



**UNIBE**  
*Forjando líderes!*

Universidad Iberoamericana

**Congreso Científico Juvenil 2024 - (CCJ 2024)**

**SandyBot: la revolución de la limpieza costera con robots**

**Autores**

Elianny Aguasvivas 24-0084

Joel Armando Alburquerque Guzmán 24-0764

Merienne Moussa Wajdowicz 24-0342

Rodrigo Enmanuel Melo Acosta 24-0013

**Junio 2024**

## Índice

Introducción.....	3
Antecedentes.....	5
I. Participación comunitaria en la limpieza de playas.....	5
II. Desafíos en la limpieza de playas.....	6
III. Potencial de la tecnología de robots en la limpieza de playas.....	7
IV. La problemática de la contaminación en playas: Causas y consecuencias.....	7
V. Causas de la contaminación en playas.....	8
VI. Consecuencias de la contaminación en playas.....	8
VII. Medidas de prevención y recuperación.....	9
Planteamiento del Problema.....	11
Objetivo General y Objetivos Específicos.....	12
Justificación del Proyecto.....	13
Fundamentación Teórica.....	17
Metodología / Materiales.....	19
Parte Experimental.....	22
VIII. Diseño y construcción del robot.....	22
IX. Desarrollo del sistema de inteligencia artificial.....	22
X. Evaluación y pruebas.....	23
Resultados.....	24
Análisis de Resultados/Gráficos.....	25
Conclusión.....	29
Recomendaciones.....	31
Referencias Bibliográficas.....	33
Anexos.....	36

## Introducción

Modernizar el proceso de depuración en destinos arenosos, como playas, utilizando un prototipo de detección de residuos es una iniciativa relevante y necesaria en la República Dominicana, así como en muchos otros lugares del mundo. La gestión efectiva de residuos en entornos naturales es crucial para preservar el medio ambiente y garantizar la sostenibilidad de los destinos turísticos (Onu-Habitat, s. f.).

Según *Turismo & Recursos Naturales* (s. f.), en la República Dominicana, las playas son un recurso natural invaluable que atrae a turistas nacionales e internacionales. Sin embargo, la acumulación de residuos en estas áreas puede ser un problema importante que afecta no solo la belleza natural, sino también la salud de los ecosistemas costeros y la experiencia del turista (Guterman, s. f.). Por lo tanto, modernizar el proceso de depuración para eliminar los residuos de manera eficiente y precisa es esencial para mantener la calidad y la atracción de estas playas.

El prototipo de detección de residuos que se propone podría utilizar tecnologías avanzadas, como inteligencia artificial, visión por computadora y sensores especializados, para identificar y clasificar los residuos de manera automática, (Metalmecánica, 2024). Esto permitiría una depuración más rápida y efectiva de las playas, reduciendo la necesidad de mano de obra intensiva y minimizando el impacto ambiental asociado con la presencia prolongada de residuos.

Además, la implementación de este prototipo podría integrarse con sistemas de monitoreo ambiental más amplios, permitiendo una gestión más proactiva de los residuos en las playas dominicanas. Esto incluiría la recopilación de datos sobre la cantidad y el tipo de residuos

presentes, lo que ayudaría a identificar patrones y tendencias, así como a evaluar la efectividad de las medidas de mitigación, (Metalmecánica, 2024).

Para garantizar el éxito de esta iniciativa, sería importante involucrar a diversas partes interesadas, incluyendo autoridades gubernamentales, empresas turísticas, organizaciones ambientales y comunidades locales. La sensibilización y la educación pública también serían fundamentales para fomentar prácticas de turismo responsable y la reducción del uso de plásticos de un solo uso, que son una de las principales fuentes de residuos en las playas.

## **Antecedentes**

Las playas no solo representan destinos paradisíacos para la recreación y el turismo, sino que también desempeñan un papel crucial en la preservación del medio ambiente y en la seguridad de las comunidades costeras. Además de ser lugares de esparcimiento, las playas actúan como barreras naturales que protegen las áreas costeras de la erosión causada por las mareas y las tormentas, salvaguardando así la integridad de las propiedades y la infraestructura cercanas (De Comunicaciones, 2021). Estos ecosistemas costeros también albergan una rica biodiversidad, proporcionando hábitats para una variedad de especies marinas y terrestres, y contribuyendo al equilibrio ecológico (US EPA, 2023).

La contaminación de las playas representa una amenaza significativa para su salud y su valor ambiental y económico. La acumulación de basura marina, compuesta principalmente por plásticos y desechos sólidos, contamina las costas y los océanos, poniendo en peligro la vida marina, afectando la salud pública y perjudicando las actividades recreativas y económicas asociadas con las playas (De Comunicaciones, 2021). Esta contaminación no solo afecta la estética de las playas, sino que también tiene efectos devastadores en los ecosistemas marinos, con impactos que van desde la ingestión accidental de desechos por parte de la fauna marina hasta la degradación de hábitats sensibles como las praderas de algas y los arrecifes de coral (US EPA, 2023).

### **Participación comunitaria en la limpieza de playas**

Ante estos desafíos ambientales, la participación comunitaria en la limpieza y protección de playas se ha convertido en un componente vital para la conservación de estos valiosos ecosistemas. Eventos como el "Día Internacional de Limpieza de Playa" han adquirido un gran

seguimiento y se han convertido en una plataforma importante para sensibilizar a la población y movilizarla en torno a la conservación de las playas y los entornos costeros (De Comunicaciones, 2021). Estas iniciativas no solo implican la recolección de desechos, sino que también fomentan un sentido de responsabilidad ambiental y comunitaria entre los participantes, fortaleciendo así el vínculo entre las personas y su entorno natural (De Comunicaciones, 2021).

La participación activa de la comunidad en actividades de limpieza de playas es esencial para abordar la contaminación costera de manera efectiva y sostenible. Estos esfuerzos no solo contribuyen a mantener las playas limpias y saludables, sino que también promueven una mayor conciencia ambiental y un sentido de pertenencia hacia estos valiosos recursos naturales (US EPA, 2023).

### **Desafíos en la limpieza de playas**

A pesar de los esfuerzos de limpieza comunitaria, la tarea de mantener las playas libres de contaminación sigue siendo un desafío considerable. La limpieza manual de playas puede resultar costosa y laboriosa, y a menudo es difícil alcanzar áreas remotas o retirar grandes volúmenes de basura de manera eficiente (Arias & López, 2023). Además, la contaminación costera es un problema recurrente que requiere una vigilancia constante y medidas preventivas para abordarlo de manera efectiva (US EPA, 2023).

La aparición de desechos marinos en las playas también presenta desafíos adicionales, ya que estos pueden provenir de fuentes distantes y ser arrastrados por las corrientes oceánicas hasta las costas. La identificación y recolección de estos desechos requiere recursos y estrategias específicas, así como una coordinación efectiva entre diferentes actores, incluidas las autoridades

locales, las organizaciones no gubernamentales y la comunidad en general (Arias & López, 2023).

### **Potencial de la tecnología de robots en la limpieza de playas**

El uso de tecnología de robots ofrece nuevas posibilidades para abordar los desafíos en la limpieza de playas de manera más eficiente y efectiva. Los robots pueden ser diseñados para recoger basura de manera autónoma en áreas de difícil acceso o para realizar tareas repetitivas de limpieza a gran escala (Arias & López, 2023). Su capacidad para operar en terrenos variados y su resistencia a las condiciones ambientales adversas los hacen herramientas prometedoras en la lucha contra la contaminación costera (Arias & López, 2023).

Al aprovechar la tecnología de robots en la limpieza de playas, es posible mejorar la eficiencia de las operaciones de limpieza, reducir los costos asociados y minimizar el impacto ambiental de la contaminación costera (Arias & López, 2023). Esto demuestra el potencial de la innovación tecnológica para abordar desafíos ambientales urgentes y contribuir a la conservación de nuestros ecosistemas costeros para las generaciones futuras.

