

Monitoreo en tiempo real del funcionamiento y fallas de un sistema automático de paneles solares

Real-time monitoring of the operation and failures of an automatic solar panel system

Fecha de recepción: 2024-07-24 · Fecha de aceptación: 2024-09-20 · Fecha de publicación: 2024-10-10

Ing. Nelson Chimborazo¹

Instituto Superior Tecnológico de Tecnologías Apropriadas, Ecuador
nelson.chimborazo@insta.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0004-0336-1327>

Agila Mateo²

Instituto Superior Tecnológico de Tecnologías Apropriadas, Ecuador
mateo.agila@insta.edu.ec

Noquez Kevin³

Instituto Superior Tecnológico de Tecnologías Apropriadas, Ecuador
kevin.noquez@insta.edu.ec

Silva Mateo⁴

Instituto Superior Tecnológico de Tecnologías Apropriadas, Ecuador
mateo.silva@insta.edu.ec

RESUMEN

El presente artículo planteó la construcción y evaluación de un seguidor solar casero utilizando una placa de desarrollo Arduino, sensores de luz LDR y servomotores con el objetivo de probar la factibilidad de utilizar sistemas autónomos basados en microcontroladores para optimizar la recolección de energía solar, y explorar su potencial para aplicaciones en áreas remotas o fuera de la red eléctrica convencional. El sistema ajustó automáticamente la posición de un panel solar para maximizar la captación de energía a lo largo del día. En el artículo se describieron los materiales a utilizar, proceso de diseño del sistema y la construcción del mismo, además de una revisión bibliográfica para explicar a detalle la funcionalidad de cada componente del seguidor solar, concentrándose en la programación del Arduino y los resultados obtenidos mediante pruebas comparativas con un panel fijo.

A través de la investigación, se concluyó que el desarrollo de un sistema de seguimiento solar eficiente y funcional con componentes accesibles y económicos es posible. Además, el diseño del seguidor solar puede adaptarse y mejorarse para diferentes aplicaciones, convirtiéndolo en un sistema versátil y con un alto potencial en la promoción de energía sostenible.

PALABRAS CLAVE: Seguimiento de luz solar, Sensores LDR, Direccionamiento de servomotores, Paneles solares, Arduino

ABSTRACT

This article proposed the construction and evaluation of a homemade solar tracker using an Arduino development board, LDR light sensors and servomotors with the objective of testing the feasibility of using autonomous systems based on microcontrollers to optimize the collection of solar energy, and explore its potential for applications in remote areas or outside the conventional electrical grid. The system automatically adjusted the position of a solar panel to maximize energy harvesting throughout the day. The article described the materials to be used, the system design process and its construction, in addition to a bibliographic review to explain in detail the functionality of each component of the solar tracker, focusing on the programming of the Arduino and the results obtained through Comparative tests with a fixed panel.

Through the research, it was concluded that the development of an efficient and functional solar tracking system with accessible and economical components is possible. Furthermore, the design of the solar tracker can be adapted and improved for different applications, making it a versatile system with high potential in promoting sustainable energy.

KEYWORDS: Solar tracker, LDR sensors, Servo motor steering, Solar panels, Arduino

Introducción

La energía solar es una de las fuentes de energía renovable más prometedoras en la actualidad, gracias a su abundancia y al avance de tecnologías que permiten su aprovechamiento en diferentes áreas. Sin embargo, la eficiencia de los paneles solares puede ser significativamente afectada por su orientación respecto al sol. Un seguidor solar, o solar *tracker*, es un dispositivo diseñado para maximizar la captación de luz solar al seguir el movimiento del sol a lo largo del día. Este informe explora la construcción, funcionamiento y los resultados obtenidos con este sistema, proporcionando una visión clara de los beneficios y las posibles aplicaciones de los seguidores solares caseros, tomando como referencia la construcción de un seguidor solar casero utilizando una placa de desarrollo Arduino.

Así, la investigación planteó la creación de un sistema de energía solar que mediante el uso de módulos de resistencias dependientes de la luz (*LDR's*), servomotores y el ajuste de posición automático de un panel solar, lograrse mantener la orientación óptima para el funcionamiento constante del panel. El objetivo principal fue probar la factibilidad de utilizar sistemas autónomos basados en microcontroladores para optimizar la recolección de energía solar, y explorar su potencial para aplicaciones en áreas remotas o fuera de la red eléctrica convencional.

