



**Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero
Automotriz**

INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Autor: Joao Marcelo Jarro Becerra.

Tutor: Alex Fernando Llerena Mena, MSc.

**Desarrollo de un Prototipo a Escala de Vehículo de Recolección de
Residuos Alimentado por Energía Solar**

Certificado de Autoría

Yo, Joao Marcelo Jarro Becerra, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada. Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

Joao Marcelo Jarro Becerra

C.I.: 0956385017

Aprobación del Tutor

Yo, Alex Fernando Llerena Mena certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

Ing. Alex Fernando Llerena Mena, MSc.

C.I: 1804973277

Director de Proyecto

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi familia, cuyo amor, apoyo y paciencia han sido el pilar fundamental que me ha impulsado a lo largo de mi camino académico y personal. A mis padres, por su confianza inquebrantable en mí, y a mis seres queridos, por su motivación constante. Este logro es el reflejo de su apoyo incondicional y sacrificio. También, a todos aquellos que han confiado en mis capacidades y me han alentado a seguir adelante en cada etapa de este proyecto.

Joao Jarro

Agradecimiento

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han sido parte fundamental en el desarrollo de este proyecto. A mis profesores, por su valioso conocimiento y orientación, que me permitieron superar los desafíos académicos. A mis compañeros de trabajo y amigos, por su apoyo constante, colaboración y por compartir sus ideas, lo que enriqueció este proceso. Agradezco también a las instituciones y a todos aquellos que de alguna manera contribuyeron con recursos y conocimientos, permitiendo llevar a cabo esta investigación.

Joao Jarro

Índice General

Certificado de Autoría.....	iii
Aprobación del Tutor	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	iv
Índice General.....	v
Índice de Figuras.....	ix
Índice de Tablas	xi
Resumen.....	xii
Abstract	xiii
Capítulo I Antecedentes	1
1.1 Título de Investigación	1
1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización de la Investigación.....	1
1.2.1 Planteamiento del Problema	1
1.2.2 Formulación del Problema.....	3
1.2.3 Sistematización del Problema.....	3
1.3 Objetivo de la Investigación	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos	3
1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación.....	4
1.4.1 Justificación Teórica.....	4
1.4.2 Justificación Metodológica.....	5
1.4.3 Justificación Práctica	5
1.4.4 Delimitación Temporal.....	6
1.4.5 Delimitación Geográfica.....	6

1.4.6	Delimitación del Contenido.....	7
Capítulo II Marco Referencial		8
2.1	Marco Teórico	8
2.1.1	Gestión de Residuos Sólidos Urbanos.....	8
2.1.2	Robótica en la Recolección de Residuos	9
2.1.3	Energía Solar Fotovoltaica	11
2.1.4	Diseño y Optimización del Robot.....	12
2.1.5	Sostenibilidad y Medio Ambiente	14
2.1.6	Inteligencia Artificial.....	14
2.2	Marco Conceptual.....	14
2.2.1	Robot Controlado por Control Remoto	14
2.2.2	Energía Solar Fotovoltaica	15
2.2.3	Sensores de Proximidad y Navegación.....	16
2.2.4	Actuadores y Manipuladores Robóticos.....	17
2.2.5	Sostenibilidad y Eficiencia Energética	18
Capítulo III Procedimientos Metodológicos del Desarrollo del Prototipo		20
3.1	Diseño de la Investigación.....	20
3.2	Materiales Aplicados	21
3.2.1	Chasis RC 4WD Modelo Coche On-Road Drift Car.....	21
3.2.2	Motor Para RC 4WD Modelo Coche On-Road.....	22
3.2.3	Acekeeps Ruedas y Neumáticos Hexagonales	24
3.2.4	ZOSKAY Servo motor	25
3.2.5	Flysky FS-GT3B.....	26
3.2.6	3650 5900KV Motor RC	27
3.2.7	OVONIC 3S Lipo Batería 100C 6000mAh 11.1V	28

3.2.8	Mini Módulo de Giroscopio para Coches RC Drift Drift.....	30
3.2.9	Controlador de Interruptor PWM	31
2.1.1.	Flysky FS-i6X Transmisor y receptor RC FS-iA6B iBus 10 canales	32
3.2.10	Servo Motor Mg946 13kg Rodamiento Dual 270°	33
3.2.11	Servomotor MG995	34
3.2.12	Creality Ender 3.....	35
3.2.13	PLA-HD Winkle 1.75 mm Negro Azabache	36
3.2.14	Banco de Energía Solar	37
3.2.15	Banco de Energía Solar	38
3.3	Aplicaciones Robóticas en la Recolección y Clasificación de Residuos	39
3.3.1	Garbage Collection and Sorting with a Mobile Manipulator	39
3.3.2	From Smart City to Smart Citizen	42
Capitulo IV Implementación del Prototipo y Análisis de Resultados		43
4.1	Diseño y Construcción del Robot.....	43
4.1.1	Diseño del Chasis	43
4.1.2	Sistema Propulsión	43
4.1.3	Montaje de Paneles Solares	44
4.1.4	Conexión del Panel Solar al Convertidor de 12V.....	44
4.1.5	Verificación del Almacenamiento de Energía.....	44
4.1.6	Desarrollo del Algoritmo de Control.....	45
4.1.7	Implementación del Software CURA para Impresión 3D.....	46
4.1.8	Sistema de Recolección de Residuos.....	50
4.2	Implementación Final del Robot	50
4.2.1	Integración del Brazo Robótico	51
4.2.2	Simulación en un Arduino	54

4.3	Métodos para Implementación de Panel Solar.....	56
4.4	Cálculo de la Energía Generada por el Panel Solar.....	57
4.5	Evaluación entre Consumo y Generación de Energía.....	57
4.6	Implementación del Panel Solar.....	57
4.7	Análisis de las Pruebas de Agarre y Ajuste del Sistema.....	59
4.8	Interpretación de las Pruebas de Agarre y Ajuste del Sistema.....	61
4.9	Estimación del Consumo Energético Total y Eficiencia del Prototipo.....	62
4.10	Estimación del rendimiento y viabilidad a escala real.....	65
	Conclusiones.....	68
	Recomendaciones.....	70
	Bibliografía.....	71

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Ubicación Geográfica de la Universidad Internacional del Ecuador</i>	6
Figura 2 <i>Optimización de Reciclaje por Robots</i>	9
Figura 3 <i>Energía Solar Fotovoltaica</i>	12
Figura 4 <i>ClearBot</i>	12
Figura 5 <i>Actuadores para Robótica</i>	18
Figura 6 <i>Energía Sostenible</i>	19
Figura 7 <i>RC 4WD Modelo Coche On-Road Drift Car</i>	22
Figura 8 <i>Motor Para RC 4WD Modelo Coche On-Road</i>	23
Figura 9 <i>Acekeeps Ruedas y Neumáticos Hexagonales</i>	24
Figura 10 <i>ZOSKAY Servo motor</i>	25
Figura 11 <i>Flysky FS-GT3B</i>	27
Figura 12 <i>3650 5900KV Motor RC</i>	28
Figura 13 <i>OVONIC 3S</i>	29
Figura 14 <i>Mini Módulo de Giroscopio</i>	31
Figura 15 <i>Controlador de Interruptor PWM</i>	32
Figura 16 <i>Flysky FS-i6X Transmisor</i>	33
Figura 17 <i>Servo Motor Mg946</i>	34
Figura 18 <i>Servo Motor Mg995</i>	35
Figura 19 <i>Creality Ender 3</i>	36
Figura 20 <i>PLA-HD Winkle 1.75 mm</i>	37
Figura 21 <i>Banco de Energía Solar</i>	38
Figura 22 <i>Convertidor USB de 5v a 12 v</i>	39
Figura 23 <i>Robot Móvil IIT MOCA/UCL-MPPL</i>	40
Figura 24 <i>Arquitectura de Software de Todo el Sistema</i>	41

Figura 25 <i>Las Principales Partes y Dispositivos que Cooperan en la Nube IoT</i>	42
Figura 26 <i>Receptor RC FS-iA6B iBus</i>	45
Figura 27 <i>Software Cure</i>	46
Figura 28 <i>Software Cure Diseño Brazo Robot</i>	47
Figura 29 <i>Impresión 3D</i>	47
Figura 30 <i>Diseño de Engranajes del Brazo Robot</i>	48
Figura 31 <i>Impresión de las Piezas del Brazo Robot</i>	48
Figura 32 <i>Diseño de Base de Movimiento Lateral y Frontal</i>	49
Figura 33 <i>Impresión de Base de Movimiento Lateral y Frontal</i>	49
Figura 34 <i>Diseño de la Base Principal del Eje</i>	50
Figura 35 <i>Conexiones Finales</i>	51
Figura 36 <i>Armado Final Brazo Robot</i>	52
Figura 37 <i>Ensamblaje Final</i>	53
Figura 38 <i>Pruebas de Uso</i>	54
Figura 39 <i>Simulación Seguidor de Línea</i>	55
Figura 40 <i>Simulación Control de Brazo Robótico con Servomotores</i>	55
Figura 41 <i>Batería que Alimenta el Auto</i>	56
Figura 42 <i>Estructura para el Panel</i>	58
Figura 43 <i>Ensamble del Panel</i>	58
Figura 44 <i>Circuito Utilizado para Instalar el Panel Solar de 5v</i>	59
Figura 45 <i>Funcionamiento del Robot</i>	61

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Propiedades Técnicas</i>	36
Tabla 2 <i>Dimensiones del Camión Recolector y el Prototipo del Robot</i>	65
Tabla 3 <i>Pruebas de Agarre</i>	60

Resumen

El propósito principal de este estudio es la creación y desarrollo de un prototipo a escala de un vehículo de recolección de desechos, alimentado por energía solar, lo que constituye una alternativa innovadora y sustentable para la gestión de desechos urbanos. Este prototipo recibe energía a través de paneles solares, los cuales absorben la energía requerida para alimentar los sistemas de propulsión y funcionamiento del vehículo; además, un sistema de almacenamiento basado en baterías. La aplicación de esta tecnología contribuye con la disminución de la huella de carbono de los vehículos de recolección, al mismo tiempo que reduce la necesidad de combustibles fósiles. El desarrollo del prototipo contempla la incorporación de sistemas automatizados para la recolección de desechos, incrementando la eficacia del procedimiento y favoreciendo la optimización del tiempo de funcionamiento. Para ello, se implementan sensores, que facilitan una determinación exacta de los tipos de desechos recogidos y su correcto manejo. Se lleva a cabo un estudio detallado de la factibilidad técnica del proyecto, como las ventajas a largo plazo obtenidas del uso de energías renovables. El prototipo evidencia que se puede poner en marcha un sistema de recogida autónoma, impulsado por energía solar, que no solo incrementa la eficacia en el manejo de desechos, sino que también repercute de manera positiva en la sostenibilidad del ambiente urbano. Los hallazgos logrados indican que estas soluciones pueden ser escalables para ser usadas en ciudades, lo que abre la puerta a nuevas opciones en el ámbito de la movilidad sostenible y la administración de desechos.

Palabras Clave: Energía Solar, Recolector, Controlador, Sensores, Actuadores.

Abstract

The primary purpose of this study is the design and development of a scaled prototype of a waste collection vehicle powered by solar energy, providing an innovative and sustainable alternative for urban waste management. This prototype harnesses energy through solar panels, which absorb the necessary power to operate the propulsion and functional systems of the vehicle, supported by a battery-based energy storage system. The application of this technology contributes to reducing the carbon footprint of waste collection vehicles while decreasing the reliance on fossil fuels.

The development of the prototype incorporates automated systems for waste collection, increasing the efficiency of the process and optimizing operational time. Sensors are implemented to accurately identify the types of waste collected and ensure their proper handling. A detailed feasibility study is conducted, addressing the technical viability of the project and the long-term benefits of utilizing renewable energy sources.

The prototype demonstrates the feasibility of deploying an autonomous waste collection system powered by solar energy, which not only improves efficiency in waste management but also positively impacts the sustainability of urban environments. The findings suggest that these solutions are scalable and can be applied in cities, paving the way for new opportunities in sustainable mobility and waste management.

Keywords: Solar Energy, Collector, Controller, Sensors, Actuators.

Capítulo I

Antecedentes

1.1 Título de Investigación

Desarrollo de un prototipo a escala de vehículo de recolección de residuos alimentado por energía solar.

1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización de la Investigación

Este proyecto sugiere la creación de un robot de recolección de residuos que se nutre de energía solar, transformándolo en una solución ecológica. El proyecto aborda un protocolo que puede ser aplicado en un número más amplio de casos en la ciudad, nación para lugares públicos y a mayor escala, recolectando desechos de forma eficaz, mientras emplea paneles solares para recargar su batería y funcionar sin requerir de fuentes de energía tradicionales. Esta perspectiva no solo disminuye la necesidad de combustibles fósiles, sino que también promueve la utilización de energías limpias y sostenibles en el sector de la ingeniería.

1.2.1 Planteamiento del Problema

La gestión de residuos se ha convertido en uno de los principales desafíos en las ciudades modernas, donde la urbanización desmedida y el crecimiento poblacional han llevado a una generación constante y cada vez mayor de desechos sólidos. Este incremento en la producción de residuos ejerce una presión considerable sobre los servicios de recolección y disposición, y plantea problemas que afectan tanto a la salud pública como al medio ambiente, como la contaminación del aire y el agua, la proliferación de plagas y los riesgos para la fauna local.

Los métodos tradicionales de recolección de basura, aunque fundamentales, se ven limitados en su capacidad de cubrir la creciente demanda, debido a su dependencia de la intervención humana, lo que puede llevar a un aumento de los costos operativos, el consumo de combustibles fósiles y los tiempos de operación. A medida que las ciudades continúan

expandiéndose, las ineficiencias en la recolección y el manejo de los residuos se agravan, y se hace evidente la necesidad de explorar nuevas estrategias que sean sostenibles y capaces de adaptarse a las demandas actuales y futuras.

En este contexto, la incorporación de tecnologías robóticas y de energías renovables, como la energía solar, surge como una solución innovadora para enfrentar el reto de la gestión de residuos en las áreas urbanas. Un robot recolector de basura alimentado por energía solar, que funcione controlado de manera remota, es decir bajo control remoto, tiene el potencial de transformar los procesos de recolección y hacerlos más eficientes y sostenibles.

La capacidad de operar continuamente sin intervención humana, al estar alimentado por energía solar, reduce la dependencia de combustibles convencionales y disminuye significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, la tecnología de este permite que el robot pueda trabajar para recorrer rutas específicas, optimizando así el tiempo y esfuerzo en la recolección de residuos.

No obstante, el desarrollo e implementación de un robot recolector de basura controlado por control remoto alimentado por energía solar presenta varios desafíos técnicos y logísticos. Entre ellos, la integración efectiva de componentes tecnológicos (sensores, actuadores y paneles solares), la adaptabilidad del diseño para funcionar en diversos entornos y condiciones climáticas, y la optimización de su capacidad de recolección y almacenamiento de residuos. Estos aspectos son cruciales para garantizar que el robot pueda navegar y operar de forma eficiente en entornos urbanos densos y variados, y para que sea capaz de adaptarse a obstáculos como peatones, vehículos, y diversos tipos de basura en calles y espacios públicos.

A pesar de los beneficios potenciales de esta tecnología, su impacto real en el proceso de recolección de residuos necesita ser evaluado a fondo. Es fundamental determinar si la implementación de este robot puede realmente mejorar la eficiencia de los sistemas de recolección tradicionales, reducir costos operativos a largo plazo, y contribuir al desarrollo de

ciudades más sostenibles. Para ello, se requiere de un análisis exhaustivo que considere no solo el diseño y la funcionalidad del robot, sino también su viabilidad económica y su capacidad para integrarse en las infraestructuras urbanas existentes.

1.2.2 Formulación del Problema

En este contexto, surge la pregunta: ¿Cómo puede la implementación de un robot recolector de basura alimentado por energía solar mejorar la eficiencia y sostenibilidad en la gestión de residuos en entornos urbanos?

1.2.3 Sistematización del Problema

- ¿Qué características de diseño y tecnología son necesarias para desarrollar un prototipo de robot recolector de basura que utilice energía solar y garantice su funcionamiento?
- ¿Cómo pueden los sistemas de sensores y actuadores integrados en el robot optimizar la detección y recolección de basura en diversos entornos urbanos?
- ¿Qué métricas y metodologías se deben utilizar para evaluar la eficiencia del robot recolector de basura en comparación con los métodos tradicionales de recolección de residuos?

1.3 Objetivo de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar un prototipo de vehículo a escala de para la recolección de basura, alimentado por energía solar.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Seleccionar el sistema óptimo de recolección de residuos para el prototipo a escala, considerando eficiencia energética, capacidad de recolección.
- Implementar el prototipo de vehículo de recolección y someterlo a una serie de pruebas controladas.

- Evaluar la eficiencia energética del prototipo de recolección de residuos, extrapolando los resultados para la estimación del rendimiento y viabilidad de un sistema a escala real.

1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación

La creciente generación de residuos en áreas urbanas presenta desafíos significativos para la gestión eficiente y sostenible de desechos. Ante esta realidad, la investigación y desarrollo de soluciones innovadoras se vuelve crucial. Este proyecto se centra en la creación de un robot recolector de basura alimentado por energía solar, que no solo aborda la problemática de recolección de residuos, sino que también promueve el uso de energías renovables. En esta sección, se expone la justificación teórica y práctica de la investigación, así como su enfoque metodológico. Además, se delimitan los aspectos temporales, geográficos y de contenido que guiarán el desarrollo del estudio, asegurando que se aborde de manera integral la problemática planteada. Este enfoque busca contribuir al avance de la tecnología en la gestión de residuos, mostrando cómo la robótica y la sostenibilidad pueden converger para mejorar la calidad de vida en las ciudades.