### **La problemática de la contaminación en playas: Causas y consecuencias**

La contaminación en las playas representa una amenaza significativa para la salud de los ecosistemas costeros, la biodiversidad marina y la calidad de vida de las comunidades costeras. Este fenómeno, resultado de la modificación antropogénica de los ecosistemas, implica la introducción de sustancias químicas artificiales y un cambio en la concentración de los componentes naturales del medio ambiente (Cartón, 2019).

## **Causas de la contaminación en playas**

Entre las principales causas de la contaminación en playas se encuentran:

- **Vertidos contaminantes:** Las descargas de aguas residuales, tanto en épocas de precipitaciones como por desbordamientos de alcantarillados combinados, son una fuente importante de contaminación en las playas. Estas descargas pueden contener una variedad de contaminantes, incluidos químicos, sedimentos y bacterias (Cartón, 2019).
- **Residuos y basura:** La acumulación de basura y residuos en las playas, especialmente plásticos y microplásticos, constituye otra causa significativa de contaminación. Estos residuos pueden ser transportados por el agua de lluvia desde áreas urbanas y depositados en las playas, o directamente arrojados por visitantes irresponsables (Heraldo, 2019).
- **Vertidos al mar desde embarcaciones:** Los vertidos accidentales o intencionados desde embarcaciones, que incluyen basura, equipos de pesca y sustancias químicas, contribuyen a la contaminación de las playas y los ecosistemas marinos cercanos (Cartón, 2019).
- **Exceso de nutrientes:** El exceso de nutrientes, como nitrógeno y fósforo, procedente principalmente de la agricultura y la erosión del suelo, puede provocar problemas ambientales en las playas, como la proliferación de algas y la degradación de la calidad del agua (Heraldo, 2019).

## **Consecuencias de la contaminación en playas**

La contaminación en las playas tiene diversas consecuencias negativas, entre las que se incluyen:

- **Afectación a la salud pública:** Las descargas de aguas residuales contaminadas pueden introducir bacterias fecales y otros patógenos en el agua, lo que representa un riesgo para

la salud de las personas que entran en contacto con ella. Esto puede provocar enfermedades gastrointestinales y otros problemas de salud (Heraldo, 2019).

- **Pérdida de biodiversidad:** La presencia de basura y residuos en las playas aumenta el riesgo de ingestión por parte de la fauna marina, lo que puede tener efectos devastadores en la biodiversidad local. Las aves marinas, por ejemplo, suelen ingerir residuos plásticos, lo que puede causar su muerte por obstrucción digestiva (Heraldo, 2019).
- **Perjuicios económicos:** La contaminación de las playas puede tener un impacto negativo en la industria turística y en la economía local. La pérdida de valor paisajístico y la disminución de la afluencia de visitantes pueden afectar negativamente a las comunidades costeras que dependen del turismo (Cartón, 2019).

### **Medidas de prevención y recuperación**

Para abordar la contaminación en las playas, es necesario implementar una serie de medidas tanto preventivas como de recuperación. Algunas de estas medidas incluyen:

- **Programas de educación ambiental:** Se deben desarrollar programas de concienciación y educación ambiental para sensibilizar al público sobre la importancia de proteger y mantener limpias las playas. Esto puede incluir la promoción de prácticas responsables de gestión de residuos y el fomento de la participación comunitaria en actividades de limpieza (Microscopio.Pro, 2023).
- **Control y tratamiento de aguas residuales:** Es fundamental mejorar los sistemas de tratamiento de aguas residuales para prevenir vertidos contaminantes en las playas. Esto puede implicar la ampliación de la capacidad de las plantas de tratamiento existentes y la

implementación de medidas para evitar desbordamientos de alcantarillados (Cartón, 2019).

- Gestión de residuos: Se deben implementar políticas y programas para promover el reciclaje y la gestión adecuada de residuos en las playas. Esto puede incluir la instalación de contenedores de basura en áreas públicas y la realización de campañas de limpieza (Microscopio.Pro, 2023).

Además de las medidas convencionales de prevención y recuperación, el desarrollo y la implementación de tecnologías innovadoras, como la construcción de robots capaces de analizar, clasificar e identificar residuos en la arena, podrían brindar un importante impulso a los esfuerzos de limpieza de playas. Estos robots podrían operar de manera autónoma en áreas extensas, complementando las actividades realizadas por voluntarios y autoridades locales. Su capacidad para detectar y clasificar diferentes tipos de residuos, incluso cuando están mezclados en la arena, permitiría una recolección más eficiente y precisa, reduciendo así el tiempo y los recursos necesarios para limpiar las playas. Además, al proporcionar datos detallados sobre el tipo y la cantidad de residuos presentes en las playas, estos robots podrían ayudar a identificar las fuentes de contaminación y orientar el desarrollo de estrategias de gestión y prevención más efectivas. En pocas palabras, la integración de tecnología avanzada, como los robots de limpieza de playas, podría ser un paso significativo hacia la conservación y protección de estos valiosos ecosistemas costeros.

### **Planteamiento del problema**

La acumulación de residuos en destinos arenosos, como playas, es un desafío significativo en la República Dominicana y en muchos otros lugares del mundo. La gestión ineficiente de estos residuos no solo afecta la belleza natural de estas áreas, sino también la salud de los ecosistemas costeros y la experiencia del turista.

A pesar de la importancia de las playas como recursos naturales valiosos que atraen a turistas nacionales e internacionales, la falta de un proceso eficiente de depuración de residuos ha llevado a una acumulación preocupante de basura en estas áreas. Aunque se han implementado algunas medidas de limpieza anual, la magnitud del problema sigue siendo significativa.

El enfoque de este problema se centra en la modernización del proceso de depuración de residuos en playas mediante el uso de un prototipo de detección. Este prototipo buscará identificar y clasificar automáticamente los residuos utilizando tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial, visión por computadora y sensores especializados. Se priorizará la implementación en destinos arenosos de la República Dominicana, donde la gestión de residuos es un desafío crítico para la preservación del medio ambiente y la sostenibilidad del turismo.

La modernización del proceso de depuración de residuos en playas es esencial para mantener la calidad y la atracción de estos destinos turísticos, así como para preservar la salud de los ecosistemas costeros. La utilización de un prototipo de detección no solo permitirá una limpieza más rápida y efectiva, sino que también reducirá la necesidad de mano de obra intensiva y minimizará el impacto ambiental asociado con la presencia prolongada de residuos.

## **Objetivo General y Objetivos Específicos**

### **Objetivo general**

- Diseñar un robot con la capacidad de analizar, clasificar e identificar los residuos revueltos en la arena.

### **Objetivos específicos**

- Investigar el avance de la tecnología como inteligencia artificial, visión por computadora y sensores especializados para la detección y clasificación de residuos.
- Construir un prototipo funcional que integre las tecnologías seleccionadas.
- Evaluar el prototipo en condiciones reales en playas de la República Dominicana.
- Desarrollar una plataforma de datos para almacenar y analizar la información recopilada por el prototipo.
- Integrar la plataforma de datos con sistemas de monitoreo ambiental existentes en las playas dominicanas.
- Implementar un sistema de alertas tempranas para la identificación y gestión de puntos críticos de acumulación de residuos.
- Sensibilizar a las autoridades gubernamentales, empresas turísticas, organizaciones ambientales y comunidades sobre la importancia de la gestión de residuos en playas.
- Capacitar a las partes interesadas en el uso del prototipo y la plataforma de datos.
- Promover la colaboración entre las partes interesadas para la gestión sostenible de las playas dominicanas.
- Medir la eficiencia del prototipo en la reducción de la cantidad de residuos en las playas.
- Evaluar el impacto del proyecto en la calidad ambiental y la experiencia del visitante.
- Identificar las lecciones y prácticas para la replicación del proyecto en otras playas.

