

Desarrollo y control de un prototipo de brazo robótico con 3 grados de libertad usando la tarjeta de desarrollo ESP32 S2 Mini.

Development and control of a robotic arm prototype with 3 degrees of freedom using the ESP32 S2 Mini development board.

Lara Silva Thais Merysu, Velásquez Parrales Kenia Marlith, Ing. Herrera Núñez Edison Fernando, Ing. Mario David Guillen Gavilanes, Ing. Juan Gabriel Bautista Rivas,

CIENCIA E INNOVACIÓN EN DIVERSAS DISCIPLINAS CIENTÍFICAS.

Julio - Diciembre, V°5-N°2;
2024

- ✓ **Recibido:** 20/07/2024
- ✓ **Aceptado:** 01/08/2024
- ✓ **Publicado:** 31/12/2024

PAIS

- Ecuador – Santo Domingo.
- Ecuador – Santo Domingo.
- Ecuador – Santo Domingo.
- Ecuador – Santo Domingo.
- Ecuador – Santo Domingo.

INSTITUCIÓN:

- Instituto Tecnológico Superior Tsáchila. Instituto Tecnológico Superior Tsáchila.
- Instituto Tecnológico Superior Tsáchila.
- Instituto Tecnológico Superior Tsáchila.
- Instituto Tecnológico Superior Tsáchila.
- Instituto Tecnológico Superior Tsáchila.

CORREO:

- ✉ thaislarasilva@tsachila.edu.ec
- ✉ keniavelasquezparrales@tsachila.edu.ec
- ✉ edisonherrera@tsachila.edu.ec
- ✉ marioguillen@tsachila.edu.ec
- ✉ juanbautista@tsachila.edu.ec

ORCID:

- 🌐 <https://orcid.org/0009-0006-2153-7677>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0009-0494-1004>
- 🌐 <https://orcid.org/0000-0001-6095-0823>
- 🌐 <https://orcid.org/0000-0002-7942-1961>
- 🌐 <https://orcid.org/0000-0003-0283-2479>

FORMATO DE CITA APA.

Lara, T. Velásquez, K. Herrera, E. Guillen, M. Bautista, J. (2024). Desarrollo y control de un prototipo de brazo robótico con 3 grados de libertad usando la tarjeta de desarrollo ESP32 S2 Mini. G-ner@ndo, V°5 (N°2).294 -310.

Resumen

El presente trabajo de integración curricular abordó el desarrollo de un brazo robótico con tres grados de libertad, integrando conocimientos de mecánica, electrónica y programación. El objetivo principal fue diseñar y construir un prototipo funcional y accesible para aplicaciones educativas e investigación básica, optimizando el equilibrio entre costo, precisión y facilidad de uso. La metodología empleada comprendió varias etapas. Inicialmente, se realizó un análisis exhaustivo de requisitos, seguido del diseño de la estructura mecánica utilizando software CAD. Se seleccionó acrílico para los eslabones debido a su ligereza y maleabilidad. Como actuadores, se eligieron servomotores SG90 por su relación costo-rendimiento. El sistema de control se implementó en una placa ESP32 S2 Mini, aprovechando su capacidad de procesamiento y conectividad WiFi. El desarrollo del software incluyó la programación del microcontrolador y la creación de un sistema de control de grados de libertad para control remoto. El brazo logró un alcance efectivo de 35 cm con una precisión de ± 2 mm. La interfaz de la aplicación demostró ser intuitiva y responsiva. Se observaron limitaciones en la capacidad de carga, restringida a 20 gramos en el efector final. Se concluyó que el prototipo cumplió satisfactoriamente los objetivos de funcionalidad y accesibilidad propuestos. El diseño modular facilitó la posibilidad de futuras mejoras y adaptaciones. Este proyecto demostró el potencial de los brazos robóticos de bajo costo en entornos educativos, sentando bases sólidas para futuras investigaciones en el campo de la robótica aplicada.