En el presente estudio, también se describió con detalle el proceso de la creación del sistema. Este enfoque no solo ha resultado accesible y económico, sino que también ha demostrado cómo la integración de componentes electrónicos simples puede mejorar significativamente la eficiencia de un sistema de energía solar.

Como objetivo final, la investigación ha buscado fomentar el desarrollo para la aplicación de energías renovables, mostrando cómo la integración de sistemas sencillos puede contribuir a la sostenibilidad y la innovación tecnológica.

1.1. Propiedades del Arduino Nano.

Las placas de Arduino son una serie de dispositivos que se enfocan en el desarrollo de programas con software y hardware libre, para acceso y la modificación de los elementos conectados. Como menciona Peña (2017) entre los principales componentes de Arduino se encuentran el microcontrolador Atmega328P que funciona a 16MHz y 5V (por tanto, igual que en modelo UNO, concretamente de tipo *SMD*).

De hecho, la placa Arduino Nano sigue ofreciendo el mismo número de salidas y entradas digitales y analógicas que la placa Arduino UNO y la misma funcionalidad que esta. En otras palabras, la placa integra todas las capacidades y funcionalidades técnicas de sus similares, pero en un tamaño de mayor versatilidad.

El mayor diferenciador del Arduino Nano es su pequeño tamaño, de tan solo 18 milímetros de anchura por 45 milímetros de longitud que lo convierte en un elemento ideal para proyectos de tamaño limitado. Estas dimensiones se consiguen eliminando de esta placa el conector de alimentación de 5,5/2,1mm (alimentándose, por tanto, a través del pin “VIN” –fuente no regulada–

o “5V” –fuente regulada– y “GND”) e incorporando “un conector USB mini-B en vez del conector USB tipo B y el conversor USB<->Serie FTDI FT232RL en vez del chip ATmega16U2”. (Torrente, 2016)

1.2. Descripción de un Circuito Boost.

Como se menciona en Naylamp Mechatronics (s.f.), los convertidores DC/DC son circuitos que facilitan cambiar el nivel de voltaje convirtiéndolo subiendo o bajando su nivel. Además, existen dos tipos de convertidores o reguladores DC-DC: lineales y conmutados.

Acerca de los reguladores de tipo lineal se menciona que “son muy sencillos de utilizar, pero no son eficientes energéticamente”. (Naylamp Mechatronics, s.f.).

Por otro lado, los reguladores conmutados o *switching*

presentan altos niveles de eficiencia energética (superior al 80%). Los convertidores conmutados convierten el voltaje mediante el almacenamiento periódico de energía de entrada y la posterior liberación de esa energía en la salida de forma que el nivel de voltaje de final es el deseado. Los convertidores DC-DC conmutados con el objetivo de convertir la energía eléctrica con la máxima eficiencia poseen únicamente componentes que no presentan pérdidas, es decir, que no absorben energía. (Naylamp Mechatronics, s.f.)

Adicional a esto, existen 2 componentes básicos: conmutadores y almacenadores. Primero, los conmutadores interrumpen el paso de corriente, que no suelen presentar pérdidas por conmutación. No obstante, los almacenadores son “los inductores y capacitores que almacenan la energía temporalmente para luego devolverla al circuito. Podemos clasificar a conmutadores DC-DC por su voltaje de salida en: reductores (*Step-Down* o *Buck*), elevadores (*Step-Up* o *Boost*) y reductores-elevadores (*Step-Up-Down* o *Buck-Boost*)”. (Naylamp Mechatronics, s.f.)

1.3. Principio de Funcionamiento de Servomotores.

Un servomotor, también conocido como RC Servo (*Remote Control*), es una caja de tamaño reducido que cuenta con un perno dentado giratorio que permite tener un control preciso del ángulo, aceleración y velocidad del eje del motor. Su rotación llega a 180° o 270° como máximo dependiendo del modelo. La principal característica de los servomotores es que llegan la posición programada y la estabilizan.