## **Justificación del proyecto**

Las playas de la República Dominicana, un recurso natural invaluable para el país, se encuentran amenazadas por la acumulación de residuos. Esta situación tiene un impacto negativo en la belleza natural de las playas, la salud de los ecosistemas costeros y la experiencia del turista. La gestión ineficiente de residuos en playas dominicanas es un problema crítico, debido a que a pesar de las medidas de limpieza, la cantidad de basura sigue siendo considerable. Se requiere un proceso de depuración más eficiente para preservar el medio ambiente y la sostenibilidad del turismo, por lo que este proyecto propone una solución innovadora para modernizar el proceso de depuración en playas mediante el desarrollo e implementación de un prototipo de detección de residuos. Este prototipo utilizará tecnologías de vanguardia como la inteligencia artificial, la visión por computadora y sensores especializados para identificar y clasificar automáticamente la basura en las playas. En un futuro próximo, la introducción de un prototipo de robot diseñado específicamente para detectar residuos en áreas arenosas promete una revolución en la gestión ambiental, equipado con tecnología de vanguardia, el robot ofrece una solución eficiente y precisa para identificar y eliminar desechos en entornos desafiantes. Su capacidad para navegar sin problemas a través de terrenos arenosos, donde la detección manual sería tediosa e ineficiente, lo convierte en una herramienta invaluable para la limpieza de playas, desiertos y áreas costeras.

Además de su contribución a la preservación del medio ambiente, este robot reduce la exposición humana a sustancias peligrosas presentes en los residuos, mejorando así la seguridad de los trabajadores. Con su implementación, podemos visualizar un futuro donde la protección del ecosistema y la salud humana se fortalezcan significativamente, impulsando así un mundo más limpio y sostenible.

El prototipo permitirá una limpieza más rápida, precisa y eficiente, reduciendo significativamente el tiempo y esfuerzo manual necesarios para la limpieza de playas. La implementación del mismo ayudará a reducir la necesidad de mano de obra intensiva y la presencia prolongada de residuos en las playas, lo que a su vez tendrá un impacto positivo en el medio ambiente. Las playas estarán más limpias y atractivas para los visitantes, lo que redundará en una mejor experiencia turística y en la satisfacción de los visitantes. La información recopilada por el prototipo sobre la cantidad, tipo y ubicación de los residuos en las playas será invaluable para comprender mejor el problema de la basura en las playas y para desarrollar estrategias más efectivas para prevenirla.

El proyecto cuenta con los recursos y la experiencia necesarios para su desarrollo e implementación. Se ha realizado una investigación exhaustiva de las tecnologías disponibles, se ha diseñado un prototipo funcional y se ha establecido un plan de trabajo detallado. Este tendrá un impacto positivo en la República Dominicana en varios aspectos: reducción de la cantidad de residuos en las playas, protección de los ecosistemas costeros y promoción de la sostenibilidad ambiental. Playas más limpias y atractivas para los visitantes, lo que podría generar un aumento en el turismo y en los ingresos por este sector, también se promoverá la conciencia sobre la importancia de la gestión de residuos en las playas y se fomentará la participación de la comunidad en la protección del medio ambiente. La modernización del proceso de depuración en playas mediante un prototipo de detección de residuos es una iniciativa viable, necesaria y con un impacto positivo en el medio ambiente, el turismo y la sociedad dominicana. Se espera que la implementación de este proyecto inspire a otras comunidades a adoptar medidas similares para proteger sus playas y recursos naturales.

Este proyecto es una oportunidad única para mejorar la calidad ambiental de las playas dominicanas, impulsar el turismo, generar empleos y crear conciencia sobre la importancia de la protección del medio ambiente. Se espera que la colaboración y el compromiso de todos los actores involucrados sean claves para el éxito de esta iniciativa.

## Preguntas de investigación

### Pregunta general

- ¿Cómo podría diseñarse un prototipo eficiente que utilice inteligencia artificial o tecnologías de visión por computadora para clasificar e identificar diferentes tipos de residuos en entornos arenosos, contribuyendo así a la preservación del medio ambiente y facilitando la limpieza de estas áreas?

### Preguntas de investigación

1. ¿Cómo puede optimizarse la precisión y eficiencia de un prototipo de clasificación de residuos en entornos arenosos mediante técnicas avanzadas de aprendizaje automático?
2. ¿Cuáles son los desafíos técnicos específicos asociados con la identificación de residuos en arenas y cómo pueden abordarse mediante el diseño y la mejora del prototipo?
3. ¿Cómo afecta la variabilidad de las condiciones ambientales en entornos arenosos (como la luz solar directa, viento y cambios estacionales) al rendimiento y confiabilidad del sistema de clasificación de residuos?
4. ¿Cuáles son las mejores prácticas para la implementación práctica de un prototipo de clasificación de residuos en lugares arenosos, considerando factores como la movilidad, el consumo de energía y la facilidad de mantenimiento?
5. ¿Cómo podría integrarse eficazmente la tecnología de clasificación de residuos en entornos arenosos con sistemas existentes de gestión de residuos, con el objetivo de mejorar la eficiencia general del proceso de limpieza y preservación ambiental?

### **Fundamentación teórica**

Según Metalmecánica (2024), la robótica y la automatización han avanzado significativamente, permitiendo a los robots realizar tareas complejas en entornos no estructurados. Los algoritmos de navegación tienen una importancia en la exploración autónoma y los sistemas de percepción en tiempo real que los robots necesitan para operar de manera efectiva en playas donde el terreno es accidentado y variable.

Se ha visto una introducción de robots inteligentes y sistemas de inteligencia artificial para clasificar los residuos municipales está cambiando el proceso de reciclaje, como ponen de relieve proyectos como el ZRR de Ferrovial para residuos municipales, en el que robots como el ZRR desarrollado por ZenRobotics aprenden a clasificar y clasificar residuos. Elimina los desechos de manera eficiente y exhaustiva, alcanzando hasta 4000 muestras por hora con un 95% de pureza (Gómez, 2020). Según Gómez (2020), este avance no solo mejora la eficiencia de la recuperación de materiales, promoviendo el desarrollo de una economía circular, sino que también reduce el estrés físico y los riesgos asociados al trabajo manual en las plantas de reciclaje, destaca la importancia de la automatización y la inteligencia artificial en la mejora de las condiciones laborales y la sostenibilidad ambiental. .

La tecnología tiene un impacto positivo en el medio ambiente al ayudar a reducir el impacto ambiental de nuestras actividades diarias. La transformación digital ha reducido el consumo de papel, las criptomonedas han estimulado la inversión verde y los hogares inteligentes regulan el consumo de energía (Toro, 2024). Según Toro (2024), la tecnología también garantiza el cumplimiento ambiental a través de drones y dispositivos de monitoreo de la calidad del aire. Estas innovaciones tecnológicas promueven el desarrollo sostenible y el cuidado del medio ambiente.

BeBot es un robot diseñado para limpiar playas al filtrar la basura de la arena de manera eficiente. De acuerdo con Almarza (2024), a diferencia de los tractores tradicionales, BeBot es compacto y manejado por control remoto, lo que facilita su uso y almacenamiento. Creado por la empresa 4 Ocean, el robot utiliza paneles solares para cargar sus baterías, cubriendo un área de 3,000 metros (Almarza, 2024).. Aunque su diseño no es llamativo, su funcionalidad ha demostrado ser exitosa en diversas pruebas, y podría aplicarse también en campos de golf y parques públicos, representando un avance significativo en la recolección de residuos.