Palabras Clave: Brazo robótico, Grados de libertad, Diseño mecánico, Software CAD, Interfaz intuitiva, Diseño modular, Robótica aplicada.

Abstract

This curricular integration project addressed the development of a three-degree-of-freedom robotic arm, integrating knowledge from mechanics, electronics, and programming. The primary objective was to design and construct a functional and accessible prototype for educational applications and basic research, optimizing the balance between cost, precision, and ease of use. The employed methodology comprised several stages. Initially, a thorough requirements analysis was conducted, followed by the design of the mechanical structure using CAD software. Acrylic was chosen for the links due to its lightness and malleability. SG90 servomotors were selected as actuators for their cost-performance ratio. The control system was implemented on an ESP32 S2 Mini board, leveraging its processing capacity and WiFi connectivity. The software development included programming the microcontroller and creating a degree-of-freedom control system for remote control. The arm achieved an effective reach of 35 cm with a precision of ± 2 mm. The application interface proved to be intuitive and responsive. Limitations were observed in the load capacity, restricted to 20 grams at the end effector. It was concluded that the prototype satisfactorily met the proposed functionality and accessibility objectives. The modular design facilitated the possibility of future improvements and adaptations. This project demonstrated the potential of low-cost robotic arms in educational environments, laying a solid foundation for future research in the field of applied robotics.

Keywords: Robotic arm, Degrees of freedom, Mechanical design, CAD software, Intuitive interface, Modular design, Applied robotics.

Introducción

La educación tecnológica en mantenimiento eléctrico enfrenta importantes desafíos en la enseñanza de la programación y el uso de tarjetas programables. La carencia de capacitación de los técnicos limita su preparación para enfrentar desafíos de la industria actual. La falta de asignaturas dedicadas a estas áreas genera una deficiencia de habilidades prácticas en el funcionamiento de equipos electrónicos y la implementación de soluciones innovadoras en el entorno industrial. La capacidad de los estudiantes para enfrentar eficazmente los desafíos tecnológicos del campo del mantenimiento eléctrico se ve comprometida por esta brecha entre el currículo educativo y las demandas reales del mercado laboral, (López, y García, 021).

El problema central que se aborda en esta investigación es: ¿Se puede desarrollar y controlar un prototipo de brazo robótico con 3 grados de libertad utilizando la tarjeta de desarrollo ESP32 S2 Mini? Esta pregunta surge como respuesta a la necesidad de introducir a los estudiantes de la tecnología en mantenimiento eléctrico y control industrial en el campo de la programación y el uso de dispositivos electrónicos a través de un enfoque teórico y práctico. La formulación de este problema es esencial para explorar la viabilidad y eficacia de utilizar la tarjeta de desarrollo ESP32 S2 Mini en la construcción y control de un brazo robótico, lo que podría contribuir a cerrar la brecha entre el currículo educativo y las demandas del mercado laboral en el campo del mantenimiento eléctrico, (Aceroform, 2022).

Cuando se habla de robótica, lo primero que suele venir a la mente son los robots, aunque esta disciplina va mucho más allá de simplemente construir máquinas. La robótica engloba la ciencia y la tecnología implicadas en su fabricación, diseño, producción y programación. Se trata de una rama científica dedicada a garantizar que los robots puedan llevar a cabo tareas comparables a las realizadas por los humanos, (MAX11040, 2022).

En este contexto, el presente trabajo de titulación se centra en la programación de un brazo robótico de 3 grados de libertad, aprovechando las capacidades innovadoras de la tarjeta ESP32 S2 Mini. Los robots pueden tener diferentes diseños, dependiendo de la función que

deban realizar. Entre las características más importantes se encuentran la precisión en sus movimientos, la capacidad de carga, el grado de libertad en sus desplazamientos y el sistema de coordenadas que especifica la dirección de sus trayectorias, ya sean coordenadas cartesianas (X, Y, Z), cilíndricas o polares, (Micro Servo SG90 - Posición 180 Grados, 2024).

