

ROBOT PARA EL SUMINISTRO AUTOMATIZADO DE DISPOSITIVOS ELECTRONICOS

Realizado por:
Ing. Gabriela Cardozo / Correo: cardozogabysofia@gmail.com
Ing. Juan Fereira / Correo: johanfereira1976@gmail.com
Ing. Víctor León / Correo: leonv24e@gmail.com

Tutor Académico:
Dr. Francisco Parra / Correo: frparrarra@urbe.edu.ve

Tutor Metodológico:
Dra. Maribel Ordoñez / Correo: mordonez@urbe.edu.ve

A lo largo del tiempo, el ser humano ha buscado mejorar la eficiencia, reducir el esfuerzo físico y optimizar los procesos productivos. Desde el comienzo, las civilizaciones buscaban la manera de crear herramientas y mecanismos para facilitar tareas repetitivas. Con el pasar de los años y después de la automatización comenzó a cambiar de manera radical la manera en que se trabaja reduciendo la manualidad. Hoy en día, a partir de los avances tecnológicos se han

implementado sistemas de optimización los cuales han impactado a sectores industriales, administrativos, de salud y comerciales.

Actualmente, la gestión y distribución de estos elementos dependen en gran medida de procesos manuales, lo que no solo ralentiza la disponibilidad de los materiales, ya que se requiere recorrer físicamente los estantes, identificar visualmente cada componente y verificar su disponibilidad, lo que puede generar cuellos de botella en tareas críticas, sino que también aumenta la probabilidad de errores en el control de inventario y en el tiempo de entrega de insumos a los estudiantes y profesionales que los requieren.

Por otro lado, la dependencia de un operador manual en tareas repetitivas como el suministro de estos dispositivos genera una carga cognitiva que puede llevar a la fatiga y, en algunos casos, a la desmotivación del trabajador, lo que disminuye aún más su eficiencia. Pudiendo añadir que la ausencia de trazabilidad en la distribución de los componentes dificulta la supervisión del uso de los mismos, limitando la equidad de su acceso y aumentando la posibilidad de extravíos o asignaciones incorrectas.

En este sentido, la implementación de tecnologías adecuadas para automatizar estos procesos podría representar una solución clave para mejorar las características mencionadas previamente, permitiendo a los superiores mantenerse competitivos en un entorno tecnológico cada vez más innovador y globalizado. Una alternativa sería el desarrollo de un robot automatizado, cuyo funcionamiento se basaría en un sistema de programación controlado por un microcontrolador. De este modo, el robot podría realizar tareas de búsqueda y entrega de componentes electrónicos de manera eficiente y precisa, eliminando errores humanos y optimizando los tiempos de respuesta.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Se realizaron distintas revisiones bibliográficas a partir de artículos y trabajos de investigación, tomando las ideas principales y desarrollar mejoras de las mismas y como implementarlo en el trabajo de investigación. Del mismo modo, se redactó un guion de entrevista sirviendo como guía para realizar entrevistas a distintos profesores expertos en el área de automatización, cualificados para responder de la mejor manera.

Luego se aborda de manera estratégica los posibles desafíos y obstáculos que podrían surgir durante el desarrollo del prototipo, buscando para cada uno de ellos sus soluciones. Si bien se conoce que el objetivo principal de este trabajo de investigación es el suministro automatizado de

dispositivos electrónicos, es crucial reconocer que este camino estará lleno de complejidades. En este contexto, los problemas o sub-objetivos que se pueden desglosar son los siguientes:

- **Desplazamiento del robot.**
- **Dispensación o recolección de dispositivos electrónicos.**
- **Sistema de agarre**
- **Software del sistema**

Cabe destacar que el prototipo necesitara el software debe manejar protocolos de comunicación complejos y ser escalable para futuras expansiones. Para ello, existen diversos programas que manejan distintos protocolos de comunicación para los cuales ayudan a la interacción de todas las etapas. Asimismo, la lógica de control más recomendada para este tipo de proyectos es de una arquitectura modular en capas.

Para escoger los componentes a utilizar, se debe entender el sistema de control del prototipo, en esencia, el sistema opera bajo un principio de selección guiada por el usuario y acción robótica programada, permitiendo que cualquier persona, sin necesidad de conocimientos técnicos avanzados, solicite y reciba el componente deseado. El proceso comienza con la interfaz de usuario, que es el punto de contacto principal entre el operador y el sistema. A través de esta interfaz el usuario elige el componente electrónico específico que necesita de un catálogo o listado predefinido. Una vez que la selección es confirmada, esta información se transmite al controlador principal.