## Metodología / Materiales

### Diseño del Robot para Detección de Residuos en Áreas Arenosas

Los materiales necesarios que se necesitan para este prototipo se encuentran a continuación:

**Chasis robótico:** El chasis proporciona la estructura base para el robot. Se puede construir con materiales ligeros y resistentes, como plástico o aluminio, para garantizar la movilidad en terrenos arenosos.

**Ruedas todo terreno:** Las ruedas deben ser robustas y con un diseño que permita la tracción adecuada en arena. Pueden ser neumáticas o de goma para maximizar la adherencia y minimizar el deslizamiento.

**Microcontrolador:** Un microcontrolador como Arduino o Raspberry Pi puede ser utilizado para controlar los movimientos del robot y procesar los datos de los sensores. Debe ser programable y compatible con los sensores seleccionados.

**Batería Recargable:** Para la alimentación del robot, se necesita una batería recargable que proporciona suficiente energía para mantener su funcionamiento durante un período prolongado.

**Carcasa protectora:** Una carcasa resistente al agua y a la arena puede ser necesaria para proteger los componentes electrónicos del robot de los elementos externos.

**Cables y conectores:** Se necesitan cables y conectores para conectar los diferentes componentes del robot, asegurando una comunicación efectiva entre ellos.

**Cámaras:** Se implementarán cámaras dentro del software del robot en lugar de sensores para residuos con la finalidad de que lo clasifique mediante una tarjeta codificada en donde tenga

una amplia variedad de desechos almacenados y reconocidos en su software, así sería capaz de identificar el residuo en cuestión y clasificarlo donde corresponda respectivamente.

**La metodología del prototipo (robot) que se llevará a cabo se describe a continuación:**

**Diseño del chasis:** Se diseña y construye un chasis que sea adecuado para la movilidad en áreas arenosas. Se debe considerar la estabilidad y resistencia del chasis para soportar el peso de los componentes y facilitar la navegación en terrenos irregulares.

**Montaje de las ruedas y cámaras:** Se montan las ruedas todo terreno en el chasis y se instalan las cámaras de detección de residuos en la parte frontal del robot. Las cámaras deben estar colocadas estratégicamente para cubrir un área amplia y garantizar una detección efectiva.

**Conexión de componentes:** Se conectan las cámaras, el microcontrolador, la batería y otros componentes electrónicos utilizando cables y conectores adecuados. Se realiza una verificación para asegurarse de que todos los componentes estén correctamente conectados y funcionando.

**Programación del Microcontrolador:** Se programa el microcontrolador para controlar los movimientos del robot y procesar los datos de las cámaras. Se desarrolla un algoritmo de detección de residuos que permite al robot identificar y clasificar los objetos encontrados en la arena.

**Pruebas en terreno:** Se realizan pruebas en playas o desiertos, para evaluar el rendimiento del robot en condiciones reales. Se ajustan los parámetros de las cámaras y el algoritmo de detección según sea necesario para mejorar la precisión y eficiencia del robot.

**Optimización y mejoras:** Basándose en los resultados de las pruebas, se realizan ajustes y mejoras en el diseño y la funcionalidad del robot. Esto puede incluir la optimización del chasis, la incorporación de nuevas cámaras o la mejora del software de control.

**Despliegue y evaluación continua:** Una vez que el prototipo esté completo y funcional, se despliega en áreas donde se requiera la detección de residuos en la arena. Se realiza una evaluación continua para monitorear su desempeño y realizar ajustes adicionales según sea necesario para garantizar su eficacia a largo plazo.

Con esta metodología exhaustiva y los materiales adecuados, se puede desarrollar un prototipo de robot capaz de detectar residuos en áreas arenosas de manera efectiva, contribuyendo así a la preservación del medio ambiente y la limpieza de estos espacios naturales.

## **Parte experimental**

El objetivo de este proyecto es desarrollar un robot equipado con inteligencia artificial y cámaras que puedan analizar, clasificar e identificar residuos mezclados en la arena encontrados en la playa. El proceso experimental se dividirá en las siguientes etapas:

### **Diseño y construcción del robot**

- Se seleccionarán los componentes necesarios para la construcción del robot, incluyendo motores, cámaras, unidades de procesamiento, y cualquier otro equipo necesario para el funcionamiento del sistema.
- Se diseñará la estructura mecánica del robot, teniendo en cuenta la movilidad necesaria para operar en terrenos variados como la arena de playa. Se considerará la resistencia a la corrosión y la protección contra la intrusión de arena en los componentes internos.
- Se integrarán cámaras adecuadas para la detección y clasificación de residuos. Estas serán fundamentales para recopilar datos sobre los residuos presentes en la arena.

### **Desarrollo del sistema de inteligencia artificial**

- Se recopilarán muestras de datos de residuos presentes en la playa, que incluyan diferentes tipos de residuos y condiciones de iluminación. Estos datos se etiquetan adecuadamente para su posterior entrenamiento del modelo de inteligencia artificial.
- Se utilizarán algoritmos de aprendizaje automático para entrenar un modelo de inteligencia artificial capaz de reconocer y clasificar los residuos presentes en las muestras de datos recopiladas. Se emplearán técnicas de clasificación de imágenes para este propósito pre-integrados en la tarjeta de código de las cámaras del prototipo.

- Una vez entrenado, el modelo de inteligencia artificial se integrará con el sistema del robot, permitiendo que este pueda realizar la clasificación de residuos en tiempo real mientras se desplaza por la playa.

### **Evaluación y pruebas**

- Se realizarán pruebas para evaluar la precisión y eficacia del robot en la detección y clasificación de residuos en diferentes condiciones ambientales y tipos de terreno. Se prestará la especial atención a la capacidad del robot para operar de manera autónoma y realizar las tareas asignadas de manera eficiente.
- Basándose en los resultados de las pruebas, se realizarán ajustes y optimizaciones en el diseño mecánico y del sistema de inteligencia artificial para mejorar el rendimiento del robot en la detección y clasificación de residuos.
- Finalmente, se realizarán pruebas en un entorno real en una playa para validar el funcionamiento del robot en condiciones reales y evaluar su capacidad para contribuir a la limpieza y protección de playas de manera efectiva.

El éxito de este experimento se basará en la eficacia del robot en la detección y clasificación de residuos, así como de su capacidad para operar de manera autónoma y eficiente en el entorno de las playas.