De acuerdo con Aliverti (2021), en un servomotor se puede encontrar un motor de corriente continua; un potenciómetro, que permite detectar la posición del motor; un grupo de engranajes, para conectar el potenciómetro con el motor y aumentar la potencia mecánica del dispositivo, multiplicando el motor; un pequeño circuito de control, que recibe la señal de control, acciona el motor y detecta su posición leyendo el potenciómetro. Para utilizar un servomotor no se necesitan ajustes específicos ni un circuito de potencia para controlarlo, basta con alimentarlo correctamente proporcionando la corriente necesaria y la tensión correcta.

El servomotor cuenta con tres cables: rojo, negro y naranja. Los cables rojo y negro alimenta el dispositivo, mientras que el cable naranja emite la señal de control. Estos dispositivos desarrollan fuerzas notables que se expresan en kilogrametros (kgm).

Así lo explica Aliverti (2021): “un servo con un par de 2 kgm es capaz de levantar un peso de 2 kg unido a una vara de 1 m de largo conectada a su perno; si reducimos la distancia de la vara a 0.5 m, se consigue levantar 4 kg a 50 cm”. Para lograrlo, la señal de control debe tomar en cuenta los tiempos concretos; normalmente la señal es de 0 o 5 V. Para llevar el perno a la posición 0°, se debe crear una secuencia de impulsos de 5 V, con una separación de 20 ms y una duración de 1 ms. Al aumentar la duración del impulso, “el eje del servomotor se desplazará desde 0° hasta su valor máximo, por ejemplo, 180°, para impulsos con una duración de 2 ms” (Aliverti, 2021). Para generar este tipo de señales, se suelen utilizar circuitos con temporizadores (*timmer*) como por ejemplo el chip NE555, o microcontroladores.

1.4. Comunicación I2C.

I2C es un puerto y protocolo de comunicación serial que:

define la trama de datos y las conexiones físicas para transferir bits entre 2 dispositivos digitales. El puerto incluye dos cables de comunicación, *SDA* y *SCL*. Además, el protocolo permite conectar hasta 127 dispositivos esclavos con esas dos líneas, con velocidades de hasta 100, 400 y 1000 *kbits/s*. (HetPro, s.f.)

El protocolo *I2C* se usa para comunicarse con sensores digitales, ya que a diferencia del puerto Serial, su arquitectura permite tener una confirmación de los datos recibidos dentro de la misma trama.

Una de sus principales características es la capacidad de conexión de varios dispositivos a un solo bus. En la página web HetPro (s.f.), se detalla que si comparamos a *I2C* con el protocolo *Serial TTL*, el *I2C* incluye más bits en su trama de comunicación lo cual “permite enviar mensajes más completos y detallados” (HetPro,s.f.). Adicional a esto “os mensajes que se envían mediante un puerto *I2C* incluyen, además del *byte* de información, una dirección tanto del registro como del sensor.” (HetPro,s.f.)

Con la comunicación *I2C*, siempre que se envía una información hay una confirmación de recepción del dispositivo. Este es el motivo por el cual se debe diferenciar cada uno de los componentes de esta clase de comunicación.

1.5. Operación de la Resistencia dependiente de la luz.

Los sensores de luz son sensores que detectan la existencia de luz en un espacio. En algunas ocasiones, se les llama celdas *CdS* pues están fabricados de sulfuro de cadmio, de ahí el nombre *CdS*. Otra denominación es *LDRs* (del inglés “*Light Dependent Resistor*”) pues están formado por una resistencia que varía su valor de acuerdo a la cantidad de luz que actúa sobre su superficie.

En otros términos, “los sensores de luz reducen su resistencia a medida que reciben más intensidad de luz.” (Torrente, 2013)

1.6. Módulo cargador TP4056.

Como se menciona en la web de Naylamp Mechatronics (s.f.), el Módulo Cargador USB de batería litio 18650 1A facilita cargar baterías *Li-Po/Li-On* de una celda. “Funciona con baterías con voltajes de carga nominal de 3.7V y de carga completa a 4.2V lo cual es ideal para baterías Li-Po 18650 o baterías de *Li-On* de *smartphones*.” (Naylamp Mechatronics,s.f.).

1.7. Paneles solares

Los paneles solares son dispositivos que capturan la luz del sol a través de dispositivos semiconductores que al recibir los rayos del sol provoca que los electrones que hay en las células liberen energía que se convierte en electricidad en forma de corriente continua.