Se aborda el diseño estructural del sistema desde una perspectiva funcional, mediante la elaboración de un esquema general del hardware. Esta etapa constituye un componente esencial en el desarrollo del proyecto, ya que permite visualizar de forma clara y ordenada la arquitectura del sistema a través de bloques funcionales. Cada bloque representa una unidad con una función específica dentro del conjunto, y su interconexión lógica garantiza la coherencia operativa del sistema en su totalidad.

Esta metodología no solo optimiza el proceso de diseño, sino que también sienta las bases para futuras etapas de integración, pruebas y validación del sistema. En consecuencia, el esquema general del hardware se convierte en una herramienta clave para garantizar la eficiencia, escalabilidad y robustez del sistema propuesto. A continuación, se ilustrará mediante un diagrama de bloque el funcionamiento del prototipo.

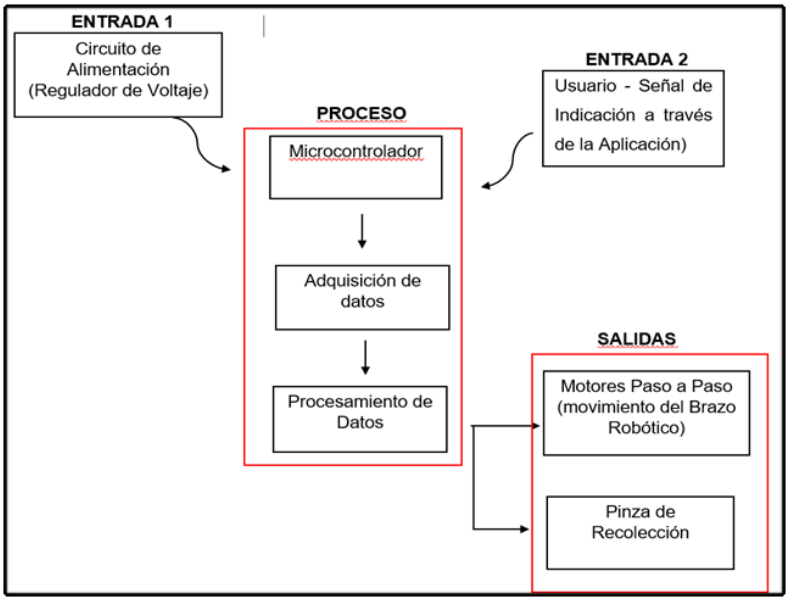


Figura 5. Esquema General del Hardware
Fuente: Cardozo, Fereira, Leon 2025.

Se aborda uno de los componentes fundamentales para garantizar la coherencia operativa del sistema: la elaboración de un diagrama de flujo. Este enfoque facilita la verificación lógica previa a la implementación del código, favoreciendo un desarrollo iterativo, flexible y susceptible de adaptaciones conforme avance el proceso de diseño. A continuación, se mostrará el diagrama de flujo el cual representa la lógica del funcionamiento del software.