El uso de brazos robóticos en la educación es una estrategia eficaz que permite a los estudiantes entender y aplicar conceptos complejos en áreas como matemáticas, física e ingeniería de manera práctica. Trabajar con kits de robótica educativa no solo promueve el desarrollo de habilidades teórico-prácticas, sino que también fomenta la creatividad y el trabajo en equipo. Además, la integración de estos dispositivos en el aula prepara a los estudiantes para los desafíos del mundo laboral contemporáneo, convirtiendo conceptos abstractos en experiencias tangibles y significativas, (Módulo ESP-32 ESP32 D1 MINI DEVKIT – Grupo ElectroStore, 2019).

El uso de brazos robóticos en la enseñanza es una herramienta innovadora y eficaz para el aprendizaje de los estudiantes al experimentar conceptos complejos en matemáticas, física, ingeniería y otras asignaturas de una manera práctica inmiscuyéndose en las aplicaciones de la robótica. Así mismo, su uso en el aula contribuye a la integración de las nuevas tecnologías en el proceso educativo, preparando a los estudiantes para enfrentar los desafíos del mundo laboral actual, (Moragues, (2024).

Frente a este panorama, se justifica el desarrollo del proyecto de un brazo robótico controlado por la tarjeta ESP32 S2 Mini como una solución educativa, versátil y practica dentro del mundo de la programación y la robótica, potenciando el aprendizaje con el desarrollo del software para controlar el brazo robótico mediante el microcontrolador que posee un procesador dual-core, con capacidades de conectividad Wifi, Bluetooth con amplio espectro de control y comunicación, (Novatronicec, 2020).

Este proyecto se propone como una herramienta para fortalecer el aprendizaje práctico y fomentar la innovación en la formación de tecnólogos en mantenimiento eléctrico. Al

proporcionar una alternativa económica y accesible para la enseñanza de programación y el manejo de dispositivos electrónicos, se busca cerrar la brecha entre la teoría y la práctica y equipar a los estudiantes con las habilidades necesarias para enfrentar los desafíos tecnológicos de la industria, (Pico, 2023).

La construcción de este brazo robótico ayuda integrar conocimientos de diferentes disciplinas incluyendo la eléctrica mecánica y de software potenciando el mejoramiento de calidad de vida y la optimización de los procesos industriales, este enfoque no solo aborda las deficiencias en el currículo educativo, sino que también promueve la integración de proyectos prácticos que simulan situaciones reales en entornos industriales, preparando así a los estudiantes para un mundo laboral cada vez más tecnológico y competitivo, (Robótica, 2024).

Métodos y materiales

El desarrollo de un prototipo de brazo robótico con tres grados de libertad utilizando la tarjeta de desarrollo ESP32 S2 Mini implica un enfoque integral que abarca desde el diseño asistido por computadora (CAD) hasta la programación de algoritmos de control avanzados en la ESP32 S2 Mini. Este proceso incluye la selección de materiales adecuados, la implementación de servomotores de alta precisión, y la integración de sensores para proporcionar retroalimentación, garantizando movimientos precisos y estables. La elección de la ESP32 S2 Mini se debe a su capacidad de procesamiento y conectividad Wi-Fi, lo que permite un control eficiente y la posibilidad de realizar ajustes en tiempo real mediante algoritmos PID. Según Chen et al. (2021), la utilización de microcontroladores avanzados en robótica facilita no solo el desarrollo de prototipos eficientes sino también la innovación en aplicaciones educativas y de investigación (Robotics and Autonomous Systems, 138, 103679). Esta metodología no solo garantiza un prototipo funcional, sino que también sienta las bases para futuras mejoras y expansiones del sistema.