1.4.1 Justificación Teórica

La gestión de residuos es un área de estudio esencial en la ingeniería ambiental y la robótica, ya que la urbanización y el aumento de la población generan desafíos significativos en la recolección y tratamiento de desechos. La implementación de estas tecnologías, como los robots recolectores de basura alimentados por energía solar, se fundamenta en teorías de sostenibilidad, eficiencia energética y la practicidad. Esta investigación aporta un marco teórico que combina estos campos, contribuyendo al desarrollo de soluciones innovadoras y sostenibles para la problemática de residuos en áreas urbanas. Además, la literatura existente respalda la viabilidad de integrar energías renovables en sistemas de gestión de residuos, lo que proporciona una base sólida para la realización de este proyecto.

1.4.2 Justificación Metodológica

El enfoque metodológico de esta investigación se basa en el diseño y desarrollo de un prototipo de robot recolector de basura, incorporando técnicas de diseño asistido por computadora (CAD) y métodos de evaluación experimental. La elección de esta metodología permite realizar un análisis integral de los componentes técnicos y operativos del robot, así como la validación de su funcionamiento en entornos reales. Además, el uso de herramientas de simulación y pruebas de campo asegura que los resultados obtenidos sean representativos y aplicables a situaciones de la vida real, lo que refuerza la robustez del estudio y su capacidad de ofrecer soluciones efectivas.

1.4.3 Justificación Práctica

La implementación de un robot recolector de basura alimentado por energía solar representa una solución innovadora y práctica a los problemas actuales de gestión de residuos en áreas urbanas, donde la demanda de recolección eficiente y sostenibilidad es cada vez mayor. Este robot, al operar de manera controlada y depender de una fuente de energía renovable, ofrece una alternativa que permite no solo mejorar la eficiencia en la recolección de basura, sino también reducir los costos operativos asociados a las prácticas tradicionales, como el uso de vehículos de combustible fósil y el requerimiento constante de intervención humana. La capacidad del robot para recolectar residuos durante períodos prolongados con la energía obtenida a través de paneles solares implica un menor impacto ambiental, ya que disminuye las emisiones de gases contaminantes y la huella de carbono.

Además, este proyecto ofrece una oportunidad para avanzar en el uso de tecnologías limpias en la vida cotidiana de las ciudades. Su diseño adaptable, que permite su operación en calles y espacios públicos de diversa complejidad, y su capacidad para detectar y recolectar diferentes tipos de basura, lo hacen un modelo aplicable en diversos entornos urbanos. Esta investigación no solo busca demostrar la viabilidad de esta solución en términos de eficiencia

y sostenibilidad, sino también establecer un prototipo que pueda ser replicado en otras ciudades y regiones del mundo, contribuyendo de manera significativa a la limpieza urbana y la protección del medio ambiente.

1.4.4 Delimitación Temporal

El presente proyecto se desarrollará durante un período de 6 meses, comenzando en octubre de 2024 y finalizando en marzo de 2025.

1.4.5 Delimitación Geográfica

El proyecto se enfocó en un entorno urbano específico, seleccionando diferentes zonas de la ciudad de Guayaquil por sus características representativas de los desafíos en la gestión de residuos, siendo uno de ellos como candidatos la Universidad Internacional del Ecuador. Esta delimitación geográfica permitirá contextualizar la investigación y evaluar el desempeño del robot en condiciones reales de recolección de basura, contribuyendo a la comprensión de su aplicabilidad en diferentes entornos urbanos, como se puede observar en la figura 1.

Figura 1

Ubicación Geográfica de la Universidad Internacional del Ecuador



Fuente: (Google Maps, 2024)

1.4.6 Delimitación del Contenido

La investigación abarcará el diseño, desarrollo y evaluación de un robot recolector de basura alimentado por energía solar. Se centrará en los siguientes aspectos: análisis de la problemática actual en la gestión de residuos, diseño del prototipo del robot, integración de sistemas de sensores y actuadores, evaluación del rendimiento del robot en la recolección de basura, y el impacto del uso de energía solar en su operación. No se incluirán aspectos relacionados con el tratamiento final de los residuos recolectados ni la gestión de residuos peligrosos, ya que el enfoque principal es la recolección y sostenible de desechos.

Capítulo II

Marco Referencial

2.1 Marco Teórico

Este robot, que emplea tecnologías avanzadas como la robótica bajo control remoto, energía renovable y sistemas de sensores inteligentes, busca optimizar los procesos de recolección de basura, abordando de manera eficiente los retos de sostenibilidad y eficiencia en las ciudades modernas.

Además, se examinarán las aplicaciones de estas tecnologías en el ámbito de la gestión de residuos, identificando los beneficios potenciales, como la reducción de costos operativos, la minimización del impacto ambiental y la mejora de la calidad del entorno urbano. Este es esencial para entender los fundamentos científicos y tecnológicos que permitirán la creación de un prototipo de robot que no solo recoja basura de manera eficiente, sino que también sea una herramienta viable y sostenible para las ciudades del futuro.

2.1.1 *Gestión de Residuos Sólidos Urbanos*

En las ciudades, la creciente producción de desechos es un desafío complejo que amenaza tanto la salud pública como el medioambiente. La gestión inadecuada de estos residuos contribuye a la contaminación del suelo, aire y agua, generando impactos negativos a largo plazo en el ecosistema y en la calidad de vida de los habitantes. Según (Llerena, 2024) el medio ambiente de la provincia del Guayas y la salud de sus residentes, en particular de aquellos que residen principalmente en áreas urbanas, se ven perjudicados por las emisiones de gases generadas por los vehículos en movimiento. Los coches emiten una variedad de sustancias químicas altamente perjudiciales, incluyendo el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NOx) y los hidrocarburos (HC).

La recolección de residuos con camiones convencionales tiene varias desventajas, tales como el consumo de combustibles fósiles, las emisiones de gases de efecto invernadero y los

altos costos operativos. Además, la dependencia de horarios específicos de recolección puede ser insuficiente en ciudades con altos índices de desechos.

La acumulación de basura sin un tratamiento adecuado produce metano y otros gases de efecto invernadero, que son perjudiciales para el ambiente y contribuyen al cambio climático. Además, la falta de control en los residuos puede derivar en problemas de salud pública, como la proliferación de plagas y enfermedades.

2.1.2 Robótica en la Recolección de Residuos

El uso de robots en servicios municipales, como la recolección de basura, ha evolucionado rápidamente, gracias a los avances en sistemas de control, sensores y procesamiento de datos. Los robots ofrecen una solución potencial para gestionar de manera eficiente los residuos y mejorar la limpieza urbana (Figura 2).

Figura 2

Optimización de Reciclaje por Robots



Fuente: (Interempresas, 2024)

Los sensores son fundamentales para que un robot recolector de basura pueda operar de manera eficaz y segura en entornos urbanos. Estos dispositivos permiten que el robot perciba su entorno y tome decisiones en tiempo real sin intervención humana. Entre los tipos de sensores más utilizados para este propósito, se encuentran el LIDAR (Light Detection and

Ranging), los sensores infrarrojos y los sensores de ultrasonido, cada uno desempeñando un papel específico en la navegación, detección de obstáculos y recolección de residuos.

LIDAR: Esta tecnología utiliza pulsos láser para medir la distancia entre el robot y los objetos a su alrededor, generando un mapa tridimensional del entorno. El sensor LIDAR proporciona una precisión y resolución excepcionales, lo que permite al robot identificar y clasificar obstáculos a larga distancia, incluso en condiciones de baja visibilidad, como en la noche o en áreas polvorosas. Este sensor es particularmente valioso en áreas urbanas complejas, donde el robot necesita navegar entre edificios, vehículos estacionados y otros obstáculos sin colisionar.

Sensores Infrarrojos (IR): Los sensores IR se emplean principalmente para detectar objetos cercanos al robot, lo que les permite identificar la proximidad de personas, vehículos u otros elementos que podrían interferir con el trayecto del robot. Son ideales para situaciones en las que se necesita una respuesta rápida, como en intersecciones o áreas de tránsito denso, ya que pueden detectar movimientos a corta distancia.

Sensores de Ultrasonido: Funcionan mediante la emisión de ondas sonoras de alta frecuencia que rebotan en los objetos cercanos, permitiendo medir la distancia entre el sensor y los obstáculos. Son muy útiles para la detección de objetos a corta distancia y en situaciones donde otros sensores podrían no ser tan efectivos, como en superficies reflectantes o áreas con poca luz. Los sensores ultrasónicos son especialmente valiosos para la navegación en espacios estrechos, como aceras o pasillos entre edificios.

La manipulación de residuos es uno de los aspectos más críticos en el diseño de un robot recolector de basura. Para que el robot sea eficaz en la recolección y almacenamiento de desechos, debe contar con sistemas de actuadores y manipuladores que le permitan recoger, transportar y almacenar los residuos de manera eficiente. Entre los sistemas más utilizados se encuentran brazos robóticos, garras y otros mecanismos adaptables.

Brazos robóticos: Los brazos robóticos son componentes esenciales para la manipulación de objetos en los sistemas robóticos de recolección de basura. Están diseñados para imitar los movimientos de un brazo humano, con una serie de articulaciones y actuadores que permiten realizar movimientos precisos y complejos, como levantar, mover y colocar los residuos en el compartimento de almacenamiento del robot. Estos brazos pueden ser controlados por sistemas de actuadores eléctricos o neumáticos, que les proporcionan la fuerza necesaria para manipular objetos pesados o voluminosos sin dañarlos.

Garras o pinzas: Las garras son mecanismos de sujeción que se utilizan para recoger objetos de diversas formas y tamaños. Su diseño debe ser altamente adaptable, lo que les permite manejar residuos de diferentes materiales (como plástico, vidrio, papel o residuos orgánicos) sin causar daño al objeto ni al propio robot. Las garras pueden estar equipadas con sensores adicionales que permiten evaluar el tipo de material que están manipulando, lo que puede ayudar al robot a clasificar los residuos de manera eficiente.

Adaptabilidad y robustez: Para que los sistemas de manipulación sean eficaces en un entorno urbano, deben ser lo suficientemente robustos para resistir el uso continuo y las condiciones adversas del entorno, como suciedad, humedad y variabilidad en los tipos de residuos recolectados. Además, deben ser lo suficientemente adaptables para manejar diferentes tamaños, formas y texturas de residuos. Esta capacidad de adaptación es esencial, ya que los robots recolectores deben operar en un entorno dinámico y diverso, donde los residuos pueden ser de naturaleza impredecible.

2.1.3 Energía Solar Fotovoltaica

Según (Huawei, 2023) la energía solar fotovoltaica se basa en la conversión de la luz solar en electricidad mediante celdas de silicio. Las celdas fotovoltaicas generan una corriente eléctrica directa, la cual es almacenada o usada directamente para alimentar dispositivos electrónicos.

Figura 3

Energía Solar Fotovoltaica



Fuente: (Blanch, 2022)

Además de los paneles solares, el robot necesita un controlador de carga y baterías de almacenamiento. El controlador de carga regula el flujo de energía hacia las baterías para evitar sobrecargas, mientras que las baterías permiten el funcionamiento continuo del robot incluso en condiciones de baja luz (Figura 4).

Figura 4

ClearBot



Fuente: (Canal26, 2024)

La energía solar es una fuente de energía limpia y renovable que reduce la dependencia de combustibles fósiles y las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo a la sostenibilidad urbana.

2.1.4 *Diseño y Optimización del Robot*

El diseño y la optimización de un robot recolector de basura alimentado por energía solar son aspectos esenciales para garantizar que el dispositivo funcione de manera eficiente,

sostenible y segura en entornos urbanos complejos (Invdes, 2024). Este proceso involucra una serie de herramientas, pruebas y estrategias para mejorar tanto la funcionalidad como el rendimiento del robot, mientras se minimizan los costos y el impacto ambiental.

El uso de software avanzado de diseño asistido por computadora (CAD), como Autodesk Inventor, permite a los ingenieros crear representaciones detalladas y precisas del robot en un entorno virtual. Estos programas permiten diseñar cada componente del robot, desde los actuadores hasta la estructura principal, y simular su comportamiento en diferentes condiciones. El modelado en 3D también permite realizar pruebas de rendimiento estructural, como la simulación de fuerzas, vibraciones o impactos, lo que proporciona una visión clara de la resistencia y estabilidad del robot antes de construir un prototipo físico. Una de las principales ventajas de utilizar software de simulación es la capacidad de probar virtualmente diferentes configuraciones y ajustes del diseño sin necesidad de construir físicamente cada versión del robot.

Según (Pérez, 2024) incorporar estas tecnologías en los primeros niveles proporciona una experiencia educativa interactiva y práctica, lo que promueve un entendimiento más detallado y un control eficaz de los conceptos antes de avanzar a la manipulación de vehículos reales.

La simulación permite evaluar la estabilidad del robot bajo diversas condiciones de operación, como en terrenos irregulares, pendientes pronunciadas o áreas con alta cantidad de obstáculos. También se pueden realizar pruebas de durabilidad para analizar cómo el robot resistirá el desgaste con el paso del tiempo, especialmente en condiciones de uso continuo y exposición a factores ambientales como la humedad, el polvo y la suciedad. Al identificar posibles debilidades estructurales en las fases de diseño y prueba, los ingenieros pueden ajustar las proporciones, materiales o mecanismos del robot, lo que reduce significativamente la necesidad de prototipos físicos y, por ende, los costos de producción y el tiempo de desarrollo.

La eficiencia energética es un factor clave en el diseño de un robot recolector de basura alimentado por energía solar, ya que la autonomía del robot depende de su capacidad para gestionar el uso de la energía. Para maximizar la eficiencia, se busca reducir el consumo energético de los componentes electrónicos y mecánicos, integrando sistemas de baja potencia que minimicen el gasto energético sin comprometer el rendimiento.

2.1.5 Sostenibilidad y Medio Ambiente

El robot recolector de basura reduce la dependencia de combustibles fósiles al utilizar energía solar y disminuye el impacto ambiental de la gestión de residuos. Esto lo convierte en una herramienta clave para el desarrollo de ciudades sostenibles. La implementación de tecnologías sostenibles fomenta una cultura de responsabilidad ambiental entre los ciudadanos, alentando prácticas de reciclaje y reducción de residuos.

La combinación de energía solar y recolección bajo control remoto disminuye las emisiones de CO₂ en comparación con los métodos convencionales, aportando a la mitigación del cambio climático.

2.1.6 Inteligencia Artificial

La IA permite que el robot aprenda patrones en la recolección de residuos, optimice rutas, y adapte sus movimientos de acuerdo con el entorno. Esto incrementa la eficiencia y precisión del robot al momento de ejecutar tareas en entornos dinámicos. Utilizando algoritmos de aprendizaje supervisado o no supervisado, el robot puede analizar patrones en la distribución de residuos, optimizar su trayecto y reducir el tiempo de operación, maximizando la eficiencia energética.

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Robot Controlado por Control Remoto

Un robot controlado a distancia es un sistema mecatrónico que lleva a cabo funciones concretas bajo la guía directa de un operador humano, que emplea un aparato de control

externo para orientar sus movimientos y acciones. Este tipo de robots no realiza elecciones independientes, dado que su operación se basa totalmente en las instrucciones transmitidas por el controlador humano.

Estos robots generalmente cuentan con sensores, cámaras y sistemas de comunicación que proporcionan datos en tiempo real al usuario, facilitándole la toma de decisiones fundamentadas durante el funcionamiento. En contraposición a los robots autónomos, su creación y empleo se centran en contextos donde la participación humana es imprescindible para llevar a cabo labores complejas o de gran exactitud.

Los robots de recolección de residuos controlados a distancia son una opción creada para simplificar la recogida de desechos en contextos particulares, como áreas urbanas saturadas o sitios de acceso complicado. Este método posibilita que el operador humano ejerza un control absoluto sobre las operaciones, asegurando una reacción instantánea frente a circunstancias inesperadas o retos operativos.

El control a distancia brinda beneficios considerables en cuanto a seguridad y adaptabilidad. Por ejemplo, el operador puede controlar el robot desde un lugar seguro, previniendo peligros vinculados a entornos peligrosos, como zonas con elevadas concentraciones de contaminación o condiciones meteorológicas desfavorables. Además, este método posibilita que las labores se lleven a cabo con exactitud, dado que las decisiones se basan totalmente en el criterio del operador.

2.2.2 *Energía Solar Fotovoltaica*

Según (Acciona, 2020) la energía solar fotovoltaica convierte la luz solar en electricidad utilizando celdas fotovoltaicas. Es una fuente de energía limpia, renovable y accesible, que puede alimentar robots de manera eficiente, especialmente en áreas donde otras fuentes de energía no son viables o sostenibles. Las celdas fotovoltaicas están hechas de materiales semiconductores, como el silicio, que al ser iluminados por la luz solar liberan electrones,

generando así corriente eléctrica. Esta corriente puede ser almacenada en baterías o utilizada inmediatamente para alimentar el robot.

La energía solar se considera una de las fuentes de energía más sostenibles y ecológicas disponibles. A diferencia de las fuentes de energía convencionales, como los combustibles fósiles, la energía solar no emite gases contaminantes, lo que ayuda a reducir las emisiones de CO₂ y mitiga el cambio climático. Además, es una fuente abundante y renovable que puede aprovecharse a gran escala sin agotar los recursos naturales. Los avances tecnológicos en la fabricación de paneles solares han hecho que esta fuente de energía sea cada vez más económica, lo que facilita su integración en diversos sistemas y aplicaciones. Su bajo costo operativo, una vez instalados los sistemas, contribuye a la sostenibilidad económica y energética a largo plazo.