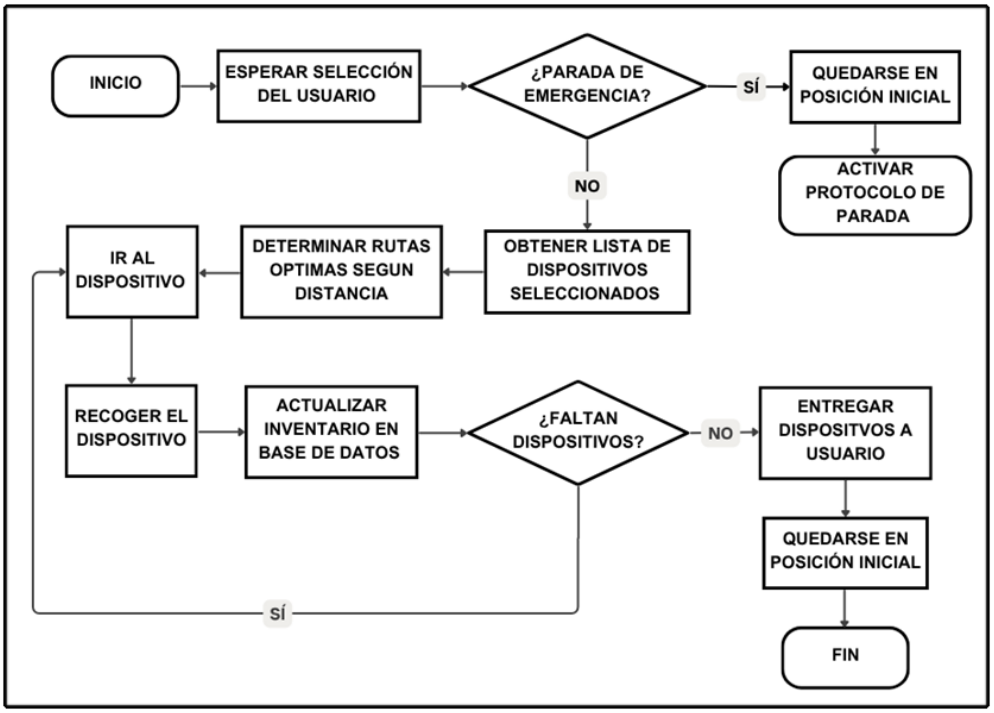


Figura 6: Ordinograma General
Fuente: Cardozo, León, Fereira, 2025.

En este contexto, la figura 6 trata del diagrama de flujo del funcionamiento principal del prototipo, el cual a partir de la selección de dispositivos que elija el usuario empezaran los movimientos del robot, siempre y cuando no este activa la parada de emergencia la cual para todo el proceso estando en la posición inicial sin moverse. Una vez, el prototipo recoja los dispositivos se actualiza automáticamente la base de datos de la estantería en donde contiene la cantidad de dispositivos disponibles, para finalizar, se le hace la entrega de los dispositivos al usuario y el robot vuelve a su posición inicial a esperar nuevamente órdenes.

Se llevó a cabo la culminación del proceso de diseño del prototipo del robot, utilizando como herramienta principal el software Thinker CAD. Esta aplicación permitió integrar las diferentes piezas que conforman el sistema mecánico, realizar ajustes dimensionales y validar la correcta articulación de cada uno de los componentes.

El diseño del prototipo se fundamentó en el modelo de referencia denominado Herculito Robot Arm, disponible en la plataforma Thingiverse (Reinhardf, 2024). Dicho modelo sirvió como punto de partida para el desarrollo de la estructura mecánica del robot, adaptándose sus dimensiones y características a los requerimientos específicos del presente proyecto. A partir de esta base, se realizaron modificaciones estructurales y geométricas en Thinker CAD con el fin de optimizar la funcionalidad y la compatibilidad con los componentes electrónicos seleccionados.

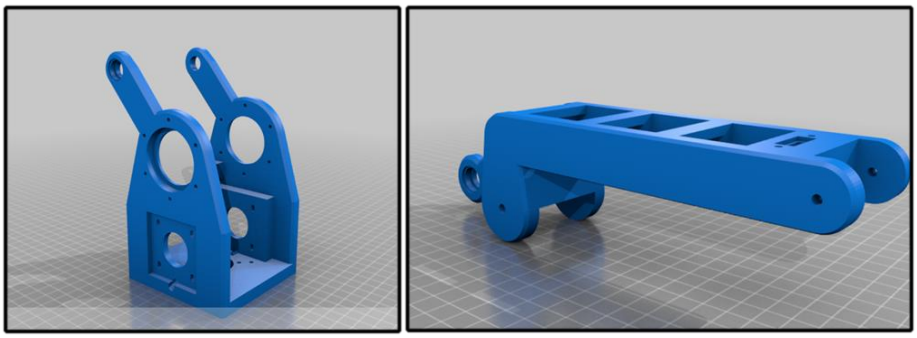


Figura 7: Base portante del sistema articulado y Brazo intermedio del robot
Fuente: Reinhardf, 2024