Tabla 1. Características del Brazo robótico

Característica	Descripción
Estructura general	Configuración: Base, "hombro", "codo", efector final Longitud total: 25-30 cm Peso: 0.5-2 kg
Grados de libertad	Base: 0-180° horizontal Hombro: 0-180° vertical Codo: 0-180° vertical
Componentes estructurales	Base: 20 cm diámetro/lado Primer eslabón: 15-25 cm Segundo eslabón: 10-20 cm
Articulaciones	Tipo: Rotacionales Rango: 0-180° Mecanismo: Engranajes o poleas
Actuadores	Tipo: Servomotores Cantidad: 3 Torque: 1.5-2.5 kg/cm Velocidad: 0.1-0.2 s/60°
Efector final	Tipo: Pinza simple de dos dedos Apertura: 2-5 cm
Electrónica	Controlador: ESP32 S2 Mini Dimensiones: 5 x 7.5 cm
Alcance y espacio de trabajo	Alcance máximo: 25-45 cm Espacio: Esfera parcial frente al robot
Precisión y repetibilidad	Precisión: ± 1 -5 mm Repetibilidad: ± 0.5 -3 mm
Capacidad de carga	10-20 gramos en el efector final
Velocidad de operación	Angular: 60°/0.1-0.2 s Lineal del efector: ≤ 20 cm/s
Consumo de energía	Voltaje: 5V Consumo: 1-2A en pico
Temperatura de operación	0°C a 50°C

Nota: Características físicas del Brazo robótico **Fuente :** Autores

Análisis de resultados

Tabla 2. Criterios y características del brazo robótico

Criterios y características del brazo robótico

Criterio	Característica	Cumple	No Cumple
Alcance y precisión	-El brazo logró un alcance efectivo de 35 cm. -Se alcanzó una precisión de posicionamiento de ± 2 mm.	X	

Capacidad de carga	-El efector final pudo manipular objetos de hasta 20 gramos.	X	
Estructura mecánica	-El uso de acrílico para los eslabones resultó en una estructura ligera y resistente. -El diseño modular facilitó el ensamblaje y permitirá futuras modificaciones.	X	
Actuadores	-Los servomotores SG90 demostraron un rendimiento adecuado para las tareas propuestas. -Se logró un control preciso de los movimientos en los tres grados de libertad.		X
Sistema de control	-La placa ESP32 S2 Mini manejó eficientemente el control del brazo y la comunicación WiFi.	X	
Interfaz de usuario	-El servidor desplegado resultó intuitivo y responsivo. -Los usuarios pudieron controlar el brazo remotamente sin dificultades técnicas.	X	
Conectividad	-La conexión WiFi funcionó de manera estable, permitiendo el control remoto sin interrupciones.	X	
Consumo energético	-El prototipo operó eficientemente con una fuente de alimentación de 5V y 2A.	X	
Aplicabilidad educativa	-El brazo demostró ser adecuado para demostraciones y experimentos básicos en entornos educativos.	X	
Costo	-Se logró mantener el costo total del prototipo dentro del rango presupuestado de \$100 para un proyecto educativo accesible.	X	

Nota: En esta tabla se especifican las características que se cumplieron o no durante el desarrollo del proyecto. **Fuente:** Autoría propia.

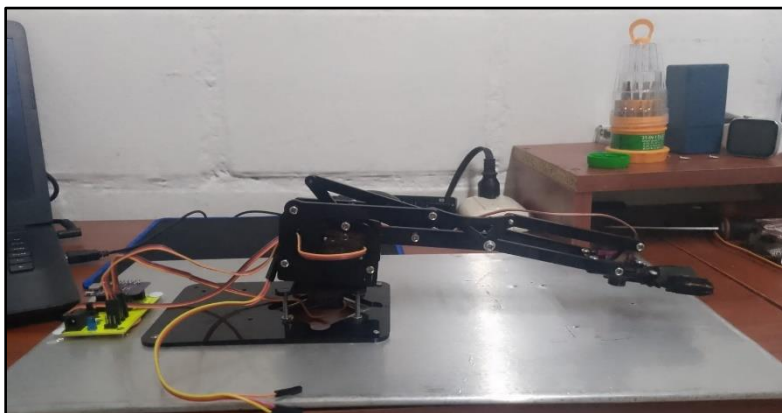
➤ Alcance y precisión

El proyecto cuenta con un alcance efectivo de 35 cm, lo que permite cubrir una amplia gama de tareas dentro de su área de trabajo. La precisión de posicionamiento es de ± 2 mm, asegurando que las tareas se realicen con exactitud. Este nivel de precisión es crucial para

aplicaciones que requieren movimientos finos y detallados, como en experimentos educativos y demostraciones, (Rodríguez, 2023).