La incorporación de paneles solares en el diseño del robot recolector de basura permite que el dispositivo funcione de manera eficiente, aprovechando la energía del sol para recargar sus baterías sin depender de fuentes externas de electricidad. Esto no solo reduce la necesidad de intervención humana, sino que también elimina la frecuencia de las recargas, mejorando la autonomía operativa del robot.

2.2.3 Sensores de Proximidad y Navegación

Los sensores de proximidad son elementos clave en la robótica autónoma, ya que proporcionan información en tiempo real sobre el entorno cercano al robot. Estos sensores permiten que el robot tome decisiones informadas sobre su movimiento, lo que es fundamental para evitar colisiones, identificar obstáculos y navegar de manera eficiente en espacios complejos, como áreas urbanas densamente pobladas. La integración de estos sensores en un robot recolector de basura es esencial para su capacidad de operar de manera autónoma y segura en entornos dinámicos, como calles, aceras y plazas públicas.

Existen diferentes tipos de sensores de proximidad, cada uno con características y aplicaciones específicas en la robótica móvil. Los más comunes incluyen sensores ultrasónicos, sensores infrarrojos y sensores LIDAR. Cada uno de estos sensores aporta ventajas distintas en cuanto a precisión, alcance y costo, y su elección depende de los requerimientos específicos de la aplicación.

La integración de estos sensores en los robots recolectores de basura es crucial para su capacidad de operar de manera eficiente en entornos urbanos. Los sensores permiten que el robot navegue de manera autónoma, detectando obstáculos como vehículos estacionados, peatones, bancos y otros objetos que podrían interferir en su ruta de recolección. La información obtenida de los sensores se utiliza para crear mapas del entorno y tomar decisiones en tiempo real, como la mejor ruta para evitar colisiones o la necesidad de cambiar de dirección.

Los sensores de proximidad también permiten que el robot ajuste su velocidad y comportamiento en función de la proximidad de los objetos, garantizando que opere de manera segura, incluso en zonas de alta concurrencia. Esta capacidad de detección y navegación autónoma no solo mejora la eficiencia del proceso de recolección, sino que también asegura que el robot pueda operar sin la intervención humana, reduciendo la carga de trabajo y aumentando la efectividad de las operaciones de limpieza urbana.

2.2.4 Actuadores y Manipuladores Robóticos

Los actuadores son componentes fundamentales en los robots, ya que son los encargados de convertir la energía almacenada, generalmente en forma de energía eléctrica, en movimiento. Este proceso es esencial para que el robot pueda llevar a cabo sus tareas operativas, como el desplazamiento y la recolección de residuos. En el caso de un robot recolector de basura, los actuadores permiten que el robot realice movimientos precisos y controlados, lo que es crucial para garantizar un funcionamiento autónomo eficiente en entornos urbanos (Figura 5).

Figura 5

Actuadores para Robótica



Fuente: (Roboticcoss, 2023)

Los tipos de actuadores utilizados en los robots recolectores de basura varían según la fuerza y precisión requeridas para cada tarea. Los actuadores eléctricos son los más comunes en robots de tamaño pequeño o mediano, como los recolectores autónomos, debido a su alta precisión, fiabilidad y bajo consumo energético.

Los manipuladores robóticos son una parte esencial del sistema de recolección de residuos. Estos manipuladores consisten en brazos robóticos equipados con garras o pinzas que se utilizan para recoger, transportar y almacenar los desechos. Los manipuladores deben ser lo suficientemente flexibles y robustos para manejar una variedad de tipos de residuos, que pueden variar en tamaño, forma y peso. La capacidad del manipulador para adaptarse a diferentes tipos de objetos es esencial para que el robot sea eficaz en la recolección de basura en entornos urbanos, donde la variedad de desechos es enorme y puede incluir desde objetos pequeños y ligeros hasta elementos más grandes y pesados.

2.2.5 Sostenibilidad y Eficiencia Energética

La sostenibilidad se centra en la administración responsable de los recursos naturales para satisfacer las necesidades actuales sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras. En el ámbito de la gestión de residuos, esta filosofía es esencial para abordar los problemas asociados con la urbanización, el cambio climático y el consumo energético. La

sostenibilidad no solo está relacionada con la preservación del medio ambiente, sino también con la creación de soluciones tecnológicas que sean viables a largo plazo, económicas y ecológicas (Figura 6).

Figura 6

Energía Sostenible



Fuente: (Grupo Comsurlab, 2020)

La eficiencia energética en robots solares es un aspecto crítico para garantizar su funcionalidad y viabilidad. Los paneles solares, que convierten la luz solar en electricidad, deben estar diseñados para maximizar la captación de energía incluso en condiciones de baja irradiación. Por su parte, la gestión eficiente de las baterías es clave para almacenar la energía captada y suministrarla al sistema cuando sea necesario, permitiendo una operación continua durante horas de poca luz o por la noche.

La integración de sostenibilidad en el diseño del robot es un enfoque que va más allá de la funcionalidad técnica para abarcar una visión más amplia de responsabilidad urbana. Un robot recolector de basura que utilice energía solar no solo reduce el impacto ambiental inmediato, sino que también actúa como un modelo replicable en otras ciudades y regiones que buscan implementar soluciones más ecológicas. Este enfoque promueve una filosofía de sustentabilidad urbana, alentando a las comunidades a adoptar prácticas tecnológicas avanzadas para resolver problemas comunes como la gestión de residuos.

Capítulo III

Procedimientos Metodológicos del Desarrollo del Prototipo

El desarrollo de un prototipo a escala de un vehículo de recolección de residuos alimentado por energía solar requiere una metodología sólida que abarque desde la concepción del diseño hasta la implementación y pruebas del sistema. Este capítulo detalla el enfoque metodológico adoptado para llevar a cabo el proyecto, asegurando que cada etapa esté alineada con los objetivos planteados y que se cumplan los estándares de eficiencia, funcionalidad y sostenibilidad.

Este capítulo expone la metodología utilizada en el diseño, edificación y valoración de dicho prototipo, organizando cada etapa del proyecto desde una perspectiva técnica y científica. La incorporación de energías renovables, sistemas de navegación autónomos y tecnologías de manipulación robótica son aspectos fundamentales tratados en este procedimiento, con el objetivo de potenciar el efecto beneficioso del prototipo en el entorno urbano.

3.1 Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación es de tipo experimental y aplicado, ya que busca desarrollar un prototipo funcional que integre tecnologías innovadoras, como la energía solar y sistemas robóticos autónomos, para resolver una problemática real: la recolección eficiente y sostenible de residuos urbanos. Este diseño permite abordar tanto los aspectos teóricos como prácticos del proyecto, asegurando que los resultados obtenidos sean replicables y útiles para su posible implementación a gran escala.

El alcance es de tipo exploratorio y descriptivo, debido a que se busca comprender las características y limitaciones de integrar energía solar en un vehículo recolector de basura a escala. Asimismo, la investigación describe el funcionamiento del prototipo, identificando oportunidades de mejora y estableciendo lineamientos para su optimización.

Este enfoque de investigación fusiona la experimentación con la implementación práctica, lo que posibilita no solo verificar hipótesis vinculadas a la eficacia y sostenibilidad del prototipo, sino también elaborar una respuesta concreta a un problema medioambiental. La metodología empleada asegura que los hallazgos sean pertinentes tanto desde una perspectiva académica como en lo que respecta al impacto social y medioambiental.

3.2 Materiales Aplicados

El diseño y construcción del prototipo de vehículo recolector de residuos alimentado por energía solar requirió la selección meticulosa de materiales que garantizan la funcionalidad, eficiencia y durabilidad del sistema. Estos materiales se agruparon en tres categorías principales: chasis y locomoción, que constituyen la estructura básica y la capacidad de movimiento del robot; sistema de energía solar, encargado de captar y almacenar la energía necesaria para el funcionamiento autónomo; y brazo robótico, diseñado para llevar a cabo las tareas de recolección de residuos con precisión y adaptabilidad.

La incorporación de cada elemento no solo cumple con criterios técnicos, sino también con la exigencia de preservar una relación balanceada entre el costo, el rendimiento y la sostenibilidad. Esto implicó el uso de tecnologías de vanguardia, tales como motores sin escobillas, sistemas de control remoto de gran exactitud y paneles solares mejorados, todos ellos proporcionan una solución revolucionaria para la administración de desechos.

3.2.1 Chasis RC 4WD Modelo Coche On-Road Drift Car

La base estructural del prototipo está constituida por una versión de actualización del chasis 1/10 RC 4WD Modelo Coche On-Road Drift Car, específicamente el modelo HSP 94123 en su versión de marco vacío y sin escobillas.

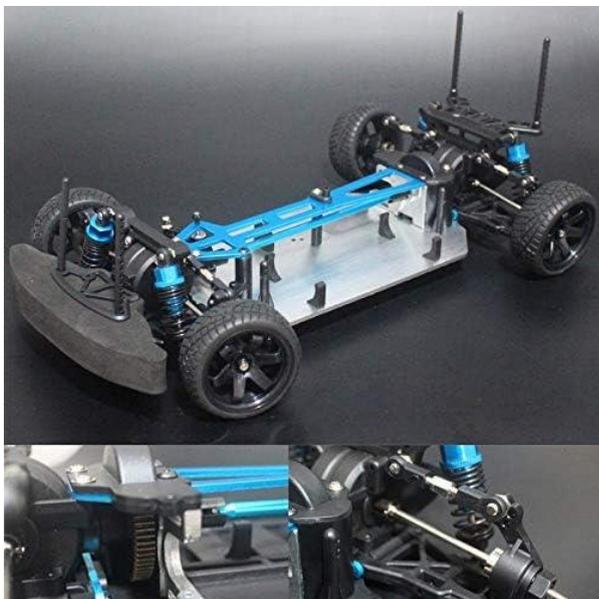
Este modelo cuenta con un diseño 4WD (tracción en cuatro ruedas), que garantiza una repartición equitativa de la potencia, ofreciendo estabilidad y un control exacto durante el movimiento. La versión sin escobillas está diseñada para acoger motores de gran eficiencia y

mantenimiento reducido, lo cual concuerda con los objetivos de rendimiento y durabilidad del prototipo. El marco vacío ofrece la adaptabilidad requerida para incorporar diversos subsistemas, tales como el sistema solar de energía, el brazo robótico y los módulos de control. Adicionalmente, incorpora un diseño aerodinámico que potencia la maniobrabilidad y disminuye la resistencia al movimiento, elementos esenciales para un vehículo autónomo.

Se eligió este como el fundamento estructural del prototipo por sus propiedades técnicas que lo hacen una plataforma perfecta para proyectos de desarrollo a gran escala. Este modelo se distingue por su adaptabilidad, facilitando la incorporación de elementos a medida y modificaciones de acuerdo a las necesidades particulares del diseño. Además, su longevidad asegura una estructura capaz de resistir las demandas mecánicas y ambientales durante su funcionamiento, garantizando así la fiabilidad del sistema.

Figura 7

RC 4WD Modelo Coche On-Road Drift Car



Fuente: (Amazon, 2024)

3.2.2 Motor Para RC 4WD Modelo Coche On-Road

El prototipo incluye un motor sin escobillas diseñado específicamente para vehículos RC 4WD Modelo Coche de Drift On-Road. Este motor se incorpora en el marco del armazón

del vehículo, maximizando el espacio y asegurando una conexión directa con los otros elementos del sistema de transporte.

Este motor se distingue por su elevada eficiencia energética, lo que lo hace perfecto para aplicaciones que necesitan un uso extendido, como el prototipo que funciona con energía solar. Además, su estructura sin escobillas disminuye considerablemente el desgaste interno y la demanda de mantenimiento, lo cual favorece la longevidad del sistema bajo condiciones de operación rigurosas. El motor, con una potencia suficiente para desplazar el vehículo en diversas superficies, facilita una aceleración veloz y un control exacto de la velocidad, atributos indispensables para las maniobras que el prototipo debe llevar a cabo al moverse por zonas urbanas y recoger desechos.

Una de las principales razones para elegir este tipo de motor radica en su elevada eficiencia energética, aspecto crucial en un prototipo que emplea energía solar como fuente primordial. Esto posibilita extender la autonomía operativa del vehículo, garantizando un desempeño constante durante su utilización en usos prácticos. Además, al no tener escobillas, el motor muestra una fricción interna reducida y una generación de calor más baja, lo que disminuye la posibilidad de errores mecánicos y reduce las necesidades de mantenimiento.

Figura 8

Motor Para RC 4WD Modelo Coche On-Road



Fuente: (Amazon, 2024)

3.2.3 *Acekeeps Ruedas y Neumáticos Hexagonales*

El prototipo cuenta con un conjunto de ruedas y neumáticos hexagonales de 0.669 pulgadas, específicamente diseñados para soportar las exigencias de vehículos RC Off-Road Monster Truck. Estas ruedas prepegadas, con dimensiones de 5.906 x 3.150 pulgadas, están optimizadas para su uso en terrenos diversos, proporcionando tracción y estabilidad tanto en superficies lisas como irregulares.

El diseño de las ruedas en forma hexagonal asegura una conexión firme y estable al eje, reduciendo la probabilidad de deslizamientos o desconexiones durante las operaciones del robot. Adicionalmente, los neumáticos se producen con materiales resistentes al desgaste, lo que los convierte en perfectos para un prototipo que requiere funcionar de forma continua en ambientes urbanos donde la fricción puede ser considerable.

Los neumáticos fabricados con materiales resistentes al desgaste se ajustan perfectamente al objetivo del prototipo, dado que deben resistir fuertes fricciones en zonas urbanas, como asfalto o adoquines. Este elemento garantiza una duración extendida de las ruedas, disminuyendo la necesidad de cambios frecuentes y, consecuentemente, los gastos operativos del sistema.

Figura 9

Acekeeps Ruedas y Neumáticos Hexagonales



Fuente: (Amazon, 2024)

3.2.4 ZOSKAY Servo motor

El prototipo incorpora un servo motor digital de alta velocidad y torque, diseñado específicamente para aplicaciones exigentes en vehículos RC y robots. Este servo, con una fuerza de 88.2 lbs y un rango de movimiento de 180 grados, es una pieza clave para garantizar el control preciso y la capacidad de respuesta del sistema de dirección y otros mecanismos móviles del robot.

Se eligió este para el prototipo por su mezcla de alta velocidad, alto torque y precisión, atributos indispensables para aplicaciones rigurosas como las que demandan el sistema de dirección y los componentes móviles del robot. Su habilidad para producir una fuerza de 88.2 libras facilita el movimiento y manejo de los componentes operativos del prototipo, incluso cuando soporta cargas extra, como los residuos recolectados.

Figura 10

ZOSKAY Servo motor



Fuente: (Amazon, 2024)

Alta torsión y rapidez: Este servo proporciona un torque asombroso de 99.2 libras por centímetros y una velocidad de 0.16 segundos por 60° a 6.8V, facilitando así movimientos veloces y exactos, fundamentales para las maniobras en ambientes complicados.

Estructura de primera calidad: Este servo, hecho de engranajes íntegros de acero inoxidable, una carcasa de aluminio CNC de tamaño medio y un cable de alimentación reforzado, asegura durabilidad y resistencia al desgaste. Además, su diseño incorpora un sellado de silicona resistente al agua, lo que facilita su funcionamiento en situaciones difíciles.

Low noise y elevada eficiencia: Este servo, gracias a su tecnología de punta, fusiona un desempeño eficaz con niveles de ruido reducidos, lo que favorece un funcionamiento más silencioso del prototipo.

Rodamiento dual de bolas: Este diseño potencia la estabilidad y la fluidez en el movimiento, extendiendo la durabilidad del dispositivo incluso en situaciones de cargas altas.

3.2.5 Flysky FS-GT3B

El sistema Flysky FS-GT3B de 3 canales, compuesto por un transmisor y receptor FS-GR3E 2.4GHz AFHDS, es una herramienta avanzada diseñada para el control remoto de vehículos y barcos RC. Su tecnología de salto de frecuencia digital automática (AFHDS) le otorga una capacidad excepcional para evitar interferencias activas y pasivas, lo que asegura una conexión estable y sin interrupciones. Estas características lo convierten en una opción preferida por los entusiastas de modelos RC en todo el mundo, consolidando su reputación como un sistema confiable y de alto rendimiento.

Entre sus mayores beneficios, sobresale su reducido consumo de energía, mejorando la utilización de la batería para periodos extensos, y la elevada sensibilidad de su receptor, que asegura respuestas veloces y exactas a las instrucciones transmitidas desde el emisor. Adicionalmente, su soporte para modelos de hasta tres canales facilita la gestión de funciones

variadas como aceleración, dirección y sistemas auxiliares, perfecto para proyectos que necesitan un control multifuncional.

Figura 11

Flysky FS-GT3B



Fuente: (Amazon, 2024)

Este cuenta con una pantalla LCD de película azul HTM retroiluminada, lo que simplifica la lectura de datos en cualquier situación de iluminación. Además, posee una interfaz DSC que permite vincular simuladores a través de dongles PPM, expandiendo así sus posibles usos en simulaciones y prácticas de control. Estos atributos hacen que este sistema no solo sea eficaz, sino también adaptable y versátil a diferentes situaciones.

3.2.6 3650 5900KV Motor RC

El combo de motor 3650 5900KV sin escobillas y ESC de 120A, acompañado por una tarjeta de programación avanzada, representa una solución tecnológica ideal para vehículos de control remoto a escala 1:10 y 1:8. Este se destaca por su construcción de alta calidad y su diseño de 4 polos y 12 ranuras, lo que asegura una eficiencia óptima y un funcionamiento suave. Su estructura incluye un disipador de calor mecanizado con tecnología 6061-T6 CNC, que

facilita una excelente disipación térmica, asegurando un rendimiento constante incluso en condiciones extremas. Este motor está optimizado para ofrecer una excelente aceleración, arranque suave y características lineales precisas, garantizando un control excepcional en cualquier tipo de terreno.