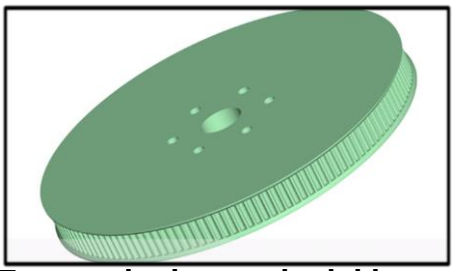


Figura 8: Engranaje de acople del brazo robótico
Fuente:Reinhardf, 2024

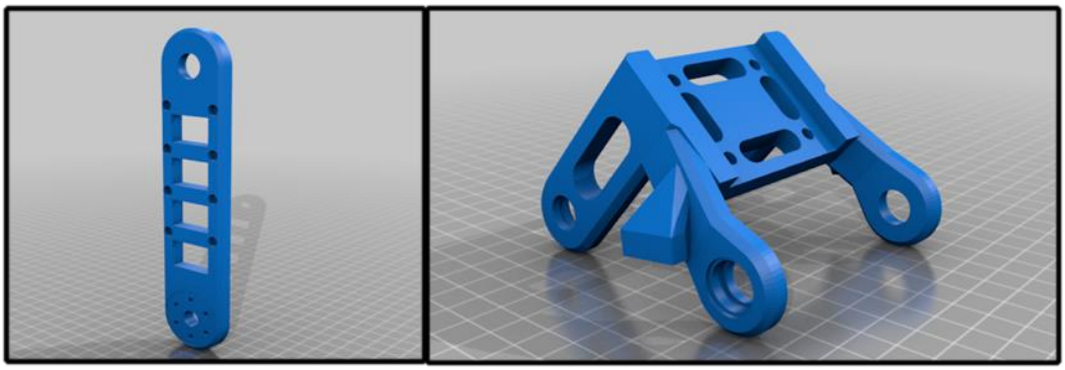


Figura 9: Brazo y cabeza de efector final (pinza)
Fuente: Reinhardf, 2024

El montaje en el simulador Wokwi se realizó tomando como base el esquema electrónico diseñado para el control del robot, incorporando los elementos esenciales que conforman el sistema de accionamiento. Entre los principales componentes simulados se incluyeron el microcontrolador Wemos D1 R32, los motores paso a paso y los controladores de motor A4988, además de las conexiones de alimentación, señales de control y referencia a tierra necesarias para su funcionamiento.

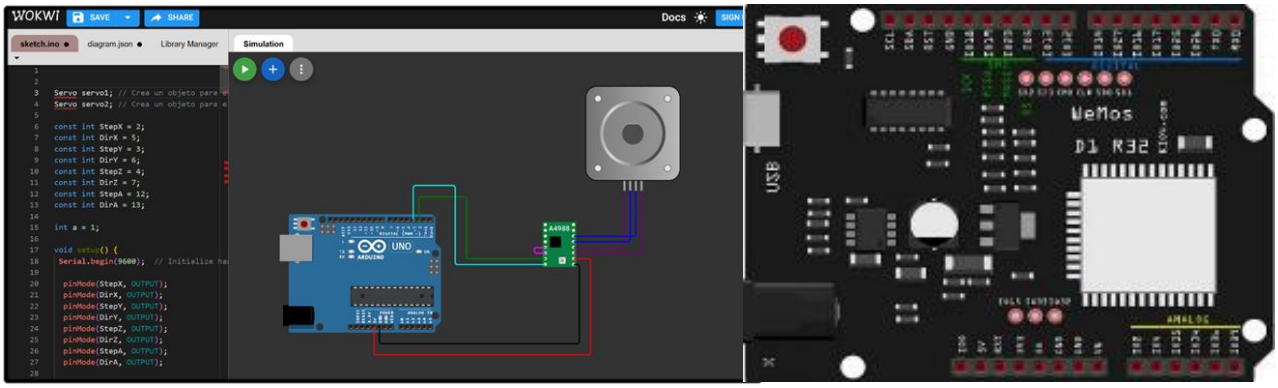


Figura 10: Implementación del hardware desde WOKWI
Fuente: Cardozo, Fereira, Leon 2025.

Posterior a la validación inicial del sistema mediante la simulación en Wokwi, se procedió a realizar un montaje físico básico con el propósito de comprender de manera práctica el comportamiento y la respuesta de los motores paso a paso ante las señales emitidas por el microcontrolador. Este montaje permitió observar directamente el funcionamiento de los motores, así como verificar la correcta conexión entre los controladores de motor y el Wemos D1 R32.

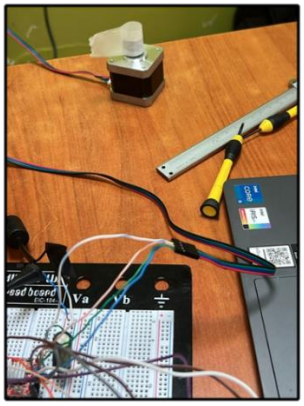


Figura 11: Pruebas básicas de accionamiento y movimiento de motores paso a paso.
Fuente: Cardozo, Fereira, Leon

Se llevó a cabo el proceso de depuración del software implementado en el microcontrolador, con el objetivo de garantizar el correcto funcionamiento de las rutinas de control y la comunicación entre los distintos componentes del sistema. Esta etapa resultó esencial para optimizar la ejecución del código, eliminar posibles errores lógicos y asegurar la estabilidad del programa durante la operación del robot.