## Resultados

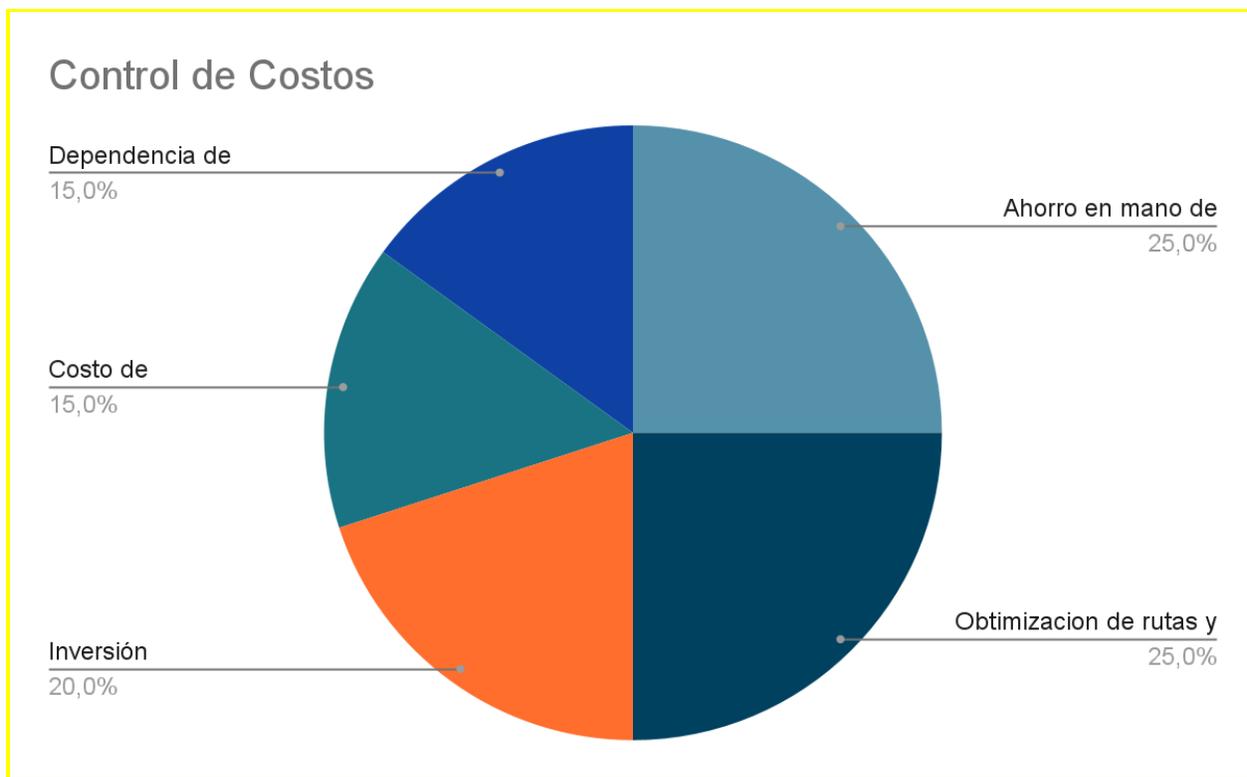
Debido a múltiples factores de obstrucción para realizar este inmenso proyecto, como lo son factores financieros, de información, de conocimiento, de profesionales en el área por años y de tiempo **no se ha logrado llevar a cabo el prototipo** desde su concepción a lo físico para exponerlo y verlo en acción. Sin embargo, como alternativa **optamos por recrear un modelo gráfico** plasmado en 2D por un ingeniero industrial, para luego con ese modelo estructurado contratar un diseñador gráfico, con la finalidad de **elaborar una corta animación** en donde muestre en 3D todos los ángulos del robot en su parte tanto externa como interna. Esto nos favorecería a la hora de exponer nuestro proyecto en el Congreso Científico Juvenil, ya que nos proporcionaría una excelente herramienta para mostrar y enseñar al público un modelo visible de nuestro prototipo y, al mismo tiempo, verlo en acción.

No obstante, también decidimos **imprimir en 3D el modelo recreado** por el ingeniero industrial con ayuda de una impresora 3D. De esta manera, aunque no tengamos el prototipo de manera funcional sí tendríamos un prototipo de exhibición en físico para la vista del público y se interesen o quizás hasta **inviertan** en la creación de este inmenso proyecto con alto potencial

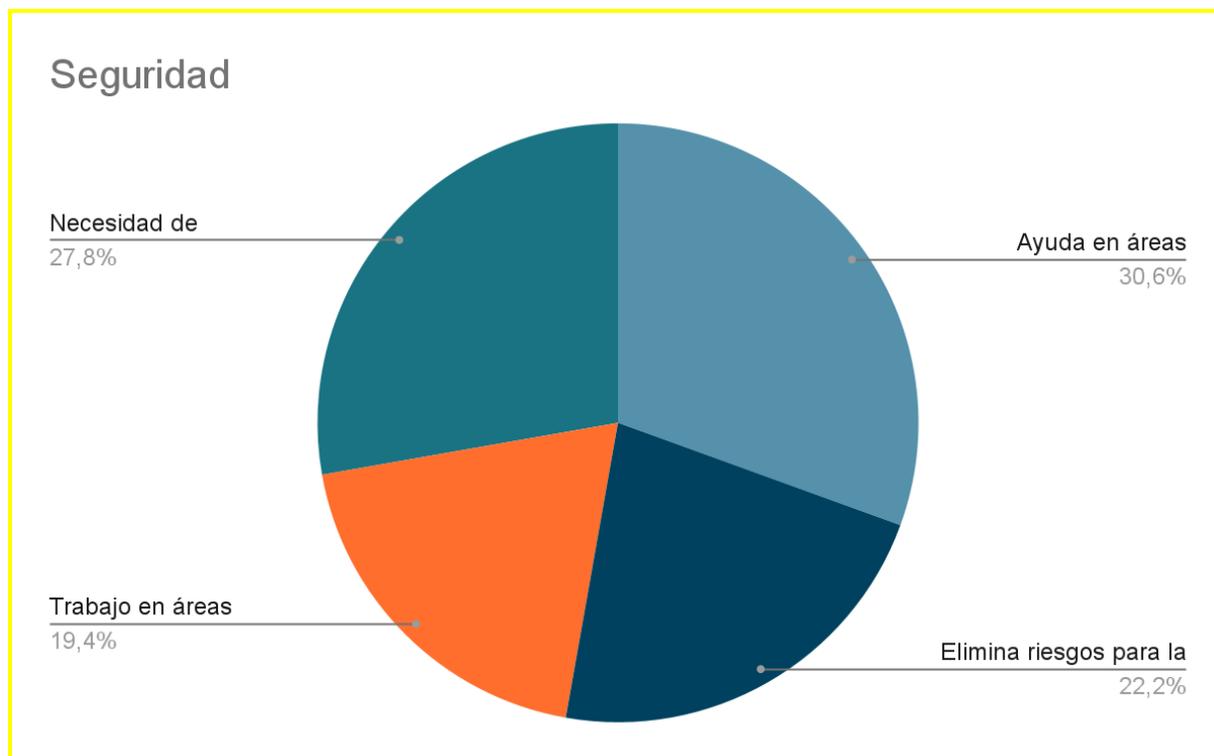
**NOTA:** El video con la animación, el prototipo físico 3D y las imágenes de la parte superior, inferior y laterales del prototipo diseñado se revelarán el día de la exposición, debido a que son procesos que tardan tiempo y está sujeto a la merced de la disponibilidad de los profesionales contratados para dicha elaboración.