“Una celda fotovoltaica es el componente que capta la energía contenida en la radiación solar y la transforma en una corriente eléctrica, basado en el efecto fotovoltaico que produce una corriente eléctrica cuando la luz incide sobre algunos materiales.” (Marcillo y Villacreses, 2017)

En cuanto a su estructura, los paneles están formados por varias capas de tal forma que se protegen las células fotovoltaicas.

Los paneles solares son una solución eléctrica tanto para hogares como para empresas. Una de sus mayores ventajas es que favorece a la producción de energía sustentable y, además, es un sistema de energía rápido y duradero.

1.8. Sensor de corriente ACS712.

De acuerdo a las especificaciones del Sensor de Corriente ACS712T-20A disponibles en Naylamp Mechatronics (s.f), el sensor permite la medición de corriente DC o AC por medio del efecto Hall. Esto a diferencia de las mediciones de corriente con resistencias Shunt.

También se menciona que:

en los sensores por efecto Hall la carga está aislada del sensor, esto es útil en sistemas donde se requiere de aislamiento eléctrico además de no disipar energía (pérdidas por efecto Joule). El módulo posee una salida analógica (*OUT*) que entrega un voltaje analógico proporcional a la corriente medida. Por ejemplo, cuando la corriente a medir es 0A el voltaje de salida es 2.5V, cuando la corriente es 20A el voltaje de salida es 4.5V y cuando la corriente es -20A el voltaje será 0.5V. (Naylamp Mechatronics, s.f)

Como último aspecto se detalla que “la salida analógica puede ser conectado a una entrada ADC de un microcontrolador como Arduino o PIC y utilizar la formula: $I = (A_{out} - 2.5) * 10$ para obtener el dato de corriente medida” (Naylamp Mechatronics, s.f)

1.9. Fundamentos de una Pantalla de Cristal Líquido LCD.

El cristal líquido se define como “un compuesto de largas moléculas en forma de varilla que está entre dos placas de polímero que contienen surcos microscópicos” (Bolton, 2017). Existen un espacio de 90° entre los surcos de las hojas superior e inferior. Por su parte, las moléculas del cristal líquido se adecúan con los surcos del polímero y giran levemente hasta quedar alineados a 90° entre ellos.

Cuando una luz polarizada en un plano incide en el cristal líquido, su plano de polarización gira conforme pasa por el material. Al quedar entre dos placas de polarizador, cuyas direcciones de transmisión están en ángulo recto, el giro permite la transmisión de la luz y el material líquido se ilumina. (Bolton, 2017)

Las pantallas de cristal líquido no generan luz por sí mismas, sin embargo reflejan o transmiten luz por esta razón poseen un bajo consumo de potencia.

1.10. Comportamiento de señales PWM.

El control de potencia por modulación del ancho de pulso es usado para el control de motores, iluminación, entre otras aplicaciones que requieran señales de este tipo.

La modulación por ancho de pulsos también conocida como *PWM* es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica, ya sea para transmitir información a través de un canal de comunicaciones o para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga. (Schmidt, 2022)

El ciclo de trabajo de una señal periódica corresponde al ancho relativo de su zona positiva en relación con el período. Por otro lado, se encuentra el *duty cycle* que “es el tiempo que la salida está a uno o a un nivel alto. Los pines asignados a PWM también se pueden usar como puertos de uso general ya que tienen todas las características de cualquier pin de puerto.” (Schmidt, 2022)

En Arduino la frecuencia de *PWM* es de 500Hz . No obstante, este valor puede modificarse en caso de que el proyecto así lo requiera. En la actualidad, la modulación *PWM* se implementa en varios tipos de circuitos integrados; por ejemplo “para lograr circuitos funcionales que puedan controlar fuentes conmutadas, controles de motores, controles de elementos termoeléctricos, *choppers* para sensores en ambientes ruidosos, aplicaciones robóticas, entre otros.” (Schmidt, 2022)

Finalmente, cabe mencionar que el modo *PWM* en los microcontroladores AVR se controla por hardware, en otras palabras, todo el trabajo lo realiza la propia *CPU*; basta con iniciar el temporizador y establecer el ciclo de trabajo.

1.11. Desempeño de las baterías de litio.

Las baterías de iones de litio utilizan materiales de carbono como cátodo y compuestos que contienen litio como ánodo. Dado que no hay litio metálico presente en la batería, solo iones de litio, se les llama baterías de iones de litio.