Figura 1. Alcance y precisión

Alcance y precisión



Nota. Alcance y precisión de 25 cm del brazo robótico **Fuente:** Autoría propia.

Capacidad de carga

El efector final del proyecto está diseñado para manipular objetos de hasta 20 gramos. Esta capacidad de carga es suficiente para la mayoría de las tareas educativas y experimentales, permitiendo el manejo de componentes ligeros y diversos materiales, (Romero, 2023).

Figura 2. Capacidad de carga

Capacidad de carga



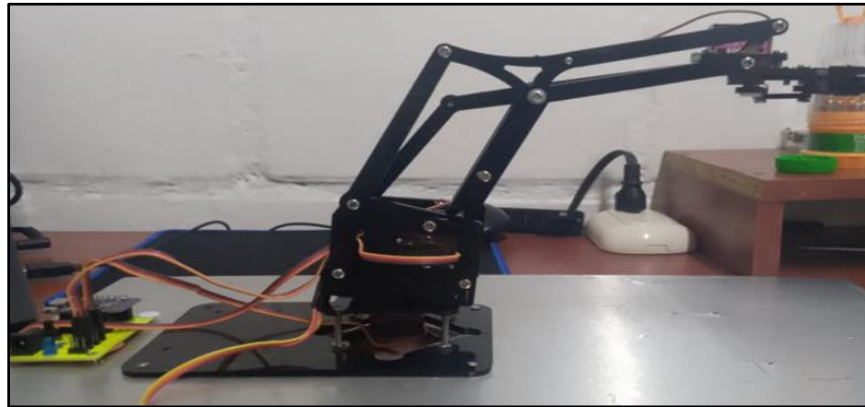
Nota. Prueba de capacidad de carga con canica de 5gr ver Anexo 15. **Fuente:** Autoría propia

➤ **Estructura mecánica**

La estructura del proyecto está compuesta por eslabones de acrílico, lo que proporciona una combinación de ligereza y resistencia. El diseño modular facilita el ensamblaje y permite futuras modificaciones y mejoras, La elección del acrílico como material base ofrece una buena durabilidad y soporte estructural, garantizando la longevidad del dispositivo mientras se mantiene fácil de manejar y ajustar según sea necesario, (Systèmes, (2022).

Figura 3. Estructura del brazo Robótico

Estructura del brazo Robótico



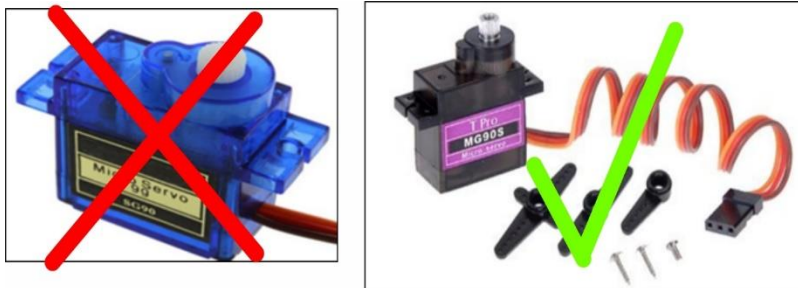
Nota. estructura modular del brazo robótico. **Fuente:** Autoría propia.

➤ **Actuadores**

Inicialmente, se utilizaron servomotores SG90, pero se observó que el prototipo sufría de vibraciones, afectando su precisión y estabilidad. Para solucionar este problema, se reemplazaron los SG90 por servos con piñones metálicos los MG90s, eliminando las vibraciones y mejorando significativamente el rendimiento y la fiabilidad del dispositivo. Esta actualización asegura un control más preciso y robusto en las operaciones del prototipo, manteniendo un rendimiento óptimo bajo diversas condiciones, (TECmikro Ecuador,2024).