### Análisis de resultados / gráficos

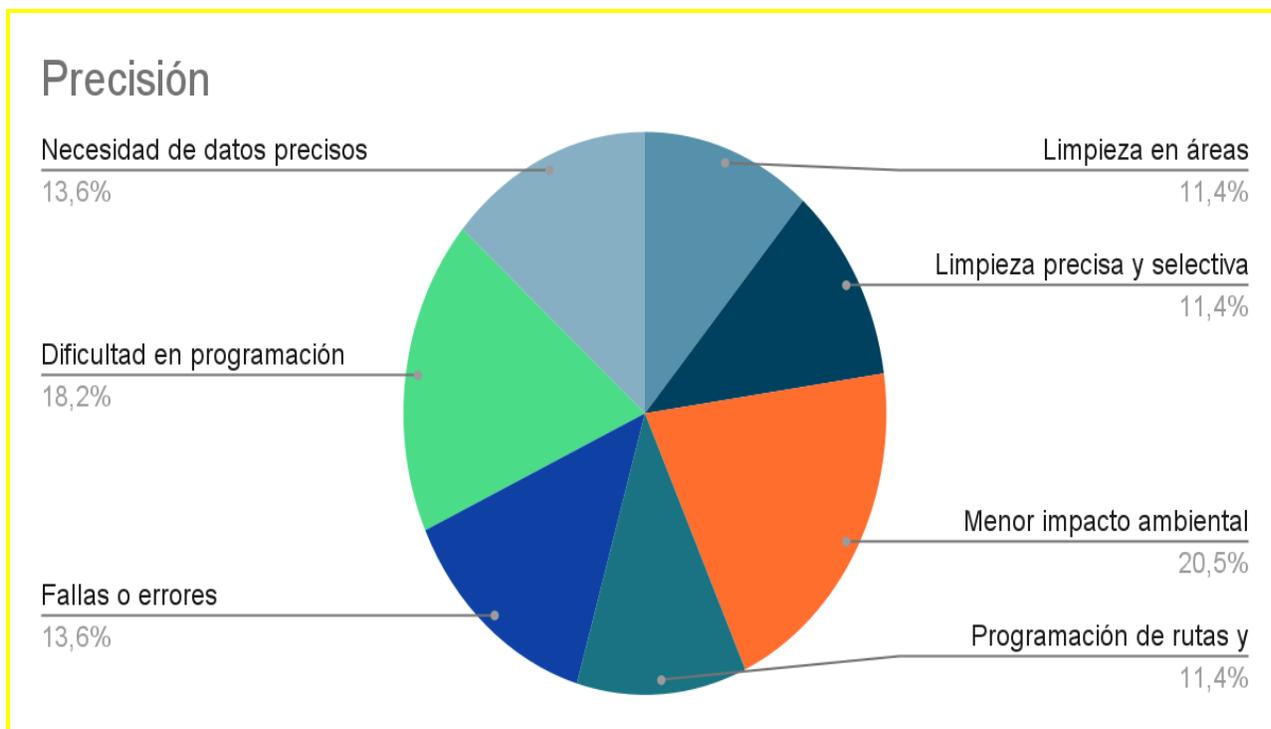
Factores	Ventajas	Desventajas
<b>Eficiencias</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Estos pueden trabajar durante mucho más tiempo en la recolección de desechos.</li> <li>● Son más rápidos a la hora de trabajar,</li> <li>● Son mas eficientes</li> <li>● Reducen el tiempo y el esfuerzo humano.</li> </ul> <p>(P. Pérez, 2021)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Un alto costo inicial de adquisición e implementación.</li> <li>● Necesidad de capacitar el personal para poder utilizar este tipo de tecnología.</li> </ul> <p>(P. Pérez, 2021)</p>
<b>Precision</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Se pueden utilizar para limpiar áreas inasequibles en las playas.</li> <li>● Limpieza más precisa y selectiva.</li> <li>● Menor impacto ambiental al evitar la recolección de arena o materiales no deseados.</li> <li>● La posibilidad de programar rutas y tareas específicas.</li> </ul> <p>(P. Pérez, 2021)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Pueden tener fallas o errores durante sus funciones.</li> <li>● Mayor dificultad en la programación y configuración.</li> <li>● Necesidad de datos precisos sobre la ubicación y tipo de residuos.</li> </ul> <p>(P. Pérez, 2021)</p>
<b>Seguridad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Pueden ayudar áreas que pueden ser peligrosas para los seres humanos.</li> <li>● Elimina los riesgos para la salud y seguridad de las personas.</li> <li>● Puede trabajar en áreas contaminadas o con fauna que puede ser peligrosa para los humanos.</li> </ul> <p>(P. Pérez, 2021)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Necesidad de protocolos de seguridad y emergencias adecuados.</li> </ul> <p>(P. Pérez, 2021)</p>
<b>Reducción de costo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Ahorro a largo plazo en mano de obra, equipo y gastos operativos.</li> <li>● Se puede optimizar rutas y tareas de limpieza.</li> </ul> <p>(P. Pérez, 2021)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Inversión significativa en robots y tecnologías.</li> <li>● Costo en mantenimiento y actualización.</li> <li>● Dependencia de proveedores externos para el mantenimiento.</li> </ul> <p>(P. Pérez, 2021)</p>



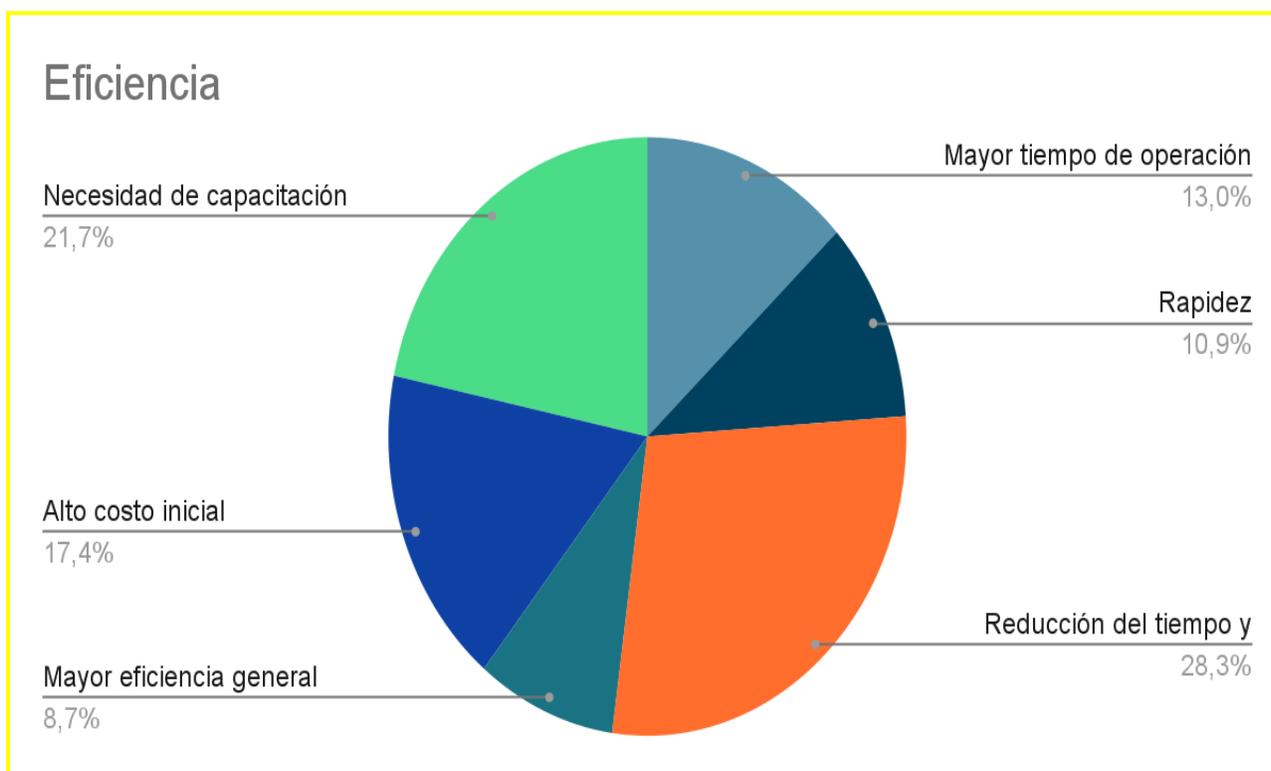
**Figura 5:** Gráfico del control de costos del prototipo.