La finalidad de esta fase fue alcanzar un software robusto, confiable y adaptado a las necesidades del prototipo, garantizando que cada instrucción ejecutada por el microcontrolador correspondiera a una acción física coherente dentro del sistema automatizado.

El código utiliza el protocolo HTTP sobre TCP/IP para la comunicación, donde el ESP32 actúa como servidor web en el puerto 80 y la página web hace peticiones GET mediante JavaScript para enviar comandos como ejecutar tareas, reiniciar el sistema o solicitar logs, estableciendo una comunicación cliente-servidor basada en el modelo solicitud-respuesta del protocolo HTTP.

Tras haber validado la viabilidad técnica y la pertinencia de las propuestas iniciales en etapas anteriores, el foco se centra ahora en la construcción del prototipo definitivo.



Figura 13: Impresión de todas las piezas en 3D
Fuente: Cardozo, Fereira, Leon (2025)

A partir de los diseños del brazo realizados en la fase V se llevó a cabo la impresión de cada una de las piezas necesarias para juntar los eslabones pertenecientes al brazo robótico, además de esto se realizaron impresiones de piezas de porte guía para el sistema de rieles (en este caso son varillas), y piezas para mejorar la estética final del prototipo.



Figura 14: Montaje de motores, eslabones y ajuste de sistema de polea
Fuente: Cardozo, Fereira, Leon (2025)

Para garantizar la estabilidad y el acople del mecanismo al estante de soporte, se utilizaron tornillos de 3mm y fijaciones tipo drywall que proporcionaron una sujeción firme y precisa de los componentes a la base. En la articulación de los brazos del prototipo, se implementó una variedad de rodamientos con el objetivo de asegurar un movimiento completo, fluido y de baja fricción en cada uno de los eslabones, permitiendo así la funcionalidad dinámica del diseño.

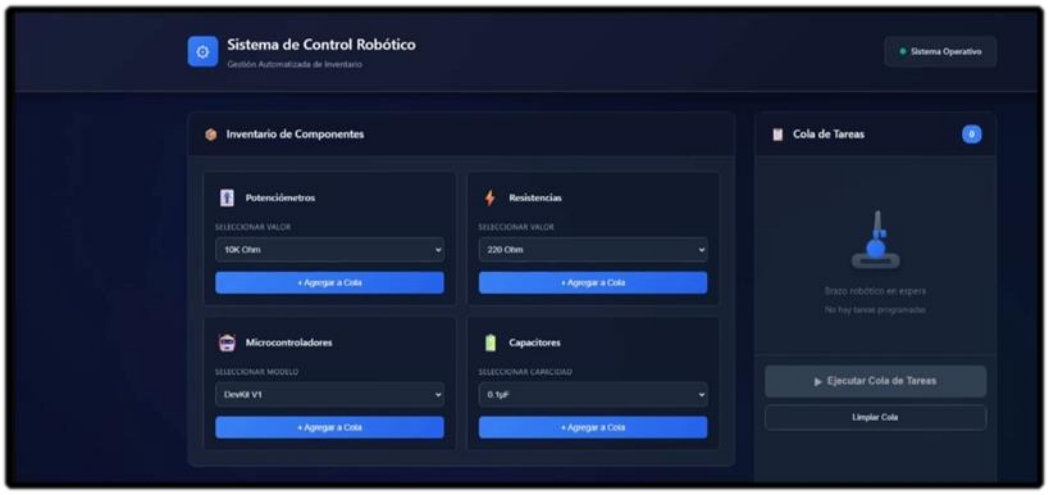


Figura 19: Prueba de funcionamiento de brazo robótico y enlace a página web.
Fuente: Cardozo, Fereira, Leon (2025)

Todas las pruebas funcionales y de rendimiento y las actualizaciones de funcionalidad se completaron satisfactoriamente, luego de una rigurosa fase de depuración y corrección de errores. Estos procedimientos de testing confirmaron el correcto funcionamiento de todos los módulos lógicos y físicos del sistema, dejando la interfaz web lista para las pruebas finales integradas del prototipo.

