwares

IDE Arduino

Dado que el Arduino es una placa que ejecuta una serie de códigos previamente introducidos. Se necesita un programa denominado IDE (Integrated Development Environment o Entorno de Desarrollo Integrado) para cargar dichos códigos. Este IDE, instalado en una PC, es un entorno muy sencillo de usar y en él se escribe el programa a ejecutar por Arduino. Una vez escrito, se carga a través del puerto USB y Arduino comenzará a trabajar de forma autónoma (*Sitiosolar*, 2020) A grandes rasgos, se puede apreciar el funcionamiento del *software* desarrollado a través del diagrama de flujo de la figura 10.

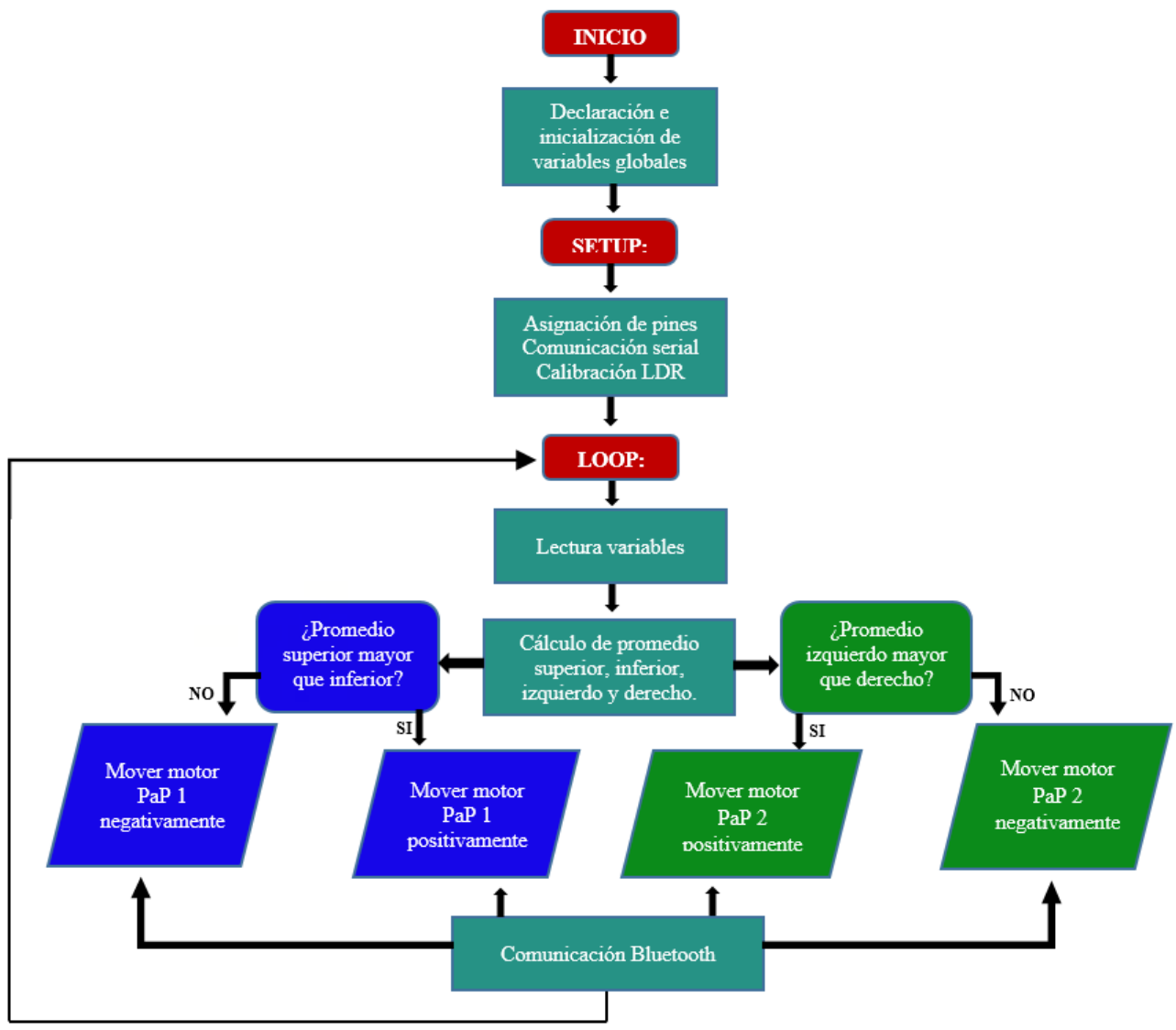


Figura 10. Diagrama de flujo básico

App Inventor

App Inventor es un entorno de desarrollo de *software* creado por Google Labs para la elaboración de aplicaciones destinadas al sistema operativo Android. El sistema es gratuito y se puede descargar con facilidad en la web. Se desarrolló en esta plataforma una aplicación propia para este sistema y compatible con dispositivos que tengan el sistema operativo Android. Dicha aplicación tiene una interfaz visual agradable, sencilla y fácil de utilizar. Permite mejorar la facilidad de control del panel solar por parte de los usuarios, así como la muestra de las lecturas de los valores de: Voltaje del Panel Solar, Voltaje de la Batería y Porciento de Carga de la Batería. Esta se muestra en la figura 11.

