

**UNIVERSIDAD EAN**  
**FACULTAD DE INGENIERIA, INGENIERÍA MECATRÓNICA**

VERDE INTELIGENTE: PROTOTIPO DE BANDA TRANSPORTADORA CAPAZ DE  
SEPARAR RESIDUOS (APROVECHABLES Y NO APROVECHABLES) CON  
INTELIGENCIA ARTIFICIAL

**AUTORES**

**RUBER ANDREW MURA MONTERO**

**MATEO MENDOZA VERA**

**NICOLAS SÁNCHEZ VARGAS**

**DIRECTOR**

**JOHN JAIRO PORRAS VEGA**

Bogotá D.C., 2024

	2
Resumen.....	4
Abstract.....	5
Introducción .....	6
Problema .....	7
Objetivos.....	8
Objetivo General.....	8
Objetivos Específicos.....	8
Justificación .....	9
Análisis de Requerimientos .....	11
Intención del producto. ....	11
Verificación de parámetros de diseño .....	12
Marco Teórico .....	14
Marco Metodológico.....	30
Enfoque. ....	30
Variables.....	30
Diseño Metodológico .....	33
Población.....	33
Muestra. ....	33
Instrumentos de Recolección de Datos. ....	33
Métodos de Recolección. ....	34
Cronograma.....	36
Presupuesto: .....	36
Impacto ambiental:.....	38
Análisis de Datos .....	40

Porcentaje de Asertividad. ....	40
Comparación de tiempo de procesamiento. ....	42
Consumo de CPU.....	43
Análisis de Resultados .....	44
Discusión.....	46
Conclusiones .....	48
Referencias.....	49

## Resumen

El informe resalta el problema de la gestión inadecuada de residuos debido a la falta de cultura social para la separación desde la fuente. Propone una solución innovadora que implica una banda transportadora equipada con inteligencia artificial para clasificar automáticamente residuos reciclables y no reciclables. Los objetivos incluyen diseñar un prototipo e implementar algoritmos de inteligencia artificial (IA).

Se aprovecha el potencial de la IA para abordar desafíos ambientales y promover prácticas sostenibles. Para el desarrollo de la investigación se abarcan conceptos como la inteligencia artificial, modelado asistido por computadoras (CAD), sistemas embebidos, electrónica digital y programación informática.

**Palabras Clave:** Gestión de residuos, conciencia ambiental, banda transportadora, inteligencia artificial, clasificación automática, desechos orgánicos, aprovechables, no Aprovechables y no reciclables reciclaje, sostenibilidad.

### **Abstract**

The report highlights the problem of inadequate waste management due to the lack of a social culture for source separation. It proposes an innovative solution involving a conveyor belt equipped with artificial intelligence to automatically classify recyclable, and non-recyclable waste. The objectives include designing a prototype and implementing artificial intelligence (AI) algorithms.

The potential of AI is harnessed to address environmental challenges and promote sustainable practices. The research development encompasses concepts such as artificial intelligence, computer-aided design (CAD), embedded systems, digital electronics, and computer programming.

**Key Words:** Waste management, Environmental awareness, Conveyor belt, Artificial intelligence, Automatic classification, Organic waste, Recyclables, Non-recyclables, Recycling, Sustainability.

## Introducción

La falta de reciclaje por parte de las personas se ha convertido en una problemática urgente en nuestra sociedad contemporánea; a pesar de los esfuerzos por concienciar sobre la importancia de la gestión adecuada de residuos, muchos continúan sin adoptar prácticas responsables de disposición de desechos (UNHCR ACNUR, 2024). Esta situación no solo afecta al medio ambiente, sino que también dificulta la posibilidad de reciclar y reutilizar recursos valiosos (OPS, Contaminación del aire ambiental exterior y en la vivienda: preguntas frecuentes, 2024).

En respuesta a este desafío, surge el proyecto Verde Inteligente que consiste en la creación del prototipo de una banda transportadora equipada con inteligencia artificial capaz de clasificar los residuos de manera automática. Este avance agiliza el proceso de separación y promueve un cambio de actitud hacia la gestión de residuos, facilitando el camino hacia un futuro más sostenible. Al trabajar con las nuevas tecnologías, el proyecto Verde Inteligente vela por el bienestar del medio ambiente al mejorar la eficiencia operativa en el manejo de residuos, maximizar la cantidad de materiales reciclables recuperados y reducir la contaminación al disminuir la cantidad de residuos que terminan en vertederos o se acumulan en entornos naturales.

## Problema

En la sociedad actual, la falta de conciencia sobre la correcta gestión de residuos representa un desafío significativo (Nestle, importancia del reciclaje en la actualidad, 2024). La disposición inadecuada de desechos no solo contamina el medio ambiente, sino que también dificulta su reciclaje y reutilización posterior. Es fundamental adoptar un enfoque que genere conciencia sobre la importancia de reducir, reutilizar y reciclar, para promover así un cambio de actitud hacia prácticas más sostenibles y responsables con el medio ambiente.