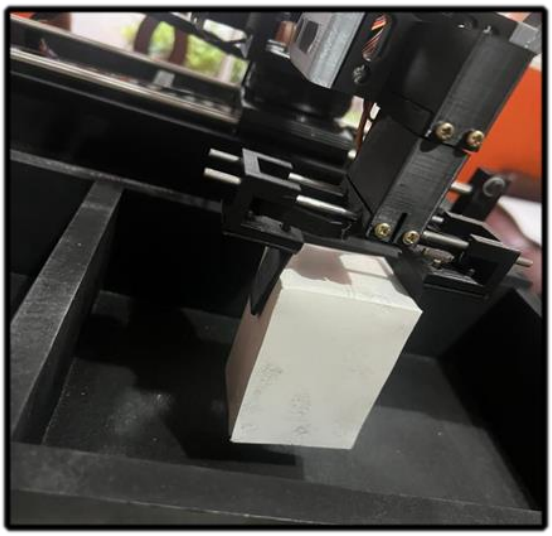


Figura 20: Prueba de actuadores finales
Fuente: Cardozo, Fereira, Leon (2025)

Las pruebas finales del actuador, que corresponde a la pinza o efector final del prototipo, se realizaron para validar su precisión y fiabilidad en la manipulación de los objetos de prueba, específicamente las cajas que contenían los dispositivos electrónicos. Al comenzar las pruebas, se identificó un problema significativo en el sistema de agarre. Las cajas de prueba diseñadas inicialmente para contener los dispositivos electrónicos resultaron ser de grandes dimensiones en relación con la apertura y capacidad de la pinza.

Es importante destacar que, en el contexto de la economía venezolana, caracterizado por la constante devaluación de la moneda local frente al dólar ($), todos los costos y la planificación financiera se fijaron y manejaron en dólares estadounidenses. Esta decisión se basó en el hecho de que las cotizaciones y compras de los componentes, realizadas a través de páginas web de proveedores y distribuidores, tienen sus precios establecidos y reflejados directamente en esta divisa. Esta metodología asegura una mayor precisión y estabilidad en la estimación de costos operativos y de inversión, protegiendo la planificación de la volatilidad cambiaria.

De esta manera, se confirma que el diseño propuesto es completamente sustentable no solo desde una perspectiva operativa al garantizar su funcionalidad a largo plazo, sino también desde

un punto de vista presupuestario gracias a su eficiente gestión de costes, sentando con esto bases extraordinariamente sólidas y optimizadas para su potencial escalabilidad y posterior implementación exitosa a nivel productivo.

CONCLUSIONES

Este proyecto de investigación detalla el diseño, construcción y verificación de un robot destinado al suministro automatizado de componentes electrónicos en laboratorios universitarios. La integración de sistemas mecánicos y de control permitió cumplir con los objetivos específicos, transformando el suministro manual en un proceso optimizado que mejora la precisión y organización del inventario. Este avance técnico no solo demuestra la factibilidad del prototipo, sino que establece un estándar para la modernización de los entornos de aprendizaje en ingeniería aplicada.

Más allá del logro académico, la implementación de esta tecnología fomenta la innovación y el aprendizaje autónomo al introducir herramientas de robótica en la formación profesional. El sistema posee un alto potencial de transferencia tecnológica, siendo escalable a sectores industriales, logísticos y comerciales que requieran un control eficiente de materiales. De este modo, el trabajo sienta las bases para futuras investigaciones que promuevan la productividad y la reducción de errores mediante la automatización en diversos contextos nacionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Freire, Castillo, Flores y Amores (2024). **Control de Motores Eléctricos.** Quinta Edición Editorial Internacional Alema. Ecuador.

Kuo, B.C y Golnaraghi, M.F (2010). **Automatic Contol Systems.** Octava Edición Editorial Wiley. Estados Unidos.

K.S Fu, R.C. González y C.G.S Lee (1987). **Robotics: Control, Sensing, Vision and Intelligence.** Editorial McGraw-Hill. Estados Unidos.

Mikell P. Groover (2010). **Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing.** Quinta Edición Editorial Pearson. Londres.

Ogata,K (2010). **Modern Control Engineering.** Quinta Edición editorial Prentice Hall. Estados Unidos.

Fraden, J. (2010). **Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications.** Cuarta Edición Editorial Springer. Estados Unidos.