Estas baterías se refieren a aquellas que utilizan compuestos en los que los iones de litio se incrustan en el material del cátodo como materiales de ánodo. El proceso de carga y descarga de las baterías de iones de litio implica la inserción y extracción de iones de litio. Durante este proceso, también se produce la inserción y extracción de electrones equivalentes a los iones de litio. Generalmente, la inserción o extracción se refiere al cátodo, mientras que la extracción o inserción se refiere al ánodo.

Durante la carga y descarga, los iones de litio se mueven hacia adelante y hacia atrás entre el cátodo y el ánodo, lo que se describe de manera gráfica como un “movimiento de mecedora” de los iones de litio, tal como lo menciona Donglai New Energy (s.f).

En cuanto a la configuración de baterías de litio 18650, la conexión del banco de baterías se diseñó mediante la conexión en serie, es decir, siguiendo las leyes eléctricas.

Morales (2023) resalta que en este diseño se suman los voltajes de fuente y se mantiene la capacidad de amperaje y paralelo. Además, se mantienen los voltajes de fuente y se suman la capacidad de amperaje con el objetivo de obtener el voltaje y amperaje necesario para cubrir los requerimientos del proyecto.

1.12. Base de funcionamiento de un sensor.

Un sensor es un dispositivo que detecta variaciones en el entorno y responde a la salida en el otro sistema. En otras palabras, los sensores tienen la capacidad de medir magnitudes físicas o químicas para convertirlas en magnitudes eléctricas, “las magnitudes físicas o químicas que son detectadas por un sensor se denominan variables de instrumentación y estas son muy diversas, por ejemplo: temperatura, distancia, humedad, movimiento, presión, desplazamiento, pH, entre muchas otras.” (Peña, 2017)

Estas señales se envían a través de una interfaz que las convierte en un código binario y lo pasa a un receptor que para transformar dichas variables en señales eléctricas.

Los sensores pueden ser manejados a través de diversos dispositivos como computadoras, pero en este caso los sensores usados en la presente investigación se controlaron a través de una placa Arduino.

1.13. Shields en Arduino.

Los *shields* de Arduino son placas de conjuntos de circuitos electrónicos complementarios a Arduino. La placa se coloca sobre la placa Arduino base y se conecta mediante el acoplamiento de sus pines y no necesita conexiones externas.

Como menciona Porcuna (2016), de este modo se brinda a la placa principal diferentes funcionalidades, pudiendo así crear proyectos más completos y potentes.

Algunos shield se pueden apilar unos sobre otros, con el objetivo de aumentar las funciones a la placa. Sin embargo, hay que verificar que los diferentes *shields* no ocupen los mismos pines en diferentes funciones. Además, “se debe tener en cuenta los requerimientos de alimentación eléctrica de cada shield.” (Arduino.CI, s.f.)

1.14. Interpretación de señales analógicas.

Las personas perciben el mundo como un flujo de información analógica a través de la vista, el oído y otros sentidos.

Al usar la información analógica con el Arduino, este responde a los datos introducidos por el usuario de una manera más elaborada. La información de este tipo es continua y, como se explicó anteriormente, contiene un rango de valores posible que van desde 0 a 1023. [16]

Materiales y Métodos

El presente estudio consistió en una investigación de tipo experimental donde se obtuvieron datos a partir de la experimentación con variables, en este caso los materiales del sistema, para la obtención de datos. [17]

En esta investigación, se planteó el desarrollo y construcción de un seguidor solar casero utilizando una placa de desarrollo Arduino, sensores de luz LDR y servomotores, proporcionando una visión clara de los beneficios y las posibles aplicaciones de los seguidores solares caseros.

Para realizarlo, en una primera etapa se hizo una investigación bibliográfica y descripción de los diferentes componentes del sistema. También se explicó las bases de funcionamiento de sistemas adyacentes que forman parte del proceso de desarrollo del seguidor solar.

Una vez que se abordaron los conceptos teóricos en la introducción, la segunda etapa abordó los materiales usados en el sistema (*Tabla 1*) y el proceso paso a paso de construcción del sistema.

Finalmente, se presentaron los resultados obtenidos a partir de la construcción del seguidor solar casero y el análisis de su funcionamiento en base a los objetivos planteados.