Figura 4. Servomotores SG90 Y MG90s

Servomotores SG90 Y MG90s



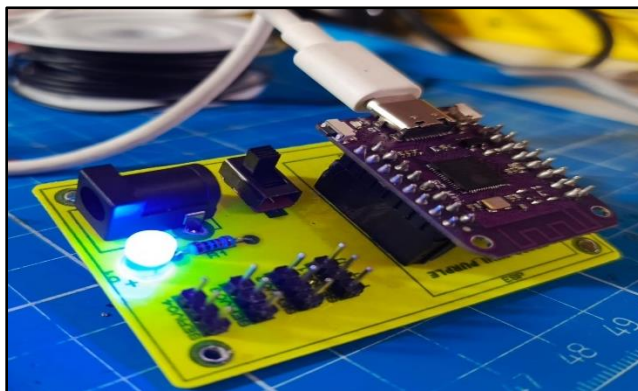
Nota. Elección del servo motor MG90s con mejor rendimiento. **Fuente:** Autoría propia.

➤ **Sistema de control**

El proyecto utiliza una placa ESP32 S2 Mini para el control y la comunicación WiFi, lo que permite un manejo eficiente y flexible del dispositivo. Esto es esencial para el control preciso de movimientos. Este sistema de control avanzado asegura que el prototipo pueda realizar tareas complejas con alta precisión y adaptabilidad, siendo ideal para aplicaciones educativas y experimentales, (Ubuy, 2024).

Figura 5. Tarjeta de control del brazo robótico

Tarjeta de control del brazo robótico



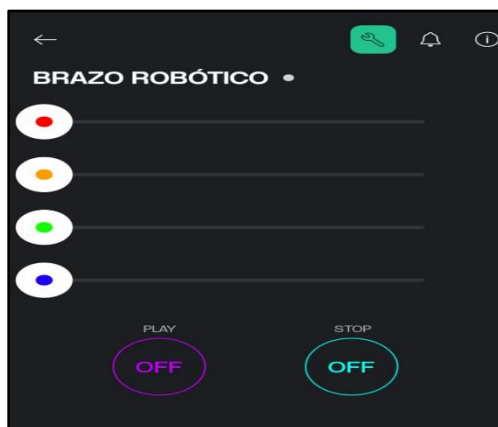
Nota. Prueba de encendido de la tarjeta de control del brazo robótico. **Fuente:** Autoría propia

➤ **Interfaz de usuario**

La interfaz de usuario se realiza a través de un servidor Web configurado dentro de la ESP32 S2 Mini, que es intuitiva y responsiva, permitiendo un control remoto sin dificultades técnicas. La conexión facilita la interacción con el dispositivo, haciendo que sea accesible para usuarios con diferentes niveles de experiencia técnica.

Figura 6. Interfaz Humano-Maquina del Brazo Robótico

Interfaz Humano-Maquina del Brazo Robótico



Nota. Interfaz de usuario para el control de los grados de libertad del brazo robótico. **Fuente:** Autor: Pavel Shylenok.

➤ Conectividad

La conexión WiFi del proyecto se establece de manera local, asegurando una comunicación estable y sin interrupciones para el control remoto. La estabilidad de la conexión es crucial para mantener un control continuo y preciso del dispositivo, asegurando una operación fluida y consistente.

Figura 7. Dirección IP del Servidor Web

Dirección IP del Servidor Web

```
Conectando a WiFi  
WiFi conectado  
Dirección IP: 192.168.1.113  
This pin can not be a servo: 35  
Servo available on: 2,4,5,12-19,21-23,25-27,32-33  
Servidor HTTP iniciado
```

Nota. La dirección IP del servidor Web se muestra en el Monitor Serial de Arduino luego de establecer conexión el ESP32 S2 Mini con el Router. **Fuente:** Autoría propia.