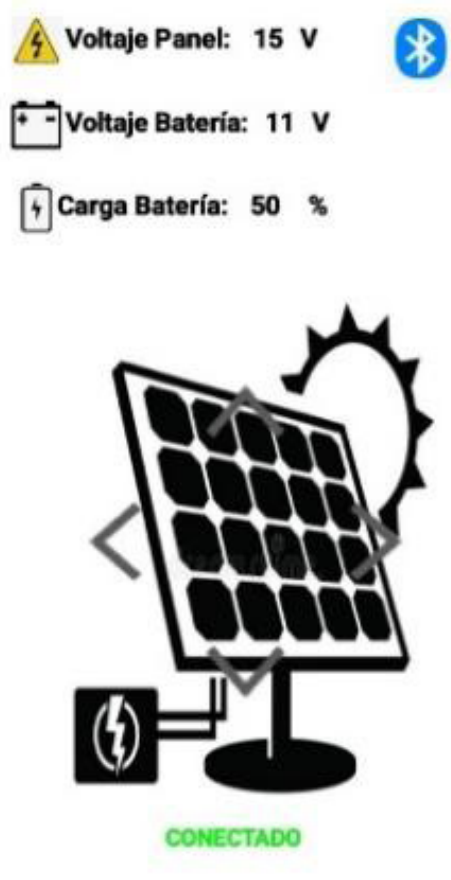


Figura 11. Aplicación del prototipo

La confección final del dispositivo se ilustrada en la figura 12. Este prototipo se desarrolló para demostrar la funcionalidad del sistema de seguimiento solar propuesto. Sirve de base, para el desarrollo de otros sistemas de seguimiento con las mismas prestaciones, pero con característica adecuadas al módulo fotovoltaico utilizado.

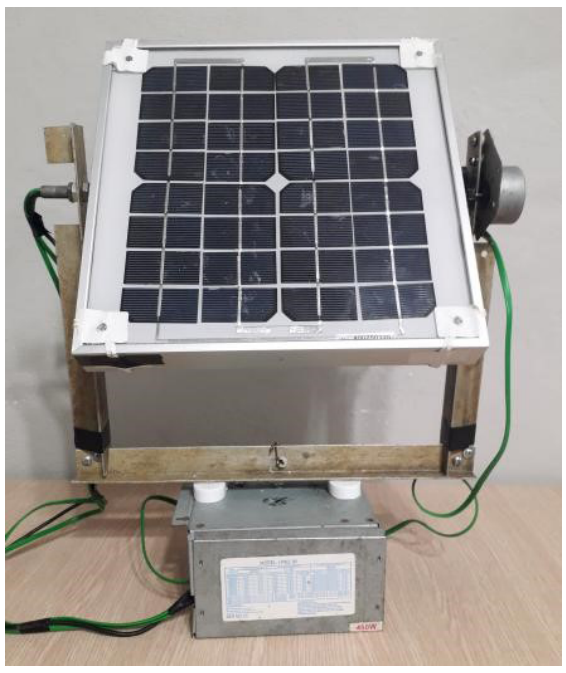


Figura 12. Prototipo del seguidor solar

Resultados y discusión

Funcionamiento

Los LDR (fotorresistencias) ayudan a determinar en qué lugar existe más luminosidad durante el día, estos se colocaron en los vértices del panel. Para lograr una mayor exactitud en cuanto a la medición de la luminosidad, se deben cubrir las fotorresistencias alrededor para evitar la captación de la radiación solar difusa, en otras palabras, la propagación de la luz (ondas electromagnéticas) que se encuentran esparcidas y reflejadas en la atmósfera.

Las lecturas de estos LDR son calibradas y comparadas por el Arduino, que envía las señales a los controladores de los motores de paso para ejecutar los movimientos necesarios, por ejemplo, los grupos de LDR llamados izquierda y derecha son comparadas y si existe una diferencia mayor o menor al rango de sensibilidad determinado, entonces habrá de ejecutarse un movimiento correspondiente, de igual forma para los grupos de sensores arriba y abajo, solo que estos determinaran el movimiento del otro eje. De manera tal que la luz solar golpee de forma perpendicular la superficie del panel.