Tabla 1*Lista de Materiales*

#	Ítem
2	Servomotores MG996R
1	Pantalla LCD 16x2
1	Módulo I2C
1	Arduino Nano
4	Módulos LDR
1	Módulo HW-168 Cargador de batería litio TP4056 micro-USB
1	Convertidor Voltaje DC-DC Step-Up 2A MT3608
2	Paneles Solares
1	Sensor de Corriente ACS712T-20A
3	Baterías de Litio 18650
1	Shield Extensión de Servomotores
1	Rollo de Estaño 60/40
1	Plancha de Triplex 60cmx60cm
1	Kit de Tornillos M3
1	Taípe Negro
#	Cables #22 AGW Jumpers Macho-Hembra
1	Pegatanke
1	Pintura Color Negro

Resultados

3.1. Desarrollo del seguidor solar casero.

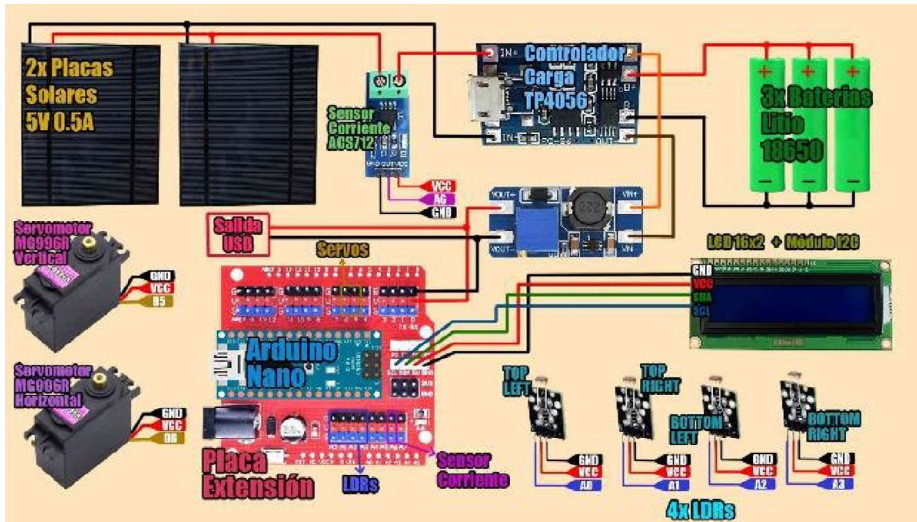
Para la construcción del sistema propuesto en esta investigación, como primer paso se adquirieron los materiales, sensores y placas de desarrollo. Previo a esto, se realizó un diagrama de flujo en el programa Visio de Microsoft para otorgar la función a realizar de cada equipo dentro del circuito.

Visio es un software para dibujar una variedad de diagramas. Entre ellos se incluyen diagramas de flujo, organigramas, planos de construcción, planos de planta, diagramas de flujo de datos, diagramas de flujo de procesos, modelado de procesos de negocios, diagramas de carriles, mapas 3D y mucho más. (Ludichart, s.f.)

En la *Figura 1*, se observa el diagrama realizado.

Figura 1

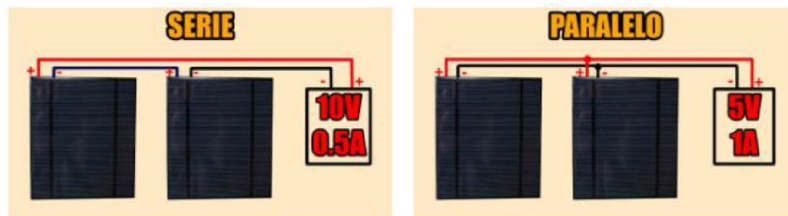
Esquemático Gráfico del Sistema de Luz Solar.



Asimismo, se realizó un diagrama de conexionado del panel solar tal como se muestra en la *Figura 2*. Se desarrolló un esquema de bloques para interrelacionar los actuadores, sensores y placa de control.

Figura 2

Diagrama de Conexionado de Panel Solar.



Como siguiente etapa se realizó el proceso de soldadura con estaño de los equipos como módulos siendo los siguientes: LCD 16x2-Módulo I2C; Paneles Solares-Cables; Circuito Boost-Cables; Pilas de Litio unión de polos en paralelo por medio de cables, de acuerdo al voltaje y amperaje requerido. También se procedió con la programación en lenguaje C++ en la plataforma Arduino declarando los pines a implementar para cada función desde los de tipo digitales hasta los analógicos.