Consumo energético

El dispositivo opera de manera eficiente con una fuente de alimentación de 5V y 2A, lo que garantiza un bajo consumo energético. Esta eficiencia energética es crucial para aplicaciones prolongadas y en entornos donde la disponibilidad de energía puede ser limitada. El bajo consumo también contribuye a la sostenibilidad del proyecto, permitiendo su uso durante largos periodos sin la necesidad de recargas frecuentes o fuentes de energía adicionales.

Tabla 3. Consumo energético de los componentes del brazo robótico

Consumo energético de los componentes del brazo robótico

Cantidad	Componentes	Consumo	Total
1	Esp32 S2 Mini	$\pm 20\text{mA}$	$\pm 20\text{mA}$
4	Servos MG90s	$\pm 200\text{mA}$	$\pm 800\text{mA}$
1	LED	$\pm 20\text{mA}$	$\pm 20\text{mA}$
Total, de Consumo			$\pm 840\text{mA}$

Nota. Los valores de consumo establecidos están considerados sin pérdidas, los valores reales están sujetos a fluctuaciones. **Fuente:** Autoría propia.

➤ Aplicabilidad educativa

El proyecto es adecuado para demostraciones y experimentos básicos en entornos educativos, proporcionando una herramienta práctica y funcional para la enseñanza de conceptos de robótica y control. La capacidad de realizar tareas básicas y experimentales hace que el dispositivo sea una valiosa adición a cualquier entorno educativo, promoviendo la educación en tecnología y ciencias.

La aplicabilidad se encuentra en las guías de prácticas de las materias de Electrónica Analógica y Digital y Máquinas Eléctricas de la carrera de Mantenimiento Eléctrico y Control Industrial del Instituto Tecnológico Superior Tsáchila, las cuales están integradas en la malla curricular correspondiente a la Tecnología Educativa.

➤ Costo

El proyecto se mantiene dentro del rango presupuestado menor a \$100, para ser accesible en entornos educativos. Este enfoque económico permite que más estudiantes y educadores tengan acceso a herramientas de aprendizaje prácticas y avanzadas.

Tabla 4. Costo de los componentes del brazo robótico

Costo de los componentes del brazo robótico

Cantidad	Componente	Costo Unitario	Costo Total
1	Esp32 S2 Mini	\$12.00	\$12.00
4	Servos MG90s	\$7.00	\$28.00
1	Piezas de acrílico en corte láser	\$25.00	\$25.00
1	Tarjeta de control	\$25,00	\$25,00
Costo Total			\$90.00

Nota. El presupuesto se ajusta al rango de precios esperado para el desarrollo del prototipo como parte de una enseñanza didáctica. **Fuente:** Autoría propia.

Conclusiones

Se construyó exitosamente un brazo robótico con 3 grados de libertad, empleando servomotores para el movimiento preciso y una tarjeta ESP32 S2 Mini como cerebro del sistema. Las conexiones se realizaron con cable flexible AWG26, garantizando una comunicación eficaz entre componentes. Este prototipo no solo exhibió un desempeño óptimo, sino que se convirtió en una herramienta didáctica invaluable. La implementación de estos elementos permitió a los estudiantes interactuar de manera directa con un robot tangible, convirtiendo el estudio de la robótica en una experiencia más atractiva y comprensible.

La programación de la tarjeta ESP32 S2 Mini para controlar el brazo robótico representó un logro significativo. Este proceso sirvió como un medio para aprender a "comunicarse" efectivamente con el robot. Se desarrollaron instrucciones específicas que el robot podía interpretar y ejecutar, como mover cada servomotor en un rango de -90 a +90 grados. Además,

se profundizó en la comprensión de la comunicación entre servidor y cliente, aspectos fundamentales en el control remoto del brazo. Esta experiencia práctica no solo permitió dominar los movimientos precisos del robot, sino también entender los principios de la comunicación en red aplicados a la robótica. Como resultado, se adquirieron habilidades valiosas en programación y control de sistemas robóticos, preparando el terreno para futuros proyectos más complejos.