Figura 12

3650 5900KV Motor RC



Fuente: (Amazon, 2024)

La tarjeta de programación incluida añade un nivel adicional de personalización, permitiendo al usuario ajustar parámetros clave del ESC para adaptarse a diferentes estilos de conducción y necesidades específicas. Compatible con una amplia gama de ESC sin escobillas, esta herramienta es esencial para optimizar el rendimiento del sistema y garantizar una experiencia de control precisa y ajustada a las expectativas.

3.2.7 OVONIC 3S Lipo Batería 100C 6000mAh 11.1V

La batería OVONIC 3S Lipo 100C 6000mAh 11.1V es una solución de alta capacidad y rendimiento diseñada para aplicaciones exigentes en vehículos RC como coches y camiones

a escala 1/5, 1/8 y 1/10. Gracias a su diseño avanzado y especificaciones técnicas superiores, esta batería garantiza potencia constante, mayor tiempo de funcionamiento y una experiencia de uso confiable, incluso en condiciones extremas.

Figura 13

OVONIC 3S



Fuente: (Amazon, 2024)

Material y construcción: Está fabricada con polímero de litio de alta calidad (LiCoO₂), lo que asegura una excelente durabilidad y estabilidad química.

Voltaje y capacidad: Ofrece una capacidad de 6000mAh con un voltaje nominal de 11.1V (3S), ideal para mantener el rendimiento constante durante largas sesiones.

Tasa de descarga: La tasa de descarga de 100C proporciona suficiente potencia para aplicaciones de alto rendimiento, asegurando una rápida aceleración y respuesta eficiente en motores potentes.

Conectores: Incluye un conector de descarga EC5 para compatibilidad con vehículos de alto rendimiento y un enchufe de carga JST-XHR-4P para cargar con facilidad.

Certificación de calidad internacional ISO: que garantiza seguridad y fiabilidad.

Vida útil prolongada: Ofrece hasta 350 ciclos de carga y descarga, superando estándares promedio.

Mejora en el tiempo de funcionamiento: Su rendimiento aumenta en un +12%, brindando mayor autonomía en cada sesión.

Carga rápida: Reduce el tiempo de carga en un -6%, facilitando un uso continuo.

Reducción de resistencia interna: Menor resistencia del -4%, lo que se traduce en una mayor eficiencia energética.

Peso optimizado: Un diseño -5% más ligero, ideal para coches RC donde el peso influye directamente en el desempeño.

3.2.8 Mini Módulo de Giroscopio para Coches RC Drift Drift

El Mini Módulo de Giroscopio para Coches RC Drift es una herramienta esencial para los entusiastas del drifting RC, diseñada específicamente para mejorar la estabilidad del vehículo y optimizar el control en maniobras extremas. Este módulo permite ajustar la dirección del coche y mantener el control durante las curvas, proporcionando un manejo más preciso y una experiencia de conducción más fluida.

Una de las características destacadas de este giroscopio es su capacidad para trabajar tanto en dirección analógica como digital. Esto asegura una mayor versatilidad y un rendimiento superior, permitiendo al conductor cambiar de dirección con mayor rapidez y precisión. El sistema es fácil de operar; solo se requiere conectar el engranaje de dirección al giroscopio, encender el transmisor y receptor, y luego encender el giroscopio. Una vez calibrado, el sistema se estabiliza, indicado por un LED rojo brillante que asegura que el giroscopio está listo para funcionar.

El giroscopio también incluye un interruptor de cambio de dirección, que permite ajustar la respuesta direccional del vehículo según las necesidades del conductor. Este sistema es especialmente útil en modelos como el WPL D12 RC, ya que está diseñado para adaptarse

perfectamente a este tipo de vehículos. Además, su tamaño compacto (aproximadamente 30.7 x 18.7 x 12.7 mm) y su material plástico hacen que sea ligero y fácil de integrar en coches RC de tamaño pequeño a mediano.

Figura 14

Mini Módulo de Giroscopio



Fuente: (Amazon, 2024)

3.2.9 Controlador de Interruptor PWM

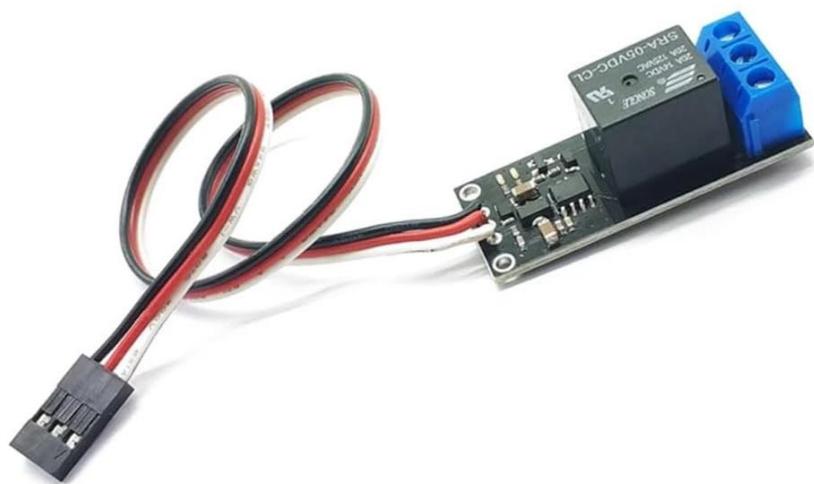
El Controlador de Interruptor PWM DC 5V-12V 20A para Control Remoto de Señal de Luces LED de Zumbador Modelo RC es un dispositivo innovador y eficiente para controlar equipos eléctricos a distancia, ideal para aplicaciones en modelos RC, como aviones, coches, y otros vehículos. Este controlador permite activar y desactivar equipos eléctricos conectados, como luces LED o zumbadores, mediante un canal de interruptor en el control remoto, proporcionando un control más dinámico y directo sobre el modelo RC.

Una de las principales características del controlador es su conexión simple y sin necesidad de calibración. Solo es necesario insertar el cable de entrada de señal en un canal receptor inactivo, que está conectado al control remoto. Este dispositivo es compatible con la mayoría de las marcas de control remoto, lo que asegura su versatilidad y facilidad de integración con diferentes sistemas. Además, el controlador no requiere ajustes adicionales ni

calibraciones complicadas, lo que lo hace ideal para quienes buscan una solución rápida y eficiente.

Figura 15

Controlador de Interruptor PWM



Fuente: (Amazon, 2024)

El modo de funcionamiento del controlador se señala por diversos LEDs de distintos colores. El LED rojo señala el suministro de energía del aparato, garantizando que el sistema esté adecuadamente encendido. El LED azul indica la condición del relé, mientras que el LED verde se enciende cuando el relé empieza a operar, lo que corrobora que el interruptor se ha puesto en marcha mediante el control remoto. Este sistema de señal LED facilita el seguimiento en tiempo real del estado del interruptor, brindando al usuario una experiencia más sencilla y evitando la necesidad de consultar un manual de operaciones.

2.1.1. Flysky FS-i6X Transmisor y receptor RC FS-iA6B iBus 10 canales

El Flysky FS-i6X es un transmisor de radio avanzado y versátil, diseñado para ofrecer un control de alta calidad para una amplia variedad de modelos RC, incluidos aviones FPV, drones multirrotores, alas fijas, coches y barcos RC. Este sistema utiliza la tecnología de 2.4 GHz AFHDS 2A (Automated Frequency Hopping Digital System 2A), que proporciona una señal estable, de largo alcance y con múltiples funciones, lo que lo convierte en una opción

popular para entusiastas del radiocontrol. Gracias a su tecnología, el FS-i6X es capaz de operar a largas distancias sin interferencias, lo que permite un control preciso y confiable incluso en condiciones difíciles.

Figura 16

Flysky FS-i6X Transmisor



Fuente: (Amazon, 2024)

Una de las características destacadas del FS-i6X es su capacidad para almacenar hasta 20 grupos de modelos, lo que permite a los usuarios alternar entre diferentes configuraciones para distintos tipos de vehículos o aeronaves sin tener que reconfigurar constantemente el transmisor. Además, el sistema cuenta con tres interruptores de dos secciones, un interruptor de tres secciones y dos perillas, lo que proporciona un control detallado sobre varias funciones del modelo.

3.2.10 Servo Motor Mg946 13kg Rodamiento Dual 270°

El servo motor MG946 es una herramienta de alta precisión diseñada para cumplir con los requisitos de control en aplicaciones que demandan potencia y fiabilidad. Este modelo se distingue por ofrecer una fuerza de torsión de 13 kg/cm, lo que lo convierte en una solución

Figura 19

Creality Ender 3



Fuente: (3D Jake Schweiz, 2024)

3.2.13 PLA-HD Winkle 1.75 mm Negro Azabache

El filamento PLA-HD Winkle 1.75 mm Negro Azabache es un material de alta calidad diseñado para impresoras 3D FDM, ideal para usuarios que buscan combinar estética, rendimiento y facilidad de uso. Fabricado por Winkle, una marca reconocida en la industria de la impresión 3D, este filamento ofrece propiedades mejoradas respecto al PLA estándar, siendo más resistente y versátil para una amplia gama de aplicaciones.

Tabla 1

Propiedades Técnicas

Propiedad	Especificación
Temperatura de impresión	Entre 190 °C y 220 °C, dependiendo del modelo de impresora y las características deseadas.
Resistencia mejorada	El PLA-HD ofrece una mayor rigidez y durabilidad en comparación con el PLA convencional.
Adhesión en capas	Excelente unión entre capas, lo que asegura una estructura sólida y uniforme.
Colores vibrantes	El tono Negro Azabache brinda una profundidad de color que resalta los detalles del modelo.
Amigable con el medio ambiente	Al estar fabricado con materiales biodegradables, es una opción sostenible para la impresión 3D.

Figura 20

PLA-HD Winkle 1.75 mm



Fuente: (Winkle, 2024)

3.2.14 Banco de Energía Solar

El Banco de Energía Solar Superior de 8000 mAh con 2 puertos USB es una solución moderna y eficiente para quienes necesitan cargar sus dispositivos electrónicos mientras están en movimiento. Con una capacidad de 8000 mAh, este banco de energía puede cargar una variedad de dispositivos, como smartphones, tabletas, cámaras y más. Dependiendo de la capacidad de la batería del dispositivo, el banco puede recargar un teléfono inteligente entre 2 y 3 veces.

Una de sus características más destacadas es su panel solar, que permite cargar el banco de energía utilizando energía solar. Aunque la carga solar es más lenta que la carga mediante cable, es una opción conveniente para situaciones donde no se tiene acceso a una fuente de energía convencional, como durante actividades al aire libre o viajes largos. Esto lo convierte en una excelente herramienta para quienes disfrutan del senderismo, el camping o cualquier otra actividad que los mantenga alejados de las redes eléctricas.

Figura 21

Banco de Energía Solar



Fuente: (Amazon, 2024)

3.2.15 Banco de Energía Solar

El convertidor USB de 5V a 12V es un dispositivo compacto y eficiente diseñado para transformar el voltaje de una fuente de alimentación USB estándar, que normalmente ofrece 5V, a un voltaje de 12V, adecuado para una variedad de aplicaciones que requieren una mayor potencia. Este tipo de convertidor es muy útil para alimentar dispositivos que necesitan 12V pero que solo tienen acceso a un puerto USB, como ciertos tipos de luces LED, ventiladores de 12V, sistemas de cámaras de seguridad o incluso pequeñas herramientas electrónicas.

Una de las principales ventajas de este convertidor es su capacidad para adaptarse a diferentes necesidades sin la necesidad de fuentes de alimentación adicionales o complicadas configuraciones. Con solo conectar el convertidor al puerto USB de un cargador o computadora, y luego conectar el dispositivo de 12V a la salida, los usuarios pueden alimentar equipos que normalmente no serían compatibles con la salida USB estándar.

Figura 22

Convertidor USB de 5v a 12 v

**3.3 Aplicaciones Robóticas en la Recolección y Clasificación de Residuos**

La automatización de procedimientos en la administración de desechos ha ganado gran importancia en años recientes, a causa del incremento acelerado de la producción de residuos y la exigencia de disminuir la participación humana en labores peligrosas. Las aplicaciones de robótica constituyen una alternativa revolucionaria y eficaz para la recolección y categorización de desechos, fusionando tecnologías de vanguardia como la visión artificial, el aprendizaje profundo (Deep Learning) y sistemas de control independientes. Estas soluciones no solo mejoran la gestión de desechos, sino que también fomentan prácticas sustentables al promover el reciclaje y reducir el efecto en el medio ambiente.

3.3.1 *Garbage Collection and Sorting with a Mobile Manipulator*

El proyecto "Garbage Collection and Sorting with a Mobile Manipulator using Deep Learning and Whole-Body Control" es uno de los trabajos más sobresalientes en este ámbito, creado por científicos del University College London y del Istituto Italiano di Tecnologia. Este análisis trata sobre la automatización del procedimiento de recogida y categorización de

desechos a través de la incorporación de un manipulador móvil con habilidades sofisticadas de identificación, ubicación y gestión.

Figura 23

Robot Móvil IIT MOCA/UCL-MPPL



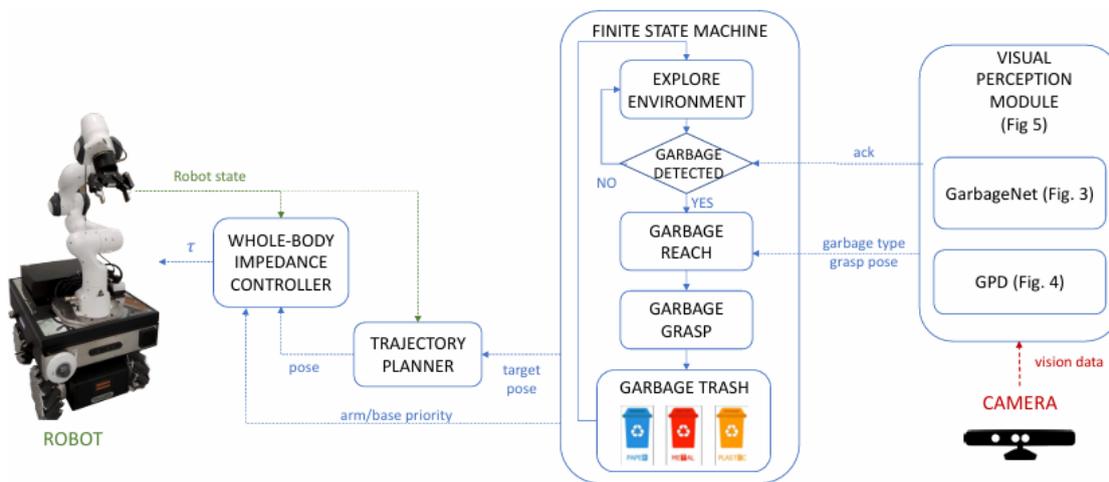
Fuente: (Humanoids, 2021)

La implementación de redes neuronales profundas, tal como GarbageNet del proyecto mencionado, evidencia que la visión artificial es un instrumento esencial para la detección y categorización de desechos. Esta tecnología posibilita el manejo de imágenes complejas y la obtención de información pertinente, lo que simplifica la identificación automatizada de diferentes clases de materiales. Dentro de los más habituales, se encuentran el papel, el plástico y el metal, componentes esenciales para los procesos de reciclaje y gestión eficaz de residuos.

Este método proporciona información verificada acerca de la factibilidad de incorporar algoritmos inteligentes en sistemas de recolección automatizados. Al perfeccionar tanto el reconocimiento como la categorización de desechos, se potencia la eficacia de los procedimientos robóticos, posibilitando que los prototipos creados, como el que tienes en tu poder, puedan reproducir y mejorar estas tecnologías a menor escala. Así, se simplifica la puesta en marcha de soluciones innovadoras enfocadas en la sostenibilidad y la automatización de la gestión de desechos urbanos.

Figura 24

Arquitectura de Software de Todo el Sistema



Fuente: (Humanoids, 2021)

La investigación evidencia que la incorporación de tecnologías de vanguardia, tales como redes neuronales para la categorización de desechos, sistemas de control autónomo para la recolección y organización de rutas eficaces, posibilita que los robots recolecten y categoricen residuos de forma rápida y eficaz. Las redes neuronales, como la de GarbageNet, son capaces de reconocer y categorizar con gran exactitud materiales concretos, lo que simplifica la separación de desechos reciclables como el plástico, el papel y el metal. Al fusionar esta habilidad con algoritmos de control autónomo y una organización perfeccionada de movimientos, se potencia la eficacia operacional del procedimiento, disminuyendo los tiempos y recursos destinados a la recolección.