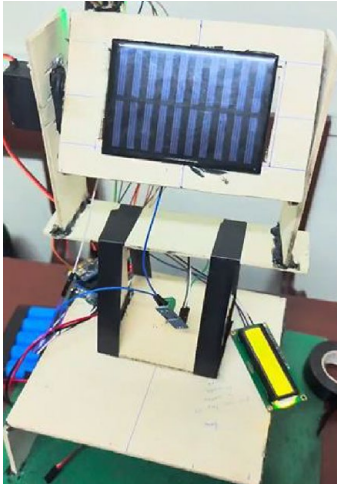
Con los equipos soldados y programados, se interconectaron todos los componentes del circuito según el esquema de bloques realizado previamente (*Figura 2*).

A continuación, se compiló y subió la programación a la placa de desarrollo. También, se analizaron los voltajes de envío y ejecución de cada elemento de acuerdo con la programación implementada.

Para la construcción del sistema se realizó la toma de medidas físicas para impregnarlas en el trípex. Ya reflejadas la toma de medidas, se procedió a cortar acorde a lo señalado. Con los cortes listos, se dio color a cada pieza. Posteriormente, se dio paso a la unión de las piezas por medio del fluido de pegamento pegatanke como se ve en la *Figura 3*.

Figura 3

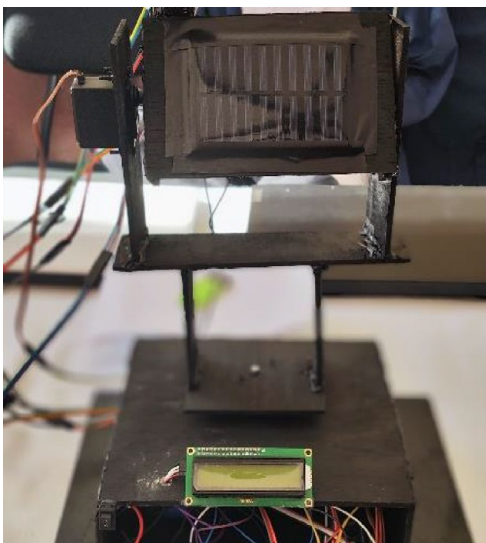
Ensamblaje del Prototipo.



Seguidamente, se dio paso al proceso de soldadura con estaño 60/40 de las tarjetas de controlador de carga, circuito boost acompañado de los paneles solares, la conexión de las baterías de litio y finalmente la unión del LCD con el módulo I2C. Como penúltimo paso se ubicaron los elementos en su sitio juntamente con el conexionado de los cables jumpers. Así se llegó al prototipo final que se observa en la *Figura 4*.

Figura 4

Prototipo Final.



Finalmente, se procedió con una prueba de funcionamiento para realizar los ajustes correspondientes.

Al completar el seguidor solar casero utilizando Arduino, se observó un notable incremento en la eficiencia de captación de energía en comparación con un panel fijo. El sistema se ajustó automáticamente a la posición óptima respecto al sol, lo que resultó en una mayor producción energética diaria. Así, las pruebas demostraron que el seguidor solar es efectivo incluso en condiciones climáticas variables, optimizando la orientación del panel para maximizar la captación de luz solar.

Este proyecto demostró ser una solución eficiente y rentable para mejorar la producción de energía solar en aplicaciones domésticas. Además, el diseño modular y la utilización de componentes accesibles lo hacen una opción práctica y sostenible para quienes buscan maximizar el aprovechamiento de la energía solar en sus hogares o tranquilamente se puede hablar de un aprovechamiento de energía solar a nivel industrial.

La implementación exitosa de este seguidor solar evidencia su potencial para contribuir significativamente a la reducción de costos energéticos y al aumento de la eficiencia en el uso de recursos renovables.

Conclusiones

A partir de la construcción del seguidor solar casero con placa Arduino, sensores de luz LDR y servomotores se obtuvieron las siguientes conclusiones.

El desarrollo de un sistema de seguimiento solar eficiente y funcional con componentes accesibles y económicos es posible. Además, el diseño del seguidor solar puede adaptarse y mejorarse para diferentes aplicaciones; esto pone en evidencia su versatilidad y potencial en la promoción de energía sostenible tanto en entornos hogareños como espacios más sofisticados.