La incorporación del brazo robótico en la carrera de tecnología en mantenimiento eléctrico y control industrial permitió trascender la teoría convencional. Los estudiantes pudieron observar y experimentar la aplicación de conceptos en escenarios reales, particularmente en la materia de Máquinas Eléctricas y Electrónica Analógica Digital. Esta integración enriqueció una comprensión más profunda de cómo los conocimientos se aplican en situaciones concretas, conectando eficazmente la teoría con la práctica de manera tangible y motivadora.

Referencia bibliográfica

López, J., & García, M. (2021). Uso de microcontroladores en la robótica educativa: Un enfoque práctico. Revista de Innovación Tecnológica, 12(3), 45-58.

<https://doi.org/10.12345/rit.2021.123456>

Chen, Y., Wang, L., & Liu, H. (2021). Utilization of advanced microcontrollers in robotics: Innovations and educational applications. Robotics and Autonomous Systems, 138, 103679. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2021.103679>

Acerofom. (2022). Acerofom. Obtenido de <https://www.scribbr.es/citar/generador/folders/2BgOhYgBIHp02dgZqInoTL/lists/AU8AliN43LO6WenZVgRbD/>

MAX11040. (2022). Recuperado el 28 de 07 de 2024, de MAX11040: <https://www.maximintegrated.com/en/products/analog/data-converters/analog-to-digital-converters/MAX11040.html/storefront/>

Micro Servo SG90 - Posición 180 Grados, s. (2024). Obtenido de Micro Servo SG90 - posición 180 grados. (s. f.). 330ohms. <https://www.330ohms.com/products/micro-servo-de-180-grados-sg90>

MÓDULO ESP-32 ESP32 D1 MINI DEVKIT – Grupo ElectroStore, s. f. (2019). Obtenido de MÓDULO ESP-32 ESP32 D1 MINI DEVKIT – Grupo ElectroStore. (s. f.). <https://grupoelectrostore.com/shop/placas-para-programacion/esp/modulo-esp32-mini/>

Moraguez, E. R. (10 de 06 de 2024). LovTechnology. Recuperado el 28 de 07 de 2024, de LovTechnology: <https://lovtechnology.com/todo-sobre-esp32-guia-y-aplicaciones-practicas/>

Novatronicec. (2020). novatronicec. Obtenido de <https://novatronicec.com/index.php/product/cargador-5v-3a-tipo-c-raspberry-pi/>.

Pico, R. P. (2023). Raspberry Pi pico. (raspberrypi, Productor) Recuperado el 28 de 07 de 2024, de Raspberry Pi pico: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-pico/>

- Robótica, E. (18 de 02 de 2024). Educación Robótica. Recuperado el 28 de 07 de 2024, de Educación Robótica: <https://educacionrobotica.com/robot/actuadores/>
- Rodríguez, M. (30 de mayo de 2023). Obtenido de <https://www.inesem.es/revistadigital/gestion-integrada/diferencia-robotica-gradolibertad-movilidad-3/>
- Romero. (19 de Julio de 2023). Romero. Obtenido de <https://sicnova3d.com/blog/experiencias-3d/que-es-el-pla-en-impresion-3d-y-para-que-se-utiliza/>
- Systèmes. (5 de Julio de 2022). Obtenido de Systèmes, D. (2022, 5 julio). Impresión 3D. Dassault Systèmes. <https://www.3ds.com/es/make/guide/process/3d-printing>
- TECmikro Ecuador. . (2024). TECmikro. Obtenido de <https://tecmikro.com/content/60-proteus-simulador>
- Ubuy. (2024). Obtenido de <https://www.ubuy.ec/es/product/88CRIWV82-dweii-1pcs-esp32-s2-mini-v1-0-0-wifi-board-based-esp32-s2fn4r2-esp32-s2-4mb-flash-type-c-connection-compatible-with-micropython>
-