Al implementar un sistema eficaz de recogida y categorización de desechos, se fomenta el desarrollo de zonas urbanas más limpia y sustentable, disminuyendo la acumulación de residuos en lugares públicos. La incorporación de tecnologías que facilitan la categorización de materiales reciclables promueve el reaprovechamiento de recursos, reduciendo la tensión en los sistemas de producción y uso. El prototipo emplea energías renovables, tales como la energía

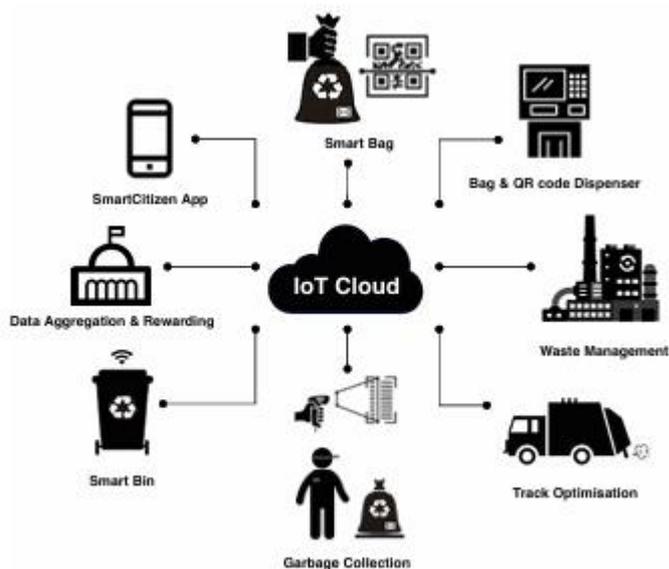
solar, para reducir las emisiones de carbono vinculadas a la recolección de desechos, aportando de manera directa a la mitigación del cambio climático.

3.3.2 *From Smart City to Smart Citizen*

Este exhibe cómo la puesta en marcha de soluciones fundamentadas en el Internet de las Cosas (IoT) y arquitecturas de nube puede transformar radicalmente la administración de desechos urbanos. Mediante la utilización de códigos QR y sensores, se puede mejorar la recolección puerta a puerta, garantizando la detección, monitorización y gestión exacta de los desechos producidos. La infraestructura sugerida posibilita que los camiones de recogida relacionen el peso y el tipo de desecho a través de básculas integradas y lectores digitales, con la información guardada en servidores en la nube.

Figura 25

Las Principales Partes y Dispositivos que Cooperan en la Nube IoT



Fuente: (SMARTCOMP, 2020)

Capítulo IV

Implementación del Prototipo y Análisis de Resultados

En este se muestran los procedimientos empleados en el diseño, edificación y evaluación del prototipo de robot de recolección de desechos a gran escala. Este procedimiento abarcó desde la ideación del armazón y la puesta en marcha del sistema de energía solar, hasta la configuración de los sistemas de control y la creación del sistema de recogida de residuos.

Además, se describen los ensayos llevados a cabo para valorar el rendimiento del robot en aspectos de eficiencia energética, funcionamiento de los componentes y su habilidad para alcanzar las metas establecidas. Finalmente, se incorpora un estudio de los resultados logrados, resaltando los éxitos logrados, las restricciones detectadas y las potenciales mejoras para implementaciones futuras.

4.1 Diseño y Construcción del Robot

El diseño y desarrollo del robot de recolección de desechos se llevaron a cabo bajo un enfoque estructurado que asegurara la funcionalidad, eficacia y sostenibilidad del prototipo. Este procedimiento conllevó la incorporación de sistemas de control, mecánicos y eléctricos, dirigidos a alcanzar las metas del proyecto.

4.1.1 *Diseño del Chasis*

El armazón, que constituye la estructura del prototipo, se diseñó empleando los programas Blender y Autodesk Inventor, escogidos por su habilidad para generar modelos tridimensionales exactos y recrear las condiciones de carga del robot. En el diseño, se tomaron en cuenta elementos como la distribución del peso, la localización de los paneles solares, los motores y el sistema de recolección, así como la resistencia del material.

4.1.2 *Sistema Propulsión*

El sistema de transporte implicó la implementación de motores sin escobillas, escogidos por su eficacia energética y costo reducido, y ruedas diseñadas para proporcionar

una tracción óptima en diferentes superficies. Las ruedas fueron adheridas al armazón para asegurar estabilidad y asegurar un movimiento eficaz en suelos lisos e irregulares.

La incorporación de actuadores permitió que el robot llevara a cabo movimientos exactos, fundamentales para tareas complejas durante la recogida de desechos. Este sistema se diseñó para funcionar en conjunto con el sistema de control, garantizando una reacción ágil y eficiente a las órdenes del usuario.

4.1.3 Montaje de Paneles Solares

Se colocaron paneles solares de 5V en el armazón, dirigidos de manera ideal para absorber el máximo aporte de luz solar durante el día. Los paneles fueron fijados a una base rígida a través de tornillos, diseñada para mantenerlos firmes y resguardados de vibraciones o impactos. El sistema solar se vincula a un convertidor y un regulador de carga, los cuales controlan el aporte de energía a las baterías del robot. Esto garantiza un abastecimiento ininterrumpido de energía y previene sobrecargas, extendiendo la durabilidad de los elementos eléctricos.

4.1.4 Conexión del Panel Solar al Convertidor de 12V

El panel solar se instaló en el armazón del robot, garantizando una ubicación ideal para optimizar la absorción de luz solar. Luego, se puso en contacto con un regulador de carga que controla el paso de energía hacia la batería.

Este proteger el sistema contra sobrecargas evitando daños en los componentes electrónicos debido a flujos de energía excesivos. De igual manera regulando la tensión de entrada asegurando que la energía proporcionada al sistema se mantenga en niveles adecuados para el funcionamiento eficiente del robot.

4.1.5 Verificación del Almacenamiento de Energía

Para asegurar que el prototipo opere sin interrupciones, incluso en circunstancias difíciles de baja irradiación solar, se realizaron ensayos para evaluar el voltaje y la capacidad

de las baterías en diversos contextos. Estas evaluaciones posibilitaron determinar la eficacia del sistema de almacenaje de energía y su habilidad para preservar el rendimiento previsto del robot.

Durante el experimento de almacenamiento en las mejores condiciones, se puso el panel solar en contacto directo con la luz solar durante un lapso de cuatro horas. Luego, se registró el nivel de carga que la batería logró. Los hallazgos señalaron que la batería consiguió llegar a su máxima capacidad de carga, lo que evidenció que el panel solar puede producir la cantidad de energía requerida bajo condiciones de carga mínima.

4.1.6 Desarrollo del Algoritmo de Control

Se programó el microcontrolador RC FS-iA6B para administrar tanto el sistema de transporte del robot como las acciones del brazo robótico. Este aparato posibilita la captación de señales a través de varios canales, destinando cada uno a una función concreta del robot.

Figura 26

Receptor RC FS-iA6B iBus



La programación contenía instrucciones para modificar dos elementos clave. Primero, se controlaron la dirección y la velocidad del movimiento del robot a través de órdenes diseñadas para asegurar maniobras exactas y estables en diferentes tipos de terreno. En segundo

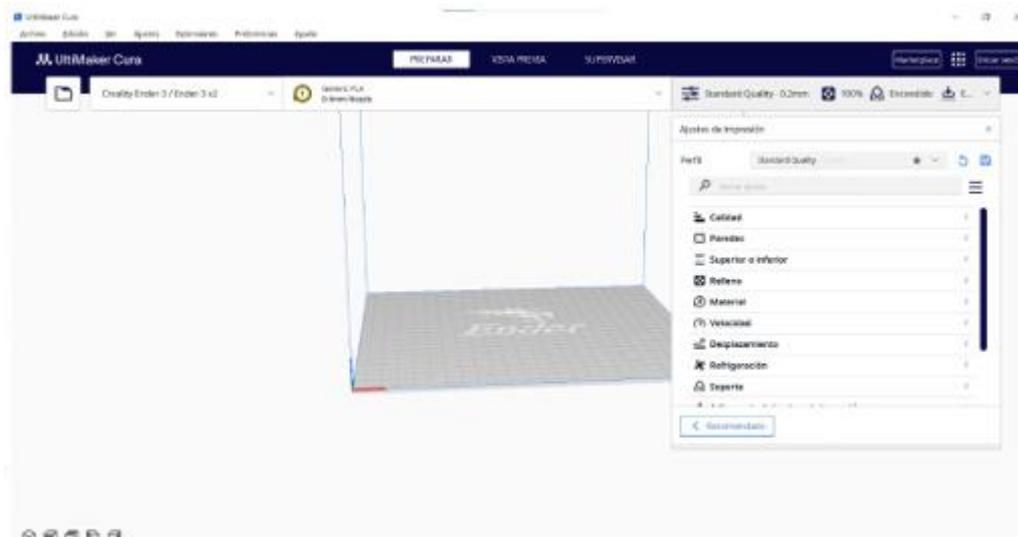
lugar, se administraba el funcionamiento del brazo robótico mediante canales específicos, supervisando movimientos particulares como el giro de la base, la elevación y bajada del brazo principal, y la apertura y cierre de la garra. El algoritmo se desarrolló utilizando un método modular, lo que permitió hacer modificaciones de acuerdo a los resultados alcanzados durante las pruebas. Este diseño adaptable incrementó la habilidad del sistema para reaccionar ante diferentes circunstancias operativas, mejorando su rendimiento global.

4.1.7 Implementación del Software CURA para Impresión 3D

La creación y producción del brazo robótico se llevaron a cabo mediante la impresión 3D, lo que facilitó una producción exacta y flexible acorde a las necesidades del proyecto. Para la elaboración de los modelos tridimensionales y la modificación de los parámetros de impresión, se empleó el programa CURA, un instrumento que mejoró la calidad y eficacia del proceso productivo.

Figura 27

Software Cure



Este método presentó múltiples beneficios, incluyendo la opción de adaptar el diseño a las demandas del prototipo, la disminución de gastos en comparación con técnicas de producción convencionales y la habilidad de efectuar cambios inmediatos en caso de errores o

modificaciones requeridas. El resultado fue un brazo robótico que satisface elevados criterios de precisión y tiene la habilidad de ejecutar movimientos complejos de forma segura, el cual se logra ver desarrollado en las siguientes figuras, describiendo su proceso de diseño, impresión e implementación.

Figura 28

Software Cure Diseño Brazo Robot

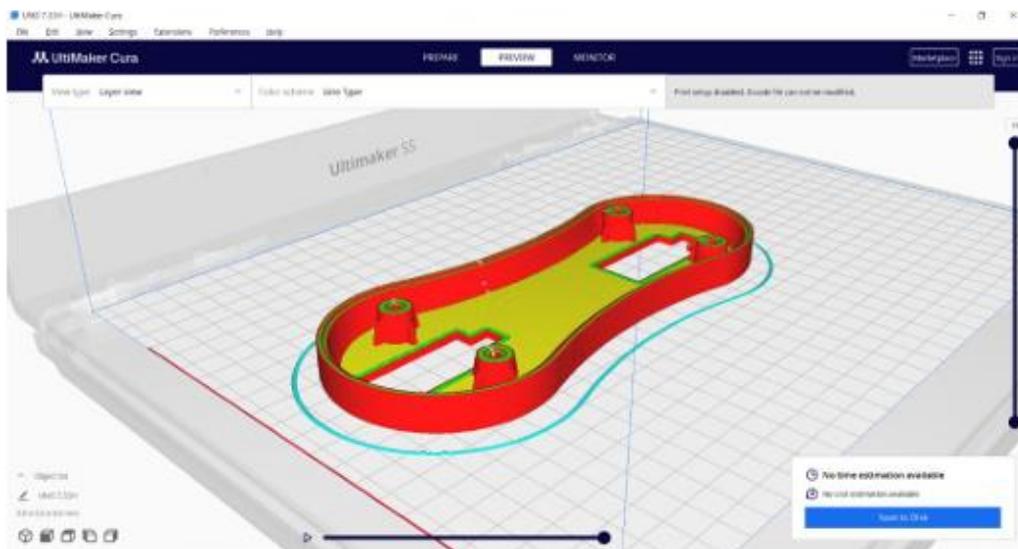


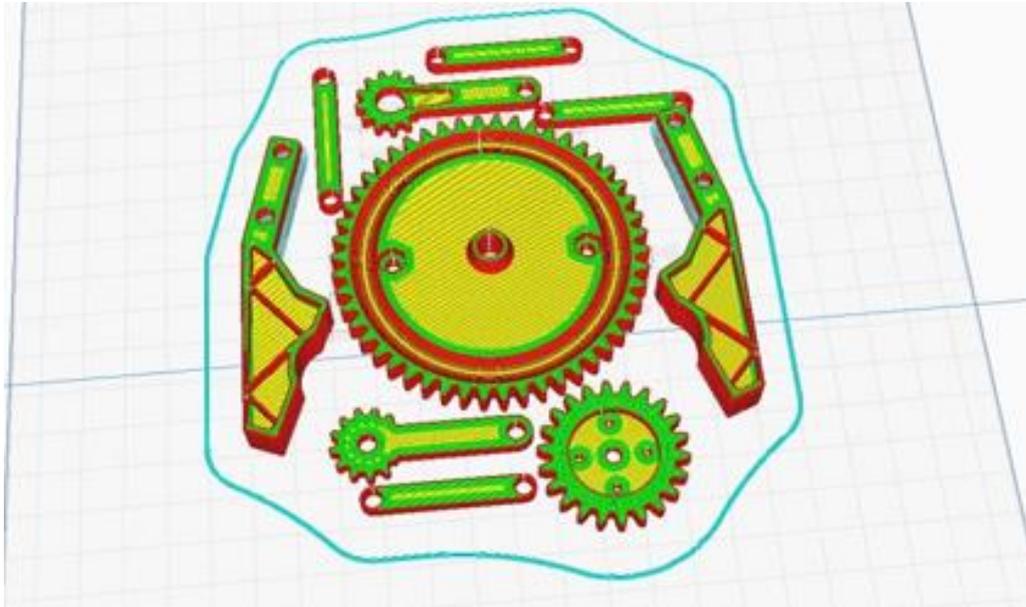
Figura 29

Impresión 3D



Figura 30

Diseño de Engranajes del Brazo Robot

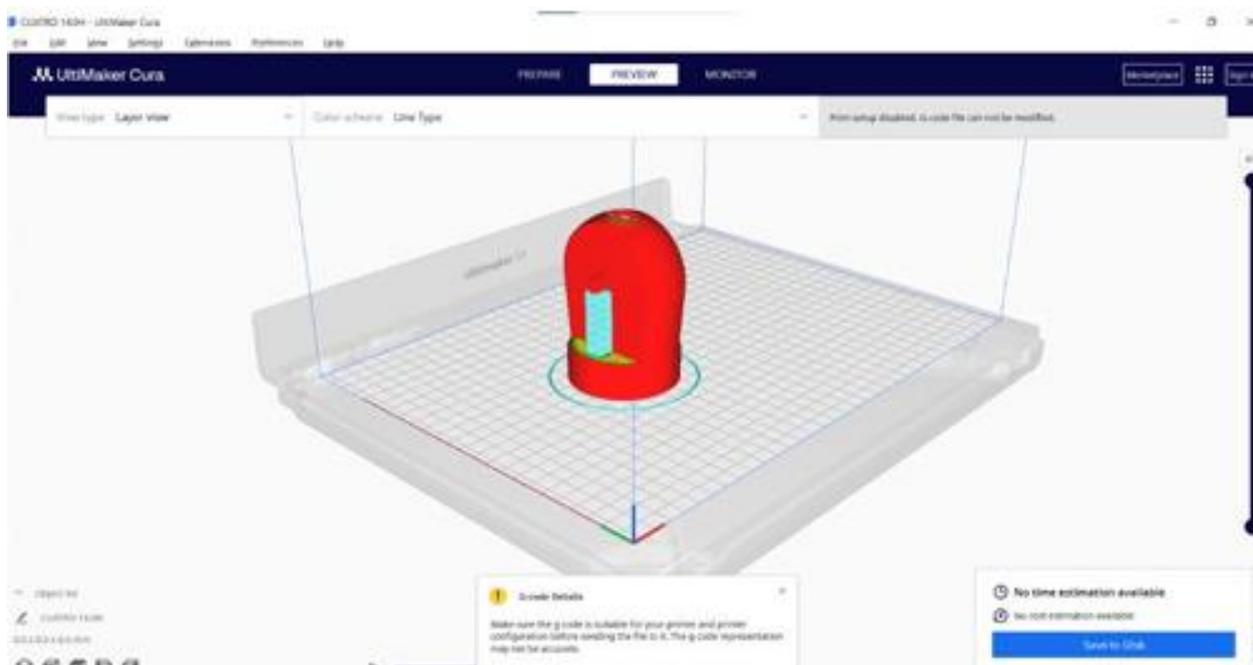
**Figura 31**

Impresión de las Piezas del Brazo Robot



Figura 32

Diseño de Base de Movimiento Lateral y Frontal

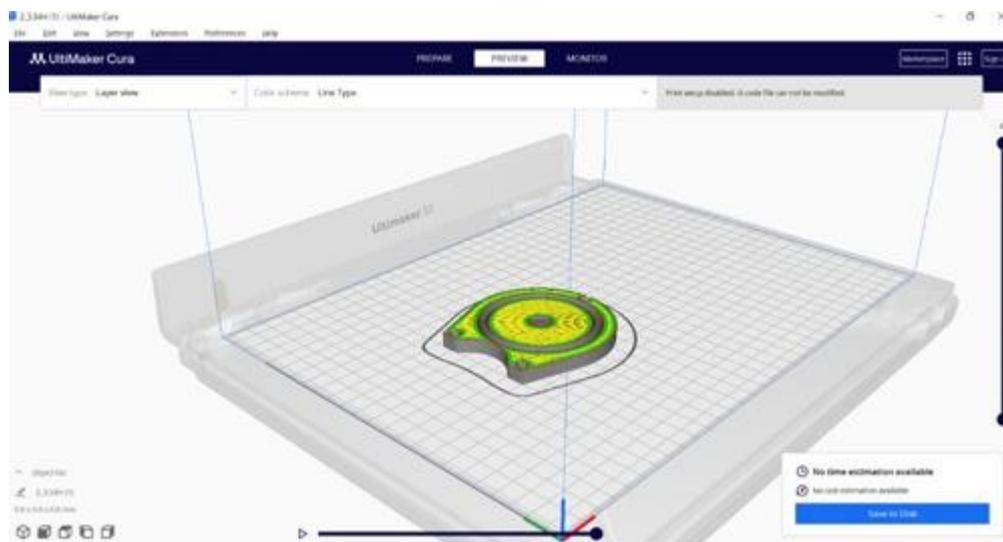
**Figura 33**

Impresión de Base de Movimiento Lateral y Frontal



Figura 34

Diseño de la Base Principal del Eje



4.1.8 Sistema de Recolección de Residuos

El mecanismo de recolección incluyó un brazo robótico con múltiples grados de libertad, capaz de mover su base, eje principal y garra en distintas direcciones. Este brazo fue diseñado para recoger residuos de diferentes tamaños, texturas y pesos, gracias a la programación de un sistema de control específico para cada canal de movimiento:

- Canal CH1: Movimiento de la base de izquierda a derecha.
- Canal CH2: Movimiento de la base del robot de arriba abajo.
- Canal CH3: Movimiento del brazo principal de arriba abajo.
- Canal CH6: Apertura y cierre de la garra.