El módulo fotovoltaico transforma la energía solar captada en energía eléctrica. Esta es regulada para cargar la batería que alimenta

todo el sistema. Se desarrolló para ella un sistema de desconexión cuando se encuentra completamente cargada.

El módulo Bluetooth permite la comunicación inalámbrica entre el prototipo y el dispositivo que posea la aplicación Android desarrollada. Le facilita al usuario controlar el movimiento del sistema y conocer los valores de: Voltaje del Panel Solar, Voltaje de la Batería y Porciento de Carga de la Batería. La figura 13 ilustra el esquema de funcionamiento del prototipo desarrollado.

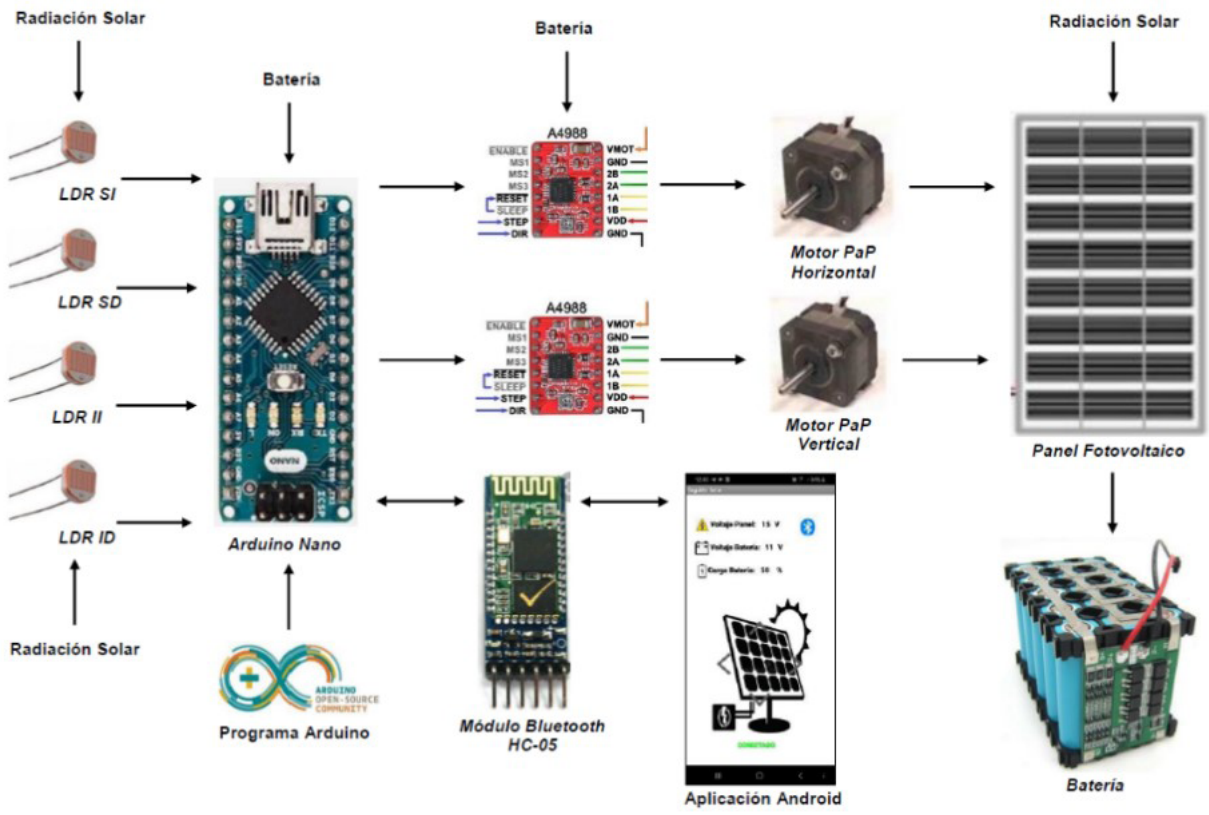


Figura 13. Esquema de funcionamiento del prototipo

Pruebas realizadas y resultados obtenidos

Las pruebas para validar el funcionamiento del dispositivo seguidor solar y el algoritmo se realizaron utilizando una fuente lumínica natural, sobre un prototipo a escala de una instalación fotovoltaica. utilizando el prototipo sin la función de seguidor en primera instancia y posteriormente con el dispositivo seguidor activado se tomaron varios valores para diferentes posiciones angulares.

Al comparar los resultados (mostrados en la Figura 14) se tiene que el aumento del rendimiento de la instalación con seguidor en comparación con la instalación estática es del 33,5 %.