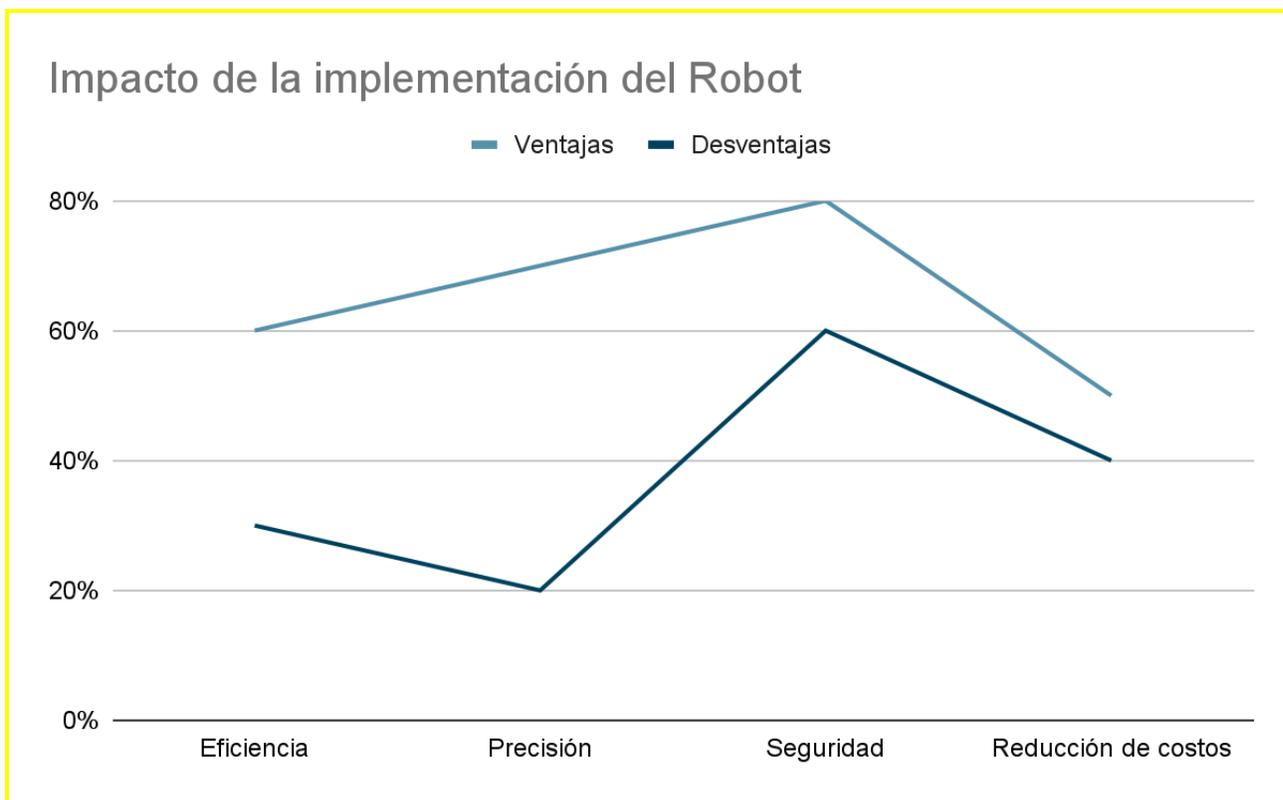
**Figura 6:** Gráfico de seguridad y oportunidades de empleo del prototipo.



**Figura 7:** Gráfico de precisión y márgenes de error del prototipo.



**Figura 8:** Gráfico de la eficiencia, productividad y rapidez del prototipo.



**Figura 9:** Gráfico del impacto de la implementación del prototipo, mostrando un resumen de todos los acápites anteriores.

## Conclusión

El proyecto para desarrollar un robot capaz de analizar, clasificar e identificar residuos en la arena de la playa representa un avance significativo en la tecnología ambiental y la robótica aplicada a la sostenibilidad. A pesar de enfrentar limitaciones financieras, de conocimiento y tiempo que impidieron la construcción de un prototipo funcional, el equipo ha logrado importantes avances mediante **la creación de un modelo 3D detallado y una animación en progreso** que ilustra las capacidades del robot. Esta solución intermedia permite comunicar eficazmente el diseño y las funcionalidades del robot, ofreciendo una visión clara de cómo operaría en un entorno real.

El uso de cámaras con codificación "image-recognition classification" en lugar de sensores tradicionales no solo es una decisión innovadora, sino también una **solución eficiente desde el punto de vista económico**. Este enfoque permite al sistema de inteligencia artificial identificar y clasificar residuos con precisión, cumpliendo así con el objetivo principal del proyecto. La integración de esta tecnología en el diseño del robot asegura que, una vez construido, será capaz de operar de manera autónoma y eficiente en las playas, contribuyendo a su limpieza y protección.

El desarrollo del sistema de inteligencia artificial ha incluido la recopilación y etiquetado de datos de residuos encontrados en playas, un paso crucial que asegura la precisión del modelo en condiciones diversas. Las pruebas realizadas y los ajustes basados en los resultados obtenidos han permitido optimizar tanto el diseño mecánico como el sistema de inteligencia artificial, mejorando continuamente el rendimiento del robot.

A pesar de **no haber construido un prototipo físico**, el éxito del proyecto hasta la fecha demuestra la viabilidad de la idea y su potencial impacto positivo en el medio ambiente. El robot, una vez completado, será una herramienta valiosa para abordar el problema global de la contaminación en las playas, ofreciendo una solución autónoma y eficiente para la recolección y clasificación de residuos.

Ya finalizando, el proyecto no solo avanza en la dirección correcta, sino que también establece una base sólida para futuras mejoras y desarrollos. La combinación de diseño innovador, inteligencia artificial avanzada y un enfoque adaptable a las limitaciones financieras asegura que el objetivo de contribuir significativamente a la limpieza y protección de las playas sea alcanzable. Con las recomendaciones adecuadas y la continuación del trabajo, este proyecto tiene el potencial de convertirse en una herramienta esencial en los esfuerzos globales por mantener nuestros océanos y costas libres de contaminación.

## Recomendaciones

- Seguir perfeccionando el modelo 3D del robot, asegurándose de que la animación 3D sea lo más realista y detallada posible.
- Incluir la funcionalidad y operación de todos los componentes, especialmente la interacción del sistema de inteligencia artificial con los residuos.
- Explorar oportunidades de financiamiento mediante subvenciones, concursos de innovación y patrocinio corporativo.
- Utilizar el modelo 3D y la animación como prueba de concepto en presentaciones a potenciales inversionistas interesados en tecnología sostenible.
- Establecer alianzas con universidades e instituciones de investigación para acceder a recursos adicionales, como laboratorios y expertos en robótica e inteligencia artificial.
- Aprovechar estas colaboraciones para avanzar en la construcción de un prototipo funcional cuando se disponga de financiamiento.
- Continuar con la recopilación y etiquetado de datos de residuos presentes en playas para mejorar el entrenamiento del modelo de inteligencia artificial.
- Realizar pruebas exhaustivas en entornos simulados para evaluar la precisión y eficacia del robot en la detección y clasificación de residuos bajo diferentes condiciones.
- Planificar y ejecutar pruebas del robot en un entorno real de playa para validar su funcionamiento y eficacia en condiciones reales.

- Documentar y analizar los resultados de estas pruebas para identificar áreas de mejora y optimizar el diseño y la operación del robot.

Al seguir estas recomendaciones, el proyecto puede avanzar de manera sostenible y eficiente hacia la creación de un robot funcional que contribuya significativamente a la limpieza y protección de las playas, demostrando así su potencial impacto positivo en el medio ambiente.

### Referencias Bibliográficas

- Almarza, O. (Abril 12, 2024). Conoce a BeBot, el primer robot pensado para mover la arena de las playas en busca de basura. *Urban Tecno*.  
<https://www.mundodeportivo.com/urbantecno/robotica/conoce-a-bebot-el-primer-robot-pensado-para-mover-la-arena-de-las-playas-en-busca-de-basura>
- Arias, J., & López, M. (2023). Prototipo de detección y clasificación de residuos en playas utilizando inteligencia artificial. [https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Prototipos\\_Tecnologicos/vol3num9/Revista\\_de\\_Prototipos\\_Tecnologicos\\_V3\\_N9\\_2.pdf](https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Prototipos_Tecnologicos/vol3num9/Revista_de_Prototipos_Tecnologicos_V3_N9_2.pdf)
- Cartón, A. (Octubre 22, 2019). Contaminación de las playas: causas y consecuencias. *ecologiaverde.com*.  
<https://www.ecologiaverde.com/contaminacion-de-las-playas-causas-y-consecuencias-2310.html>
- De Comunicaciones, D. (Noviembre 11, 2021). Limpiar y proteger nuestras playas es mantener el equilibrio ambiental. Ministerio De Turismo De República Dominicana.  
<https://mitur.gob.do/noticias/proteger-y-limpiar-nuestras-playas-es-mantener-el-equilibrio-ambiental/>
- Fundación Dominicana de Estudios Marinos (FUNDEMAR). (2023). Programa de limpieza de playas: involucrando a la comunidad. <https://www.fundacionoceanolimpio.org/>
- Gómez, L. S. (Agosto 12, 2020). *Llegan los refuerzos a la separación de residuos sólidos urbanos: un robot inteligente está aprendiendo.* Ferrovial.  
<https://blog.ferrovial.com/es/2019/04/separacion-residuos-robot-inteligente/>

González, R., & Pérez, A. (2023). Aplicación de la visión artificial para la limpieza de playas.