Se realizó un ajuste y prueba del sistema para asegurar un soporte sólido y regulado, previniendo daños a los objetos o la pérdida de desechos durante el proceso de recolección.

4.2 Implementación Final del Robot

La configuración definitiva del robot simbolizó la fase final del proyecto, en la que se incorporaron todos los elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos para asegurar un rendimiento óptimo del prototipo. Este procedimiento implicó la colocación de los paneles

solares, la vinculación del sistema eléctrico y la incorporación del brazo robótico, garantizando el funcionamiento del sistema de recolección de desechos.

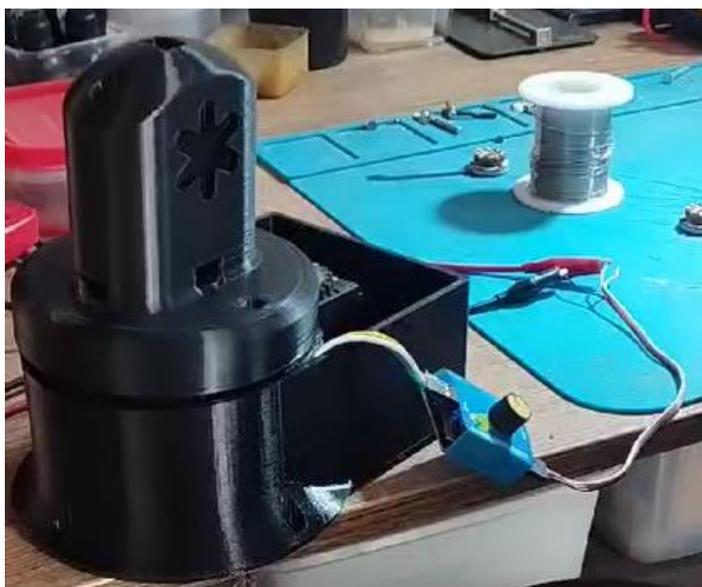
4.2.1 Integración del Brazo Robótico

El proceso de integración del brazo robótico al chasis del robot fue una etapa crucial, ya que este componente desempeña un papel central en las tareas de recolección de residuos. Para garantizar una conexión sólida y estable, se emplearon soportes especialmente diseñados, fabricados con materiales resistentes capaces de soportar las tensiones generadas durante el movimiento del brazo. Estos soportes fueron fijados al chasis utilizando tornillos de alta resistencia, asegurando que la estructura permaneciera firme durante las operaciones.

Antes de la finalización del montaje, se hicieron ajustes exactos en los actuadores y motores del brazo para asegurar que todos los componentes estuvieran adecuadamente alineados. Este procedimiento fue esencial para prevenir alteraciones o interrupciones en los movimientos de las diferentes articulaciones del brazo.

Figura 35

Conexiones Finales



La construcción de todos los elementos del robot demandó una coordinación exacta entre los distintos sistemas para asegurar un funcionamiento eficaz e integrado. Cada

componente, desde los motores y ruedas hasta los paneles solares, el brazo robótico y el sistema de control, se montó meticulosamente en el armazón con el fin de optimizar la estabilidad y el rendimiento del prototipo. Se otorgó prioridad al orden lógico de montaje, iniciando con los componentes estructurales como el armazón y los paneles solares, continuando con el sistema eléctrico y, por último, incorporando el brazo robótico.

Figura 36

Armado Final Brazo Robot



Se examinaron cuidadosamente las conexiones eléctricas para prevenir errores en el abastecimiento de energía, y se llevaron a cabo pruebas de comunicación entre el microcontrolador y los actuadores para asegurar la adecuada sincronización de todos los subsistemas. Este método sistemático permitió que todos los elementos operaran de forma sincronizada, satisfaciendo los requerimientos operativos del robot.

Figura 37*Ensamblaje Final*

Para confirmar la funcionalidad y precisión del brazo robótico, se llevaron a cabo una serie de pruebas funcionales que involucraron movimientos básicos y tareas simuladas. Estas pruebas incluyeron:

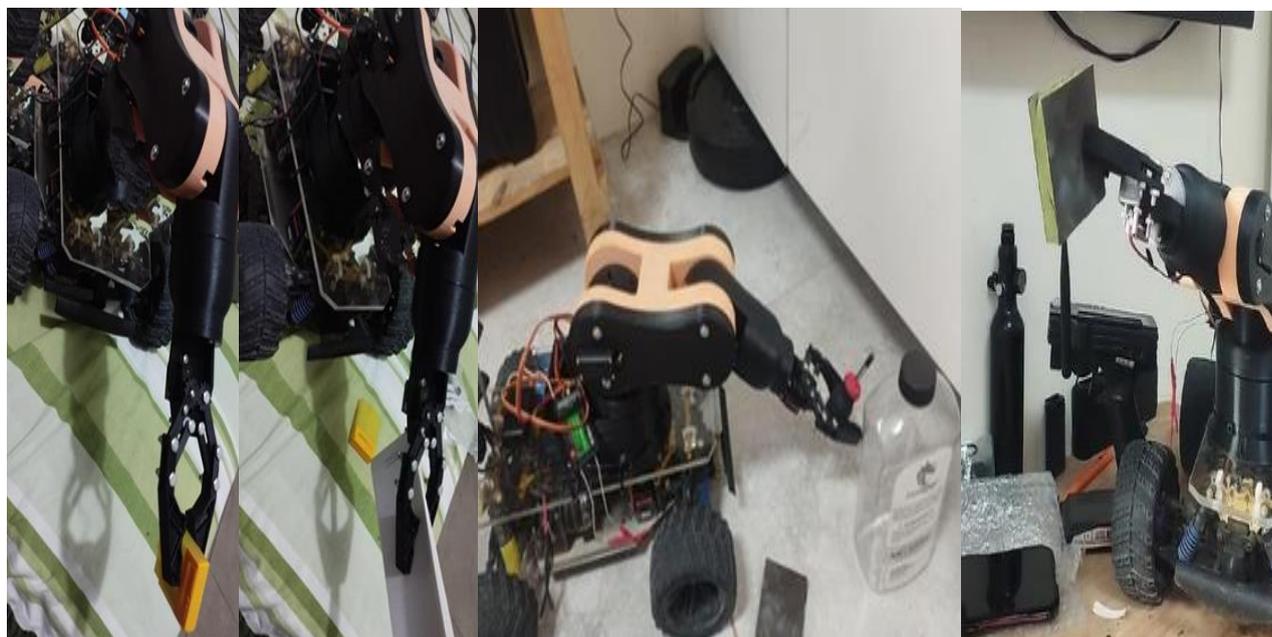
- **Movimientos de la Base:** Se evaluó la capacidad de la base para rotar en ambas direcciones, asegurando un rango de movimiento adecuado y sin atascos.
- **Elevación y Descenso del Brazo Principal:** Se verificó que el brazo principal pudiera moverse de forma suave y estable, alcanzando las posiciones necesarias para recoger y depositar residuos.
- **Operación de la Garra:** Se comprobó la apertura y cierre de la garra, evaluando su capacidad para adaptarse a diferentes tipos de objetos y materiales.

Los resultados de estas pruebas confirmaron que el brazo robótico podía operar con estabilidad y precisión, cumpliendo con los requerimientos del sistema de recolección. El diseño modular y la implementación de controles ajustables permitieron que el brazo ejecutara

las tareas asignadas de manera eficiente, recogiendo y manipulando residuos de diferentes tamaños y materiales sin comprometer su funcionalidad.

Figura 38

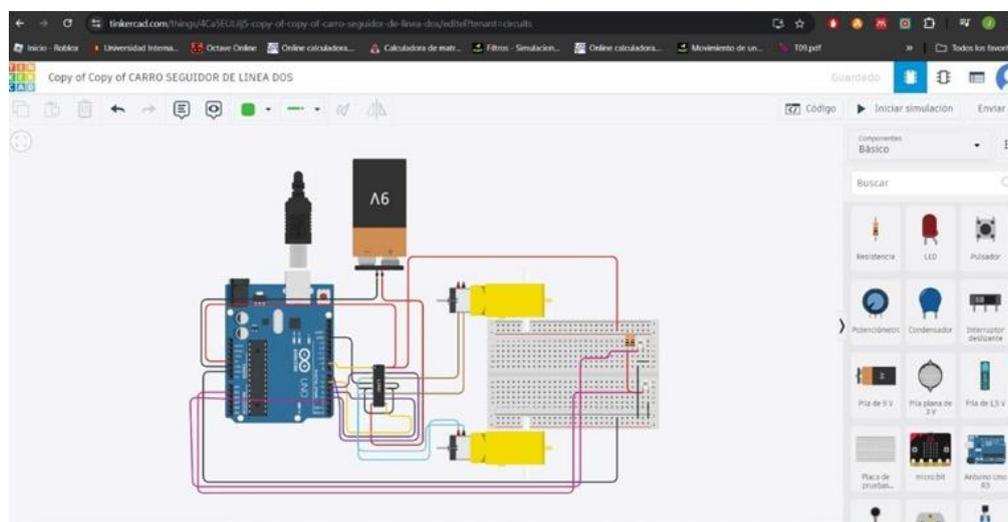
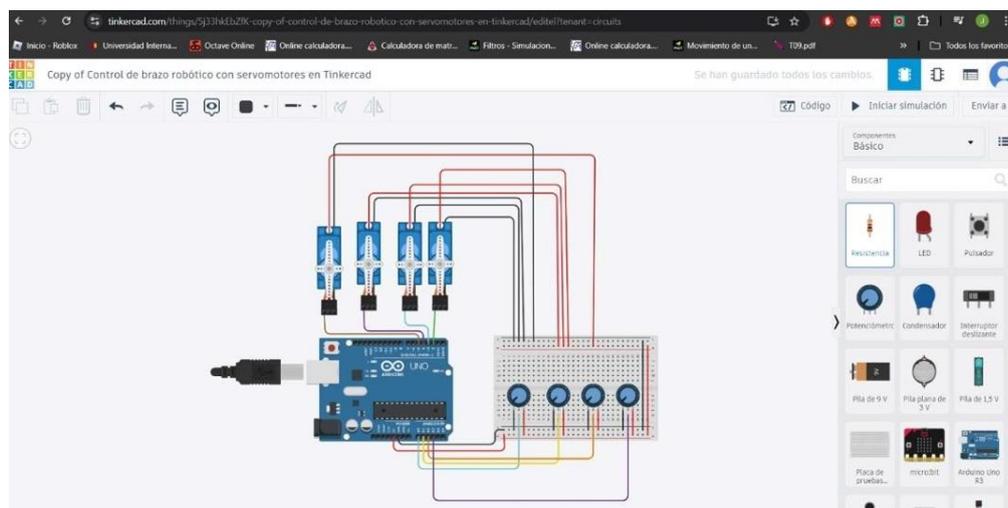
Pruebas de Uso



4.2.2 Simulación en un Arduino

A pesar de que se empleó SC para la programación de los servomotores del robot, también se muestra como ejemplo un circuito de simulación creado en Arduino. Este ejemplo se presenta como una opción para aquellos que quieran investigar o poner en práctica la programación y gestión de los servomotores a través de esa plataforma.

En el caso de Arduino, sobresale la configuración del canal 6, diseñado específicamente para el inicio y finalización de la garra robótica. Este circuito simulado posibilita la producción de pulsos de control que controlan el movimiento de la garra, garantizando un ajuste apropiado a los diferentes objetos que se quieran manipular. El diseño del programa contiene instrucciones para ajustar tanto la fuerza de sujeción como la rapidez de los movimientos, consiguiendo un control eficaz y flexible para diversas demandas.

Figura 39*Simulación Seguidor de Línea***Figura 40***Simulación Control de Brazo Robótico con Servomotores*

Aunque el sistema principal del proyecto no necesitó la implementación directa de Arduino, esta simulación ofrece una base firme para futuras modificaciones o mejoras, brindando versatilidad y compatibilidad para aquellos que quieran utilizar herramientas de código abierto en la creación de proyectos parecidos. Esta opción puede ser particularmente beneficiosa para experimentar con configuraciones extra o para propósitos pedagógicos y de aprendizaje en la programación de sistemas robóticos.

4.3 Métodos para Implementación de Panel Solar al Robot

Para implementar un sistema de panel solar en el robot, se realizó el cálculo del consumo energético y se comparó con la capacidad de producción del panel. Este cálculo se basó en la capacidad de la batería y el tiempo de funcionamiento sin recarga, permitiendo estimar la eficiencia y autonomía del sistema en diferentes condiciones de operación. A continuación, se muestra la forma en que se llevó a cabo este cálculo con la ecuación (1), la de estimación del consumo energético del robot, junto con los cálculos relacionados con la energía producida por el panel solar.

$$\text{Tiempo de descarga} = \left(\frac{\text{Capacidad de la batería}}{\text{consumo}} \right) \quad (1)$$

$$\text{Tiempo de descarga} = \left(\frac{30000}{16120} \right) = 1.86h$$

En condiciones normales, el robot consume menos energía, lo que prolonga la duración de las baterías. Sin embargo, bajo condiciones de carga pesada, como levantar objetos grandes o realizar tareas demandantes, el consumo aumenta significativamente, reduciendo la autonomía del sistema. Estos cálculos reflejan la importancia de considerar tanto la capacidad de las baterías como el consumo energético del robot en diversas situaciones. Esto proporciona una base para optimizar el sistema y garantizar un equilibrio entre eficiencia y autonomía al integrar un panel solar.

Figura 41

Batería que Alimenta el Auto



4.4 Cálculo de la Energía Generada por el Panel Solar

La generación de energía del panel solar depende de factores como su tamaño, eficiencia y horas de exposición al sol. En este proyecto, el panel solar seleccionado tiene una capacidad adecuada para captar radiación solar y convertirla en electricidad utilizable, asegurando un suministro constante de energía durante su operación. Bajo condiciones óptimas de luz solar y con una exposición de aproximadamente cuatro horas diarias, el panel es capaz de generar la energía necesaria para apoyar el funcionamiento del robot. Esto permite aumentar la autonomía del sistema al reducir la dependencia de recargas externas, mejorando así su eficiencia energética y sostenibilidad en tareas prolongadas.

4.5 Evaluación entre Consumo y Generación de Energía

El análisis entre el consumo energético del robot y la generación del panel solar revela que, bajo las condiciones actuales, el sistema enfrenta limitaciones en sostenibilidad. Para una batería de menor capacidad, el consumo del robot excede la generación del panel, evidenciando un déficit energético que compromete su autonomía. Con baterías de mayor capacidad, el balance mejora en operaciones moderadas, aunque sigue siendo insuficiente durante cargas intensas, donde el consumo energético supera la energía generada. Para garantizar la viabilidad del sistema, es necesario aumentar la capacidad del panel solar, implementar baterías de mayor almacenamiento o adoptar medidas de optimización, como reducir tiempos de operación o introducir estrategias para minimizar el consumo durante periodos de alta demanda.

4.6 Implementación del Panel Solar

La integración del panel solar al robot tiene como objetivo principal proporcionar independencia energética al sistema. El panel se fija de manera segura a la estructura del robot mediante tornillos, asegurando estabilidad durante su funcionamiento. Además, se diseña un circuito eléctrico eficiente para captar, almacenar y distribuir la energía generada por el panel hacia los componentes del robot. Este circuito permite que el panel funcione como una fuente

complementaria de energía, optimizando el rendimiento del sistema. También se detallan los procedimientos técnicos seguidos y los componentes empleados, garantizando una implementación funcional y eficiente del panel solar.