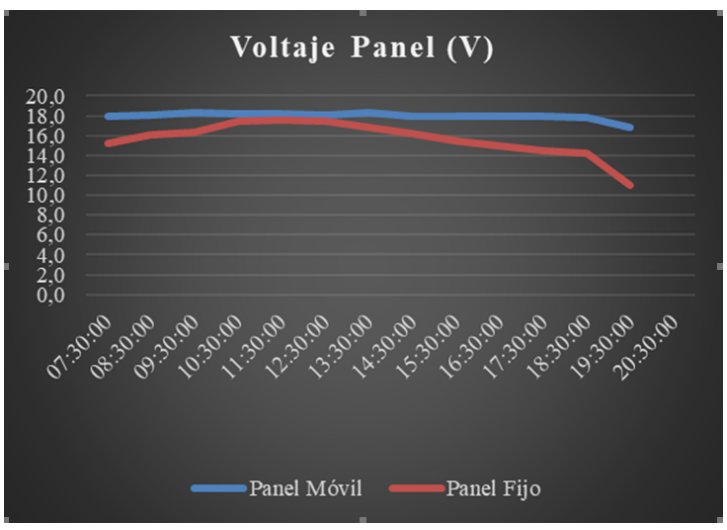


Figura 14. Comparación del voltaje medido en un panel fijo respecto a uno con el seguidor solar

Conclusiones

El prototipo construido cumple con las características requeridas de seguimiento en dos ejes, realizando el seguimiento del Sol. Esto aumenta la radiación captada por el módulo hasta un 33,5 % y, por tanto, mejorar el rendimiento de la instalación fotovoltaica. Los resultados obtenidos avalan que el seguidor solar de dos ejes desarrollado obtiene mejores prestaciones energéticas respecto de un sistema fotovoltaico con paneles fijos. Se logró la confección de un dispositivo de bajo costo, de bajo consumo de corriente eléctrica, de construcción sencilla, con estructura flexible y adaptable a otros módulos solares y de funcionamiento automático y continuo. El prototipo construido puede ser utilizado en otras aplicaciones que requieran una actividad de seguimiento solar como colectores solares, hornos solares, entre otros.

Referencias bibliográficas

ANUSHA, K.; CHANDRA, S. (2017). Design and development of real time clock based efficient solar tracking system. *International Journal of Engineering Research and Applications*. Retrieved from www.ijera.com

CASIMIRO, R.; GEA, M.; HOYOS, D; PLACCO C. (2018, septiembre). *SEGUIDOR SOLAR DE DOS EJES PARA HELIÓSTATO*. Instituto de Investigación en Energías No Convencionales (INENCO).

ECHENIQUE, R.; PERINO, E.; ODICINO, L.; PARELLÓ, D.; MURDOCCA, R. (2018, septiembre). *SISTEMA DE SEGUIMIENTO SOLAR PARA PANELES FOTOVOLTAICOS*. Laboratorio de Electrónica, Investigación y Servicios (L.E.I.S.) - Laboratorio de Energía Solar y Medio Ambiente - Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales -U.N.S.L.

EcuRed, R. (2020, mayo 10). *Energía Solar en Cuba*. Retrieved from http://www.ecured.cu/ Energ%C3%Ada_solar_en_Cuba

ELPORVENIR. (2020, abril 16). *Seguidores Solares, una Optimización de la Energía Solar*. Retrieved from http://www.elporvenir.com.mx/notas.asp?nota_id=2 53973.

ONUDI, N. C. (2009, junio). *Hacia una Agenda Energética Integrada más allá de 2020*. Hofburg, Viena, Austria: Conferencia Internacional de Energía.

PANAIT, M.A; TUDAROSHE, T. (2015). *A simple neural networks solar tracker for optimizing conversion efficiency in off-grind solar generators*. Santander: ICRE-PQ.

PLESZ B.; SÁGI P.; TIMÁR-HORVATH, V. (2009). *Enhancement of solar panels power generation by the usage of solar tracking*. 3, 1. *Proceedings of ECOpole*,.

S. LAKEOU; S., OSOSANYA; E. LATIGO, O. MAHAMOUD; W. KARANGA; G. OS-HUMARE; W. (2006). *Design of a low-cost digital controller for a solar tracking photo-voltaic (PV) module and wind turbine combination system*. Dresden, Ger-many: 21st European Photovoltaic Solar Energy Conference.

SIERRA, F.; CARO, E.; MEJÍA, F. (2008). *Tecnologías para el aprovechamiento de la energía solar*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

SITIOSOLAR. (2020, mayo 27). *Los Paneles Solares Fotovoltaicos*. Retrieved from http://www.sitiosolar.com/paneles%20fotovoltaicas.