A nivel de funcionalidad, el seguidor solar casero incrementó significativamente la captación de energía en comparación con un panel solar fijo, demostrando su efectividad.

Sin embargo, el estudio también concluyó que se debe mejorar el código del Arduino para aumentar la precisión del seguimiento y reducir el consumo de energía de los servomotores. También hay que reforzar la estructura de montaje para soportar condiciones climáticas adversas y garantizar la durabilidad del sistema.

Con esto en mente, también se sugiere que próximas investigaciones estudien el uso de materiales alternativos y más eficientes para la construcción del seguidor solar, optimizando el costo y la eficiencia del sistema.

Referencias

- Aliverti, P. (2021). *Electrónica: trucos y secretos / 130 ideas para resolver cualquier problema*. MARCOMBO.
- Arduino.Cl (s.f.). ¿Qué es un Shield? *Arduino.Cl*. <https://arduino.cl/que-es-un-shield/#:~:text=Un%20%E2%80%9Cshield%E2%80%9D%20es%20simplemente%20una,de%20la%20placa%20Arduino%20Base>
- Bolton, W. (2017). *Mecatrónica sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica*. Alfaomega.
- Culkin, J. y Hagan, E. (2017). *Learn Electronics with Arduino*. Maker Media.
- Donglai New Energy Technology (s.f.). El funcionamiento de las baterías de iones de litio. *Donglai New Energy Technology*. <https://bateria18650.com/el-funcionamiento-de-las-baterias-deiones-de-litio/>
- HeTPro (s.f.). I2C – Puerto, Introducción, trama y protocolo. *HeTPro*. <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/i2c/>
- Lucidchart (s.f.). Todo sobre Microsoft Visio® para diagramas. *Lucidchart* <https://www.lucidchart.com/pages/es/que-es-microsoft-visio>
- Marcillo, K. y Villacreses, S. (2017). *Diseño e Implementación de un Prototipo de Semaforización Peatonal Mediante Arduino y Alimentado por Panel Solar como Material Didáctico para el Laboratorio de Robótica de la Carrera de Ingeniería en Computación y Redes en la Universidad Estatal del Sur de Manabí* [Tesis de grado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/996>.
- Morales, J. (2023). *Diseño e implementación de un sistema de carga de baterías de litio para un vehículo eléctrico tipo fórmula student* [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Institucional.
- Naylamp Mechatronics (s.f.). Convertidor Voltaje DC-DC Step-Up 2A MT3608. *Naylamp Mechatronics* .<https://naylampmechatronics.com/conversores-dc-dc/119-convertidor-voltaje-dc-dc-step-up-2a-mt3608.html>
- Naylamp Mechatronics (s.f.). Módulo HW-168 Cargador de batería litio TP4056 micro-USB. *Naylamp Mechatronics*. <https://naylampmechatronics.com/baterias/194-modulo-hw-168-cargador-de-bateria-litio-tp4056-micro-usb.html>
- Naylamp Mechatronics (s.f.). Sensor de Corriente ACS712T-20^a. *Naylamp Mechatronics*. <https://naylampmechatronics.com/sensores-corrientevoltaje/65-sensor-de-corriente-ac712t-20a.html>.
- Peña, C. (2017). *Arduino*. Six Ediciones.
- Porcuna, P. (2016). *Robótica y domótica básica con Arduino*. Ra-Ma.

Ramos, C. (2021). Diseños de Investigación Experimental. *Ciencia America*, 10(1). <https://cienciamerica.edu.ec/index.php/uti/article/view/356/699>

Schmidt, D. (2022). *Arduino. Curso completo (2ª edición)*, Ra-Ma. 2022.

Torrente, Ó. (2013). *ARDUINO Curso práctico de formación*. Alfaomega.

Torrente, Ó. (2016). *El mundo GENUINO-ARDUINO Curso práctico de formación*, Alfaomega.



Copyright (2024) © Nelson Chimborazo, Agila Mateo, Noquez Kevin, Silva Mateo



Este texto está protegido bajo una licencia internacional [Creative Commons](#) 4.0.

Usted es libre para Compartir—copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato — y Adaptar el documento — remezclar, transformar y crear a partir del material—para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla las condiciones de Atribución. Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios.

Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia](#) – [Texto completo de la licencia](#)