Figura 41

Estructura para el Panel



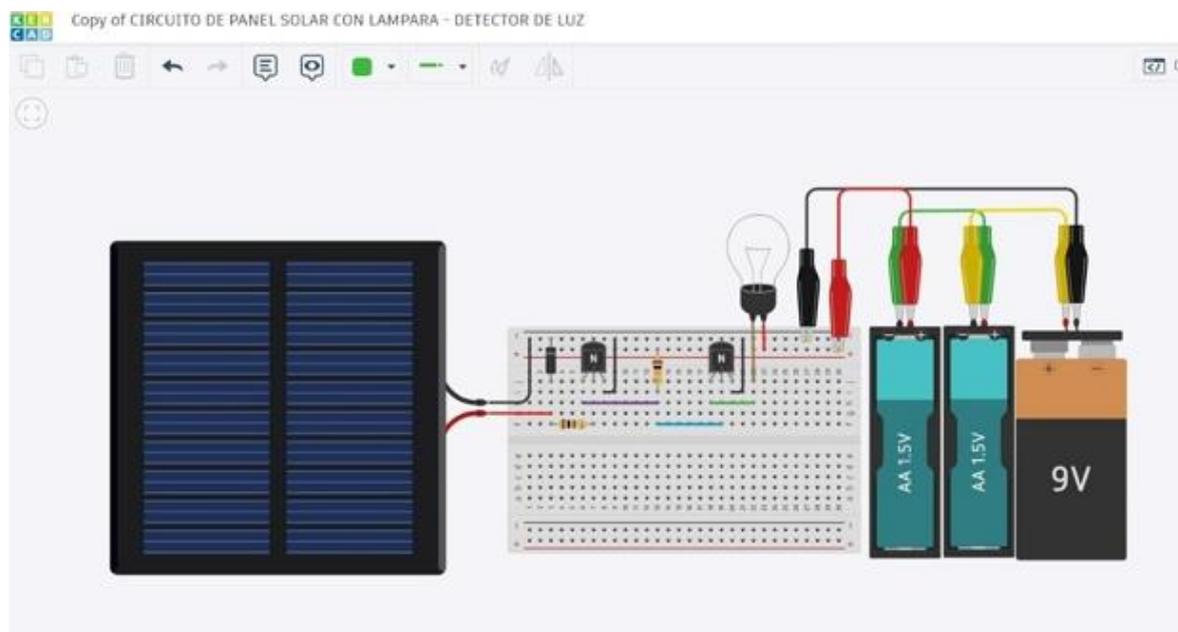
Figura 42

Ensamble del Panel



Figura 43

Circuito Utilizado para Instalar el Panel Solar de 5v

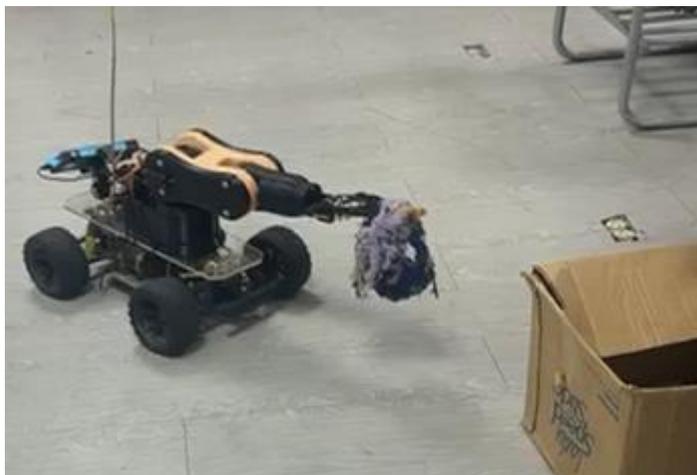
**4.7 Análisis de las Pruebas de Agarre y Ajuste del Sistema**

Las evaluaciones efectuadas al sistema de sujeción proporcionan una visión precisa del desempeño del mismo bajo diversas circunstancias y con diferentes clases de objetos. El examen de cada uno de los exámenes subraya las fortalezas y las potenciales áreas de mejora para el diseño del sistema.

Tabla 2*Pruebas de Agarre*

N° de Prueba	Descripción de la Prueba	Resultado	Comentarios
Primera prueba	Agarre de material fino	La pinza agarra correctamente el material fino, ejerciendo la presión necesaria para evitar que se caiga.	El sistema de agarre funciona perfectamente en materiales finos.
Segunda prueba	Agarre de material duro	La garra agarra el objeto de material duro a una velocidad considerable y sin deslizamientos.	Buen rendimiento con materiales duros. No hay deslizamiento.
Tercera prueba	Agarre de objeto circular	La garra se adapta correctamente al objeto circular, levantándolo con la fuerza y velocidad necesarias.	El diseño del sistema se adapta bien a la forma circular.
Cuarta prueba	Agarre de objeto flexible	La garra genera la fuerza adecuada para no deformar el objeto flexible y levantarlo sin problemas a una buena velocidad.	El control remoto juega un papel clave en la eficiencia del agarre.

El sistema demostró un desempeño adecuado al sujetar materiales de tamaño reducido, proporcionando una sujeción sólida y sin peligro de deslizamiento. Esto es crucial ya que los materiales finos, como los textiles o el polvo, suelen proporcionar una fricción reducida, lo que podría complicar su manejo. El sistema también demostró su eficacia con materiales resistentes, evidenciando su habilidad para gestionar objetos que necesitan más fuerza para ser sujetos. La correcta velocidad y la falta de deslizamiento señalan que el diseño de la garra es sólido y que el sistema de sujeción posee la suficiente fuerza para funcionar en materiales más duraderos.

Figura 44*Funcionamiento del Robot*

El sistema evidenció su habilidad para ajustarse a formas irregulares, como los objetos de forma circular, y logró levantarlos sin dificultades. La capacidad de adaptación a diversas formas es un rasgo esencial en sistemas de agarre, dado que posibilita al robot manejar una amplia gama de objetos. La rapidez de ejecución también resultó ser apropiada, sin embargo, la prueba resalta la importancia del control remoto para garantizar el manejo adecuado de objetos flexibles. Este hallazgo indica que el sistema reacciona ante la cantidad de presión ejercida, impidiendo el deterioro de los objetos, lo que resulta crucial en contextos donde la integridad de los materiales es vital.

4.8 Interpretación de las Pruebas de Agarre y Ajuste del Sistema

El rendimiento óptimo del sistema con diferentes tipos de materiales, tales como finos, duros, circulares y flexibles, sugiere que el diseño de la garra es sumamente adaptable. Esto es vital, dado que posibilita que el sistema se ajuste a una variedad de objetos, lo que lo convierte en apto para diferentes industrias y funciones. La habilidad para manipular materiales finos y duros sin sacrificar la eficiencia ni la gestión de la garra representa un enorme beneficio.

Uno de los aprendizajes fundamentales que se pueden extraer de las evaluaciones es la capacidad del sistema para regular la cantidad de fuerza ejercida sobre los objetos.

Específicamente, el cuarto examen, en el que se utilizó un objeto flexible, resalta la manera en que el sistema puede adaptarse para prevenir la deformación de los materiales al aplicar la presión correcta.

Pese a que el sistema demuestra una excelente habilidad técnica para gestionar una diversidad de objetos, la cuarta prueba subraya que el desempeño del sistema se basa en gran parte en el control exacto del operador, particularmente en circunstancias donde se necesita una manipulación delicada, como en el caso de objetos flexibles. Esto significa que, para incrementar la eficacia del sistema, se requiere brindar una formación apropiada al operador y optimizar la interfaz de control remoto para simplificar su gestión.

Los hallazgos de estos ensayos señalan que el sistema de sujeción es lo bastante sólido para ser empleado en aplicaciones industriales de gran magnitud. La capacidad de este sistema para adaptarse a diversas formas y materiales indica que podría tener un rol significativo en la automatización de procesos de recolección y manejo de materiales en varios sectores, desde la recolección de residuos hasta el montaje de componentes en líneas de producción.

4.9 Estimación del Consumo Energético Total y Eficiencia del Prototipo

En esta sección se lleva a cabo un estudio minucioso de la eficiencia energética del prototipo, teniendo en cuenta el uso de energía de cada elemento, la duración de la batería y la aplicación de los resultados a un camión de recolección de desechos de tamaño real. Este método ofrece una base sólida para valorar el desempeño y elaborar estrategias de mejora tanto en el prototipo como en el vehículo definitivo.

La eficiencia energética total del prototipo (η_{total}) es una métrica fundamental para evaluar qué porcentaje de la energía suministrada al sistema se convierte en energía útil. Se calcula con la ecuación (2), la energía total suministrada con ecuación (3), y la energía total consumida con la ecuación (4).

$$\eta_{Total} = \left(\frac{E_{\acute{u}til\ Total}}{E_{suministrada, Total}} * 100 \right) \quad (2)$$

Donde:

- $E_{\text{suministrada,total}}$: Energía total suministrada al sistema.
- $E_{\text{útil,total}}$: Energía total útil generada por el sistema.

Los elementos considerados en el análisis del prototipo incluyen componentes clave del sistema eléctrico, cuya información técnica ha sido proporcionada por los fabricantes. Estos son:

- Motor eléctrico para tracción: Potencia nominal de 90 W con una eficiencia de $\eta=85\%$
- Servomotor para dirección: Potencia de 15.5 W, eficiencia de $\eta=85\%$
- Cuatro servomotores para el mecanismo de recolección: Potencia de 6 W cada uno, eficiencia de $\eta=85\%$
- Microservomotor auxiliar: Potencia de 2.5 W, eficiencia de $\eta=85\%$
- Ventilador: Potencia de 0.75 W, eficiencia de $\eta=85\%$
- Dos microcontroladores: Potencia de 0.35 W cada uno, eficiencia de $\eta=90\%$

Con estos datos, se calcula la energía total suministrada y útil del prototipo:

$$Energía_{\text{total suministrada}} = \sum E_{i,\text{suministrada}} \quad (3)$$

$$Energía_{\text{total suministrada}} = 150Wh + 15.5Wh + 24Wh + 2.5Wh + 0.75Wh + 0.7Wh$$

$$Energía_{\text{total suministrada}} = 193.45Wh$$

$$Energía_{\text{total útil}} = \sum E_{i,\text{útil}} \quad (4)$$

$$Energía_{\text{total útil}} = 127.5Wh + 13.175Wh + 20.4Wh + 1.125Wh + 0.6375Wh + 0.63Wh$$

$$Energía_{\text{total útil}} = 163.4675 Wh$$

La eficiencia energética total del prototipo (η_{total}) se calcula con la ecuación (2):

$$\eta_{\text{total}} = \frac{163.4675 Wh}{193.45 Wh}$$

$$\eta_{\text{total}} = 84 \%$$

Este resultado demuestra que el prototipo convierte un 84% de la energía suministrada en energía útil, lo que evidencia una eficiencia aceptable para las tecnologías implementadas. El análisis de la autonomía del prototipo se realizó con una batería de 30,000 mAh a 12 V. Las ecuaciones (5) y (6) se usan para calcular la capacidad de la batería y la autonomía donde se utiliza la potencia total suministrada al prototipo.

$$\text{Energía de la batería (Wh)} = \text{Capacidad (Ah)} \times \text{Voltaje (V)} \quad (5)$$

$$\text{Energía de la batería (Wh)} = 30\text{Ah} \times 12\text{V} = 360\text{Wh}$$

$$\text{Autonomía (h)} = \frac{\text{Energía Almacenada en batería (Wh)}}{\text{Potencia consumida (W)}} \quad (6)$$

$$\text{Autonomía (h)} = \frac{360\text{Wh}}{193.45\text{W}} = 1.86\text{horas}$$

Cuando se contempla un sistema de panel solar para recargar la batería, la autonomía podría incrementarse hasta 4 horas, en función de las condiciones de irradiación solar y la eficacia del panel. Esto supone un beneficio considerable para aplicaciones de larga escala o en zonas alejadas con acceso restringido a la infraestructura de recarga.

Para estimar el consumo energético del camión real a partir de los datos del prototipo, se utiliza la relación de masas entre ambos usando la ecuación 7:

$$\text{Relación de masas} = \frac{\text{Masa}_{\text{real}}}{\text{Masa}_{\text{prototipo}}} \quad (7)$$

$$\text{Relación de masas} = 12,000\text{kg} / 10\text{kg} = 1,200$$

Esto indica que el camión es 1,200 veces más pesado que el prototipo. Y con esta información podemos obtener el consumo energético es proporcional a la relación de masas, dando por resolver con la ayuda de la ecuación del consumo energético del camión real, la cual nos sustenta en las ecuaciones. La estimación del consumo energético del camión real se calcula con la ecuación 8, donde el consumo se toma la potencia total suministrada al prototipo y la relación de masas previamente calculada.

$$\text{Consumo Estimado} = \text{Consumo del prototipo} \times \text{Relación de masas} \quad (8)$$

$$\text{Consumo Estimado} = 193.45\text{Wh} \times 1,200 = 232.14\text{kWh}$$

Esto significa que, bajo las mismas condiciones, el camión real consumiría aproximadamente 232.14 kWh para operar.

4.10 Estimación del rendimiento y viabilidad a escala real.

En este estudio, ampliaremos las dimensiones y el consumo de energía del prototipo del robot a un modelo de escala real similar a un camión de recogida de residuos con capacidad de 14 m³, conforme a las especificaciones técnicas requeridas.

Tabla 3

Dimensiones del Camión Recolector y el Prototipo del Robot

Parámetro	Camión Real (m)	Prototipo del Robot (m)
Longitud	8.0	0.4
Ancho	2.5	0.2
Altura	3.0	0.15

El factor de escala permite relacionar las dimensiones del prototipo con las del camión a tamaño real. Este factor se calcula dividiendo la longitud del camión entre la longitud del prototipo, siendo esta la ecuación (9) que se basa en el ajuste para la versión a tamaño real.

$$\text{Escala} = \frac{\text{Dimensión del prototipo}}{\text{Dimensión del camión real}} \quad (9)$$

Esto indica que el prototipo ha sido diseñado en una escala 1:20 con respecto al camión real, al aplicar la ecuación 9. Las proporciones restantes (ancho y altura) también respetan este mismo factor de escala. Este enfoque permite realizar estimaciones razonables sobre el rendimiento y consumo energético del modelo ampliado, basándose en las características evaluadas en el prototipo.

El consumo energético del prototipo, previamente calculado en 193.45 Wh, se escala de acuerdo con la relación de masas entre el camión real y el prototipo. Por lo tanto, el camión a escala real tendría un consumo estimado de 232.14 kWh en condiciones operativas similares al prototipo. Este consumo energético representa un valor base y puede variar en función de las

mejoras implementadas en los componentes y en el diseño final del camión. La ecuación 10 se usa para calcular el rendimiento estimado del prototipo.

$$\text{Rendimiento}(\eta) = \frac{\text{Potencia útil de salida}}{\text{Potencia de entrada}} \quad (10)$$

$$\text{Rendimiento}(\eta) = \frac{163.4675}{193.45} = 0.84$$

Donde:

- Potencia útil de salida: Energía entregada para realizar el trabajo deseado (medida en watts o kilowatts).
- Potencia de entrada: Energía suministrada al motor desde la fuente de alimentación (medida en watts o kilowatts).

En el prototipo, el motor de tracción tiene un rendimiento estimado del 85%, lo que indica que el 85% de la energía suministrada al motor se convierte en trabajo útil, mientras que el resto se pierde en forma de calor y otras ineficiencias. Para el modelo a escala real, se propone el uso de motores eléctricos de alta eficiencia ($\eta > 90\%$) para minimizar las pérdidas energéticas y optimizar el rendimiento.

La implementación del sistema a escala real presenta desafíos técnicos y operativos, así como oportunidades para optimizar el diseño del vehículo. El consumo energético estimado para el camión real (232.14 kWh) requiere una fuente de energía confiable y eficiente. Esto puede lograrse mediante baterías de iones de litio de alta capacidad o sistemas híbridos que combinen baterías con generadores eléctricos. Además, se podría incorporar un sistema de paneles solares en el techo del camión para extender la autonomía en aplicaciones urbanas.

Con una batería de 360 kWh, el camión real tendría una autonomía suficiente para cubrir rutas de recolección urbana. Sin embargo, es fundamental optimizar la eficiencia del sistema para reducir el consumo energético y garantizar un funcionamiento continuo durante una jornada laboral completa.

Conclusiones

Este proyecto ha evidenciado la factibilidad de fusionar tecnologías sustentables, tales como la energía solar fotovoltaica, con sistemas autónomos utilizados en la recogida de desechos urbanos. Una meta concreta consistió en elegir el sistema de recolección de desechos más adecuado para el prototipo a gran escala, dando prioridad a la eficiencia energética y la capacidad de recogida.

A través de un análisis detallado, se logró identificar y seleccionar un sistema de recolección que equilibra eficiencia energética y capacidad operativa. La solución seleccionada no solo maximiza el uso de la energía disponible, sino que también garantiza una adecuada capacidad de almacenamiento de residuos, optimizando los recursos del prototipo.

El prototipo del vehículo de recolección fue desarrollado y sometido a una serie de pruebas controladas, las cuales permitieron validar el correcto funcionamiento de sus sistemas principales, incluyendo los subsistemas de propulsión, recolección y almacenamiento de residuos. Estas pruebas demostraron la robustez del diseño y su capacidad para operar de manera eficiente bajo las condiciones esperadas.

El prototipo alcanzó una eficiencia energética del 84%, lo que refleja un uso eficaz de la energía almacenada en relación con las demandas operativas del sistema. Este resultado indica un alto potencial para la implementación de un sistema a escala real. Al extrapolar los datos obtenidos, se estima que la viabilidad del diseño es considerable, ya que combina eficiencia energética con un impacto positivo en la reducción de la huella de carbono y la dependencia de combustibles fósiles.

Además, se llevó a cabo una valoración de la eficiencia energética del prototipo con el propósito de generalizar los hallazgos a una escala real. Tras el estudio, se estableció que el uso de energía de un modelo a tamaño completo se incrementaría en proporción a la relación entre masas y dimensiones, tal como se muestra en la extrapolación efectuada. Este procedimiento

posibilitó calcular el desempeño y la factibilidad de instaurar un sistema parecido en camiones de recogida de residuos reales, subrayando la importancia de incluir paneles solares de mayor potencia y sistemas de administración energética de vanguardia para cubrir las necesidades energéticas de gran magnitud.

Recomendaciones

Basándonos en la conclusión vinculada a la elección del sistema de recogida de desechos ideal para el prototipo, se sugiere incrementar la capacidad y eficacia del dispositivo de recolección. Para lograrlo, es imprescindible utilizar materiales más leves y duraderos, lo que ayudará a disminuir el uso de energía. Además, se recomienda investigar sistemas más eficaces de compactación de desechos que posibiliten incrementar la capacidad de carga sin impactar de manera significativa en el consumo energético del prototipo.