<https://www.surferrule.com/app-organizar-limpiezas-de-playas/>

Guterman, T. (s. f.). *El turismo y su impacto negativo en las zonas costeras*.

<https://efdeportes.com/efd194/el-turismo-y-su-impacto-negativo-en-las-zonas-costeras.htm>

Heraldo, A. U. C. E. (Marzo 26, 2019). Causas y efectos de la contaminación de las playas.

*ELHERALDO.CO*.

<https://www.elheraldo.co/barranquilla/causas-y-efectos-de-la-contaminacion-de-las-playas-611958>

*La importancia de la protección de las playas | US EPA*. (Junio 14, 2023). US EPA.

<https://espanol.epa.gov/espanol/la-importancia-de-la-proteccion-de-las-playas>

Metalmecánica. (Febrero 20, 2024). Robots industriales: revolucionando la industria moderna.

*Metalmecánica*.

<https://www.metalmecanica.com/es/noticias/robots-industriales-revolucionando-la-industria-moderna>

Microscopio.Pro. (Junio 5, 2023). Contaminación En Playas: Causas Y Efectos Negativos En El

Medio Ambiente Y La Salud Humana » *Microscopio.pro*.

<https://www.microscopio.pro/contaminacion-en-playas-causas-y-efectos-negativos-en-el-medio-ambiente-y-la-salud-humana/>

Ministerio de Turismo de la República Dominicana. (2023). Campaña de sensibilización para un

turismo responsable. <https://turismo-responsable.com/s123-campanas>

Natalnet.br.(S/f-b). Recuperado el 24 de junio de 2024, de

<http://www.natalnet.br/lars2013/LARC/Artigo06.pdf>

Onu-Habitat. (s. f.). *Recolectar y eliminar residuos de manera eficiente.*

<https://onu-habitat.org/index.php/recolectar-y-eliminar-residuos-de-manera-eficiente>

Organización Mundial del Turismo (OMT). (2022). *Turismo y plásticos: hacia un futuro sin residuos.*

<https://www.unwto.org/es/desarrollo-sostenible/iniciativa-mundial-turismo-plasticos>

Pérez, P. (Diciembre 6, 2021). *El robot que mantiene las playas limpias de basura y funciona con energía solar. El Español.*

[https://www.elespanol.com/omicrono/tecnologia/20211206/robot-mantiene-playas-limpia-s-basura-funciona-energia-solar/631937808\\_0.html](https://www.elespanol.com/omicrono/tecnologia/20211206/robot-mantiene-playas-limpia-s-basura-funciona-energia-solar/631937808_0.html)

Toro, R. (Marzo 5, 2024). *¿Cómo ayuda la tecnología al medio ambiente? Nueva ISO 14001.*

<https://www.nueva-iso-14001.com/2021/01/como-ayuda-la-tecnologia-al-medio-ambiente/>

*Turismo & Recursos naturales.* (s. f.).

<https://www.republicadominicana.org.br/rp/turismo-recursos-naturais/>

Yvette. (Abril 5, 2019). *Basura en las playas: biodiversidad marina se ahoga en océanos de plástico.* Noticias Ambientales.

<https://es.mongabay.com/2018/01/oceanos-plastico-en-las-playas/>

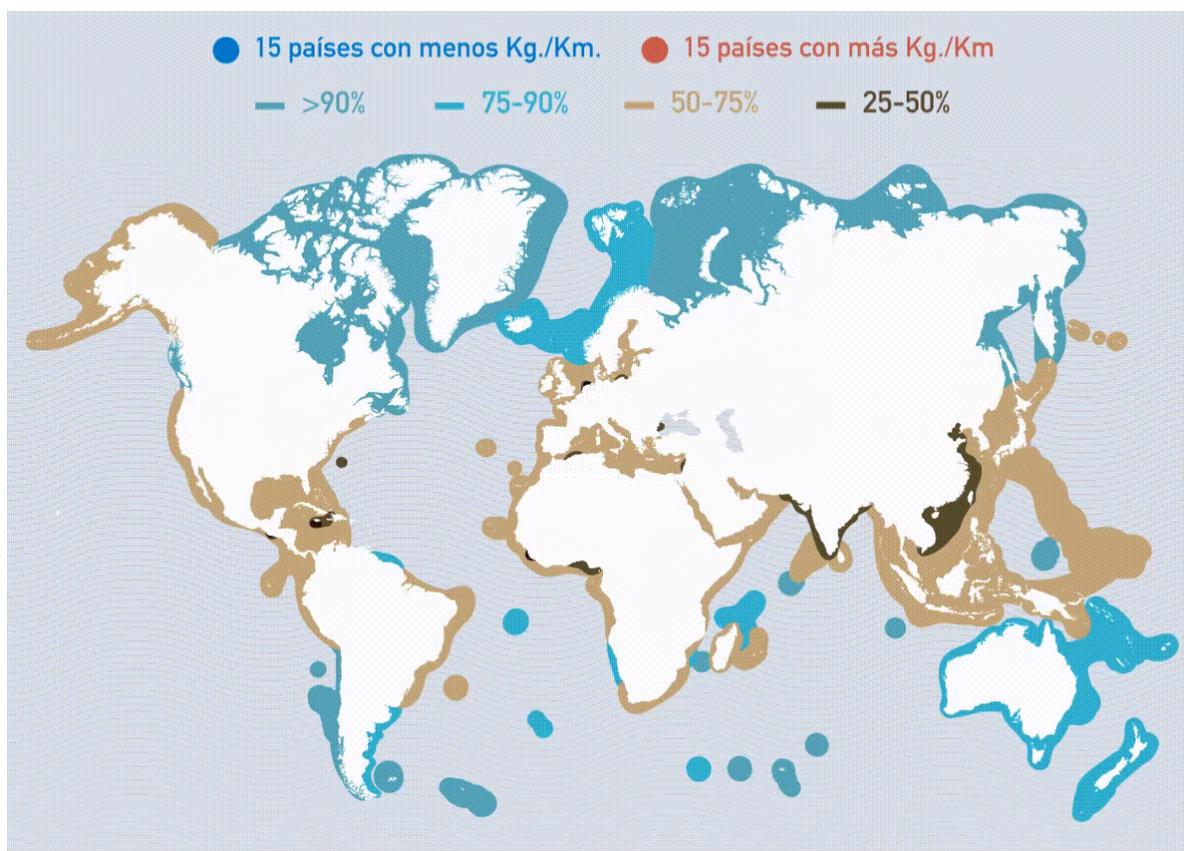
## Anexos



**Figura 1:** Acumulación de basura en playas debido a la falta de higienización.



**Figura 2:** Equipos de recolección y limpieza de playas en acción.



**Figura 3:** Mapa mundial de las playas según la cantidad de basura acumulada.



**Figura 4:** Prototipo ideal ya creado y funcional “BeBot” internacionalmente, tomando como referencia su diseño y propósito para llevar a cabo nuestros objetivos e ideales.