Tras la puesta en marcha y las pruebas efectuadas, se aconseja aumentar la capacidad de producción de energía a través de la utilización de paneles solares de mayor eficiencia. Tecnologías como los paneles solares de vanguardia podrían incrementar la capacidad de captación y, en consecuencia, extender las horas de funcionamiento.

Respecto a la valoración de la eficiencia energética y su aplicación a nivel real, se sugiere la implementación de sistemas de administración inteligente de energía. Esto implica la implementación de controladores de carga mejorados y sistemas de almacenamiento (baterías) de alta capacidad y eficiencia, que faciliten el almacenamiento del sobrante de energía producida durante las horas de mayor radiación solar.

Se recomienda mejorar la eficiencia del vehículo de recolección de residuos mediante el cambio de llantas convencionales por un sistema de rueda de oruga, lo que mejorará la tracción, reducirá la fricción y proporcionará mayor estabilidad en terrenos irregulares, aumentando la eficiencia energética y reduciendo el desgaste de los componentes. Además, se sugiere rediseñar el vehículo para aumentar su peso, lo que permitirá incorporar un recipiente de mayor capacidad en la parte trasera para almacenar más basura, optimizando el tiempo y reduciendo el número de viajes necesarios.

Bibliografía

- Acciona. (2021). *Energía Solar Fotovoltáica*. Obtenido de <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-solar/fotovoltaica/>
- Amazon. (2024). *3650 5900KV Motor RC sin escobillas sin sensores 120A ESC sin escobillas y juego de tarjetas de programa Motor impermeable ESC Combo 0.125 in Motor de eje para 1:10 Escala RC Car Truck Actualización*. Obtenido de https://www.amazon.com/dp/B0B3R6LNYD?ref=cm_sw_r_cso_cp_apin_dp_5GY3MJMCWJX4Z7ZQQ5YG&ref_=cm_sw_r_cso_cp_apin_dp_5GY3MJMCWJX4Z7ZQQ5YG&social_share=cm_sw_r_cso_cp_apin_dp_5GY3MJMCWJX4Z7ZQQ5YG&starsLeft=1&skipTwisterOG=1
- Amazon. (2024). *Controlador de interruptor PWM DC 5V-12V 20A para control remoto de señal de luces LED de zumbador modelo RC*. Obtenido de https://www.amazon.com/dp/B0CDFL5VVQ?ref=cm_sw_r_cso_cp_apin_dp_AC1R6WVG8G9GTWAA8W87&ref_=cm_sw_r_cso_cp_apin_dp_AC1R6WVG8G9GTWAA8W87&social_share=cm_sw_r_cso_cp_apin_dp_AC1R6WVG8G9GTWAA8W87&starsLeft=1&skipTwisterOG=1
- Amazon. (2024). *Flysky FS-GT3B 3 canales RC Transmisor y receptor FS-GR3E 2.4GHz AFHDS Sistema de control de radio para RC Car RC Barco*. Obtenido de https://www.amazon.com/dp/B0BZZN7177?ref=cm_sw_r_cso_cp_apin_dp_19EVYRRJ38G5E61DYG2F&ref_=cm_sw_r_cso_cp_apin_dp_19EVYRRJ38G5E61DYG2F&social_share=cm_sw_r_cso_cp_apin_dp_19EVYRRJ38G5E61DYG2F&starsLeft=1&skipTwisterOG=1
- Amazon. (2024). *Flysky FS-i6X Transmisor y receptor RC FS-iA6B iBus 10 canales o PWM 6CH 2.4GHz AFHDS 2A Sistema de control de radio para FPV Drone Multirrotor, ala fija, coche RC, barco RC (Modo-2)*. Obtenido de

https://www.amazon.com/dp/B0BRXM1K4X?ref=cm_sw_r_cso_cp_apin_dp_A82V753C827PH9G3BDYA&ref_=cm_sw_r_cso_cp_apin_dp_A82V753C827PH9G3BDYA&social_share=cm_sw_r_cso_cp_apin_dp_A82V753C827PH9G3BDYA&starsLeft=1&skipTwisterOG=1

Amazon. (2024). *Mini módulo de giroscopio para coches RC Drift Drift, control automático de estabilidad giroscopio | Sensibilidad ajustable, fácil de operar, sistema SMM analógico R484 Mini RC Estabilizador*. Obtenido de https://www.amazon.com/dp/B08XW2DL65?ref=cm_sw_r_cso_cp_apin_dp_BAE7FBP6MV6SC8Q7XPMM&ref_=cm_sw_r_cso_cp_apin_dp_BAE7FBP6MV6SC8Q7XPMM&social_share=cm_sw_r_cso_cp_apin_dp_BAE7FBP6MV6SC8Q7XPMM&starsLeft=1&skipTwisterOG=1

Amazon. (2024). *OVONIC 3S Lipo Batería 100C 6000mAh 11.1V Lipo Batería con EC5 Conector para Arrma 1/5 1/8 1/10 RC Coche y Camión*. Obtenido de https://www.amazon.com/dp/B08THK9SYY?ref=cm_sw_r_cso_cp_apin_dp_QAQ66FQFS3YAJ13BKRSY&ref_=cm_sw_r_cso_cp_apin_dp_QAQ66FQFS3YAJ13BKRSY&social_share=cm_sw_r_cso_cp_apin_dp_QAQ66FQFS3YAJ13BKRSY&starsLeft=1&skipTwisterOG=1

Amazon. (2024). *Ruedas y neumáticos hexagonales de 0.669 in prepegados de 5.906 x 3.150 in para 1/8 Traxxas Arrma HPI Redcat HSP RC Off-Road Monster Truck, paquete de 4*. Obtenido de https://www.amazon.com/dp/B0C2HG2TJP?ref=cm_sw_r_cso_cp_apin_dp_VE4F3NW5KVMRBX4SXXK7W&ref_=cm_sw_r_cso_cp_apin_dp_VE4F3NW5KVMRBX4SXXK7W&social_share=cm_sw_r_cso_cp_apin_dp_VE4F3NW5KVMRBX4SXXK7W&starsLeft=1&skipTwisterOG=1

- Amazon. (2024). *Servo motor servo de alta velocidad de 88.2 lbs servo de metal servo digital servo RC Baja servo para coches RC escala 1/8 1/10*. Obtenido de https://www.amazon.com/dp/B0B83Z63T1?ref=cm_sw_r_cso_cp_apin_dp_4H60P030ASBYN0K34509&ref_=cm_sw_r_cso_cp_apin_dp_4H60P030ASBYN0K34509&social_share=cm_sw_r_cso_cp_apin_dp_4H60P030ASBYN0K34509&starsLeft=1&skipTwisterOG=1&th=1
- Amazon. (2024). *Versión de actualización del chasis 1/10 RC 4WD Modelo Coche On-Road Drift Car Marco vacío versión sin escobillas ilimitado HSP 94123*. Obtenido de https://www.amazon.com/dp/B07MY47T95?ref=cm_sw_r_cso_cp_apin_dp_JM7GGA VRZXR0FMDZ5PB9&ref_=cm_sw_r_cso_cp_apin_dp_JM7GGA VRZXR0FMDZ5PB9&social_share=cm_sw_r_cso_cp_apin_dp_JM7GGA VRZXR0FMDZ5PB9&starsLeft=1&skipTwisterOG=1
- Baek, S., Oh, S. E., Lee, S. H., & Kwon, K. H. (2024). *A Simulation-Based Approach for Evaluating the Effectiveness of Robotic Automation Systems in HMR Product Loading*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2304-8158/13/19/3121>
- Bank, W. (2018). *Los desechos: un análisis actualizado del futuro de la gestión de los desechos sólidos*. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-waste-management>
- Bioenergy, G. (2015). *Daño medioambientales de una mala gestión de los residuos orgánicos*. Obtenido de <https://geniabioenergy.com/dano-medioambientales-de-una-mala-gestion-de-los-residuos-organicos/>
- Cavalcanti, A., Dongol, B., Hierons, R., Timmis, J., & Woodcock, J. (Eds.). (2021). *Software engineering for robotics*. Springer Nature.

- Celco. (2023). *¿Cuáles son los materiales con los que se construyen las celdas solares? 5 componentes y tipos de paneles*. Obtenido de <https://celco.com.co/cuales-materiales-construyen-las-celdas-solares-5-componentes-y-tipos-de-paneles/>
- ControlS, A. M. (2024). *Qué es un servomotor: Definición, orígenes, componentes, tipos y aplicaciones*. Obtenido de <https://www.a-m-c.com/es/servomotor/>
- Dunn, W. (2005). *Introduction to instrumentation, sensors, and process control*. Artech
- Enel. (2022). *Energías renovables*. Obtenido de <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables>
- Energy, M. (2024). *Componentes de Paneles Solares: Materiales y Celdas Explicados*. Obtenido de <https://www.miwenergia.com/componentes-de-paneles-solares-materiales-y-celdas-explicados/>
- ESPOL, E. C. (2017). *Diseño de un prototipo de robot recogedor de basura que funciona con energía solar*. Obtenido de <https://www.linkedin.com/pulse/dise%C3%B1o-de-un-prototipo-robot-recogedor-basura-que-con-continua-esp/>
- Estratégica, E. (2024). *Revolución energética: La tecnología de Huawei que está cambiando la energía solar*. Obtenido de <https://www.energiaestrategica.com/revolucion-energetica-la-tecnologia-de-huawei-que-esta-cambiando-la-energia-solar/#:~:text=A%20diferencia%20de%20la%20percepci%C3%B3n,soluciones%20de%20almacenamiento%20de%20energ%C3%ADa.>
- Fulongma. (2024). *La próxima generación de gestión de residuos: exploración de camiones de basura eléctricos*. Obtenido de <https://es.fulongmagroup.com/news/la-proxima-generacion-de-gestion-de-residuos-exploracion-de-camiones-de-basura-electricos/>
- Innovation. (2022). *Inteligencia artificial y robótica para un reciclaje innovador*. Obtenido de <https://www.imnovation-hub.com/es/sociedad/reciclaje-innovador-ia-robotica/>

- Janarthanan, S., Gupta, V., Prasad, S. K., & Kumar, T. G. (2024). *Smart Mobility and Intelligent Transportation Systems for Commercial and Hazardous Vehicles*. In *Smart Mobility and Intelligent Transportation Systems for Commercial and Hazardous Vehicles* (pp. 1-20). Apple Academic Press.
- Konetia. (2023). *Actuadores en robótica*. Obtenido de <https://www.konetia-automatizacion.com/actuadores-en-robotica/>
- Kravets, A. G. (Ed.). (2020). *Robotics: industry 4.0 issues & new intelligent control paradigms* (Vol. 10, pp. 978-3). Springer.
- Kumar, K., Sharma, A., & Tripathi, S. L. (2021). *Sensors and their application*. In *Electronic Devices, Circuits, and Systems for Biomedical Applications* (pp. 177-195). Academic Press.
- Latinoamérica, M. P. (2024). *Camiones eléctricos de recolección de residuos reducen un 90% los costos en Uruguay*. Obtenido de https://mobilityportal.lat/camiones-electricos-reducen-costos/?utm_source=chatgpt.com
- Lázaro, I. (2024). *Empresa crea robot con IA para optimizar el proceso de reciclaje*. Obtenido de <https://inspenet.com/noticias/empresa-crea-su-robot-con-ia-para-reciclaje/>
- Liu, J., Balatti, P., Ellis, K., Hadjivelichkov, D., Stoyanov, D., Ajoudani, A., & Kanoulas, D. (2021). *Garbage Collection and Sorting with a Mobile Manipulator*. Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org/document/9555800>
- Llerena, A., Gómez, M., Jerez, D., & Peña., A. (2024). *Vehicle preventive maintenance: a comprehensive analysis of its impact on society, economic, and environmental factors in General Villamil Playas City*. Obtenido de <https://ojs.southfloridapublishing.com/ojs/index.php/jdev/article/view/3431>
- Markel, M. (Ed.). (2022). *Radar for Fully Autonomous Driving*. Artech House

- McQueen, B., Safi, A., & Alkheyaili, S. (2024). *Smart Mobility: Using Technology to Improve Transportation in Smart Cities*. John Wiley & Sons.
- Merino, M. (2019). *El MIT confía en nuevos robots con capacidades táctiles para optimizar el reciclaje y hacer frente a la crisis de residuos*. Obtenido de <https://www.xataka.com/inteligencia-artificial/mit-confia-nuevos-robots-capacidades-tactiles-para-optimizar-reciclaje-hacer-frente-a-crisis-residuos>
- Nedap. (2023). *Por qué el control de acceso adaptable es tan importante para un futuro seguro*. Obtenido de <https://www.nedapsecurity.com/es/insight/por-que-el-control-de-acceso-adaptable-es-tan-importante-para-un-futuro-seguro/>
- Nivecela, X. (2018). *Diseño de un robot recolector y clasificador de desechos basado en herramientas lego mindstorm para instituciones educativas públicas*. Obtenido de <https://repositorio.ug.edu.ec/items/3a3e641f-9dc8-4281-b222-860f73ca1e1b>
- Novológica. (2022). *MiR Robots optimiza los procesos de reciclaje de envases en las plantas productivas*. Obtenido de <https://www.novologica.com/manutencion-y-almacenaje/mir-robots-optimiza-los-procesos-de-reciclaje-de-envases-en-las-plantas-productivas/>
- Parot, A. (2019). *4 impactos ambientales de un mal manejo de residuos*. Obtenido de <https://www.voltachile.cl/4-impactos-ambientales-de-un-mal-manejo-de-residuos/#:~:text=El%20incorrecto%20manejo%20de%20los,de%20agua%2C%20suelo%20y%20aire.>
- Párraga, C. (2008). *Diseño de un prototipo de robot recogedor de basura que funciona con energía solar*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/4254>
- Pelonero, L., Fornaia, A., & Tramontana, E. (2020). *From Smart City to Smart Citizen: rewarding waste*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/346744756_From_Smart_City_to_Smart_Ci

tizen_Rewarding_Waste_Recycle_by_Designing_a_Data-Centric_IoT_based_Garbage_Collection_Service

Percy, J., & Pari, D. (2024). *Diseño de prototipo de un robot recolector de desechos de residuos sólidos en la península de Capachica Puno - Peru*. Obtenido de <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/23227>

Pérez, G. (2024). *Implementación de un Vehículo RC para la Enseñanza de Conceptos Básicos en Ingeniería Automotriz*. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/7625>

Phirke, S. (2021). *Design of an autonomous water cleaning bot*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785321028972>

Pimentel, J. (Ed.). (2019). *The Safety of Controllers, Sensors, and Actuators (Vol. 5)*. SAE International.

Ramírez, T. (2023). *Camiones de Basura y Sostenibilidad: Menos Residuos, Más Eficiencia*. Obtenido de <https://www.recolecciondebasuraseredecom.com.mx/camiones-de-basura-y-sostenibilidad-menos-residuos-mas-eficiencia>

Reciclado, M. (2024). *Los camiones recolectores de residuos se convierten en una fuente de energía flexible para impulsar la seguridad energética*. Obtenido de <https://magazinreciclado.com/2024/01/19/los-camiones-recolectores-de-residuos-se-convierten-en-una-fuente-de-energia-flexible-para-impulsar-la-seguridad-energetica/>

Recycleye. (2023). *AI Waste Sorting Robots Are the Future of the Circular Economy*. Obtenido de <https://recycleye.com/ai-waste-sorting-robots-are-future/>

Renovables, A. (2021). *¿Qué es la energía fotovoltaica?* Obtenido de <https://www.appa.es/appa-fotovoltaica/que-es-la-energia-fotovoltaica/>

Repsol. (2023). *Aprovechando al máximo la energía del Sol*. Obtenido de <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/futuro-planeta/energia-solar/index.cshtml>

- Robotics, A. (2021). *Inteligencia artificial para el reciclaje: AMP Robotics*. Obtenido de <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/ejemplos-circulares/inteligencia-artificial-para-el-reciclaje-amp-robotics>
- Santos, A. D. (2024). *Proyecto Robot Recolector de Basura*. Obtenido de <https://prezi.com/p/r-ukwzcaa5uo/proyecto-robot-recolector-de-basura/>
- Society, F. (2023). *Clasificación robótica de residuos: Automatización de los procesos de reciclado para la sostenibilidad*. Obtenido de <https://www.tomorrow.bio/es/post/clasificacion-robotica-de-residuos-automatizacion-de-los-procesos-de-reciclado-para-la-sostenibilidad>
- Trablisa, E. r. (2022). *La adaptabilidad de los sistemas de control de acceso como elemento clave para garantizar la seguridad del sistema a largo plazo*. Obtenido de <https://trablisaintegratedsecurity.es/blog/la-adaptabilidad-de-los-sistemas-de-control-de-acceso-como-elemento-clave-para-garantizar-la-seguridad-del-sistema-a-largo-plazo/>
- Upme. (2024). *MANEJO AMBIENTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS*. Obtenido de http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/guias/plantas/contenid/medidas3.htm
- Víctor. (2017). *La física del consumo energético en automóviles*. Obtenido de https://victorgomezgarcia.wordpress.com/2017/02/23/la-fisica-del-consumo-energetico-en-automoviles/?utm_source=chatgpt.com
- Von Bodungen, B., & Steege, H. (2024). *Liability for Automated and Autonomous Driving in Germany. In Autonomous Vehicles and Civil Liability in a Global Perspective: Liability Law Study across the World in relation to SAE J3016 Standard for Driving Automation (pp. 279-320)*. Cham: Springer International Publishing.