El creciente problema de los residuos plásticos genera un impacto ambiental que, además de tener repercusiones económicas, plantea una problemática ambiental debido a que son materiales que pueden tardar siglos en descomponerse y degradarse de forma natural. De igual manera, la incineración de residuos plásticos se considera una forma de eliminación de estos desechos; pero, por otro lado, sus componentes orgánicos quedarían desahuciados, dejando paso a la producción de CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O y gases nocivos. Por esto, el reciclaje adecuado es un método que busca proteger el ecosistema y, adicionalmente, genera recursos para su uso potencial en nuevos productos (Chanda, 2021).

¿Cómo se puede optimizar el proceso de clasificación de desechos orgánicos, aprovechables y no aprovechables, a través de las tecnologías de la información, incluyendo sensores, modelado 3D e inteligencia artificial, mediante la implementación de una banda transportadora en la Universidad EAN?

## Objetivos

### Objetivo General

- Implementar un prototipo funcional de una banda transportadora para la separación de residuos aprovechables y no aprovechables adoptando técnicas de la IA (Inteligencia Artificial).

### Objetivos Específicos

- Diseñar y modelar el prototipo de la banda transportadora.
- Implementar un algoritmo de IA (Inteligencia Artificial) que permita la categorización de los residuos aprovechables y no aprovechables.
- Integrar en el prototipo los componentes electromecánicos y de software que permitan la funcionalidad de acuerdo con los requerimientos identificados.

## **Justificación**

La inteligencia artificial ha surgido como una herramienta indispensable en el siglo XXI, transformando diversos sectores mediante la automatización de procesos y el análisis avanzado de datos. Desde la optimización de la producción industrial hasta la toma de decisiones basada en análisis predictivos, la inteligencia artificial ha demostrado su capacidad para mejorar la eficiencia y la rentabilidad en una variedad de campos.

En particular, en la industria, la automatización impulsada por la inteligencia artificial se ha convertido en una necesidad, generando mejoras significativas en la calidad de los productos, reduciendo los tiempos de producción y minimizando los desperdicios (Eduardo, 2020). Esta realidad no solo subraya la importancia de la innovación tecnológica en la gestión de procesos industriales, sino que también abre oportunidades para aplicaciones específicas que aborden desafíos ambientales cruciales.

En el ámbito del reciclaje, la implementación de tecnologías de vanguardia, como la robótica, en el marco de la industria 4.0, se presenta como una oportunidad para mejorar la eficacia en la clasificación y el tratamiento de residuos. La convergencia de la inteligencia artificial y la gestión de residuos abre la puerta a soluciones innovadoras que no solo optimizan la recuperación de materiales reciclables, sino que también contribuyen a mitigar los impactos ambientales negativos.

El proyecto propuesto, un prototipo de una banda transportadora clasificadora de residuos impulsada por inteligencia artificial (Verde Inteligente), se alinea perfectamente con esta visión. Al combinar tecnologías de automatización con algoritmos de aprendizaje automático, esta solución no solo mejora la eficiencia en la clasificación de residuos, sino que también maximiza la recuperación de materiales valiosos para su posterior reciclaje. Esto no solo tiene

implicaciones económicas al reducir los costos asociados con el manejo de desechos, sino que también contribuye significativamente a la preservación de recursos naturales y la reducción de la huella de carbono.

En un contexto de creciente conciencia ambiental y la necesidad de adoptar prácticas más sostenibles, la gestión eficiente de los residuos se vuelve imperativa. La banda transportadora clasificadora de residuos impulsada por inteligencia artificial propuesta no solo representa una solución tecnológica innovadora, sino también un paso crucial hacia un futuro más sostenible y responsable. Al optimizar la gestión de residuos, este proyecto contribuirá no solo a la mejora de la eficiencia industrial, sino también a la protección del medio ambiente y la promoción de prácticas de reciclaje más efectivas y sostenibles.

## **Análisis de Requerimientos**

### **Intención del producto.**

La contaminación urbana es un grave problema mundial, sobre todo en los países industrializados y en desarrollo. La contaminación es un problema que acarrea complicaciones en las zonas urbanas provocando enfermedades respiratorias, peligros para el medio ambiente, enfermedades cardíacas, problemas de desarrollo. Etc.

Debido al avance de la raza humana y la civilización, el medio ambiente que nos rodea está experimentando un impacto negativo. Las ciudades y pueblos están enfrentando un aumento constante en la población (Tasnim et al., 2023).

Por lo tanto, la intención del proyecto Verde Inteligente es la de automatizar el proceso de reciclaje para garantizar la correcta separación de los desechos correspondientes, provocando que sea más fácil el poder tratarlos adecuadamente para su aprovechamiento posterior.

## Verificación de parámetros de diseño

Tabla 1

*Parámetros de diseño y materialización de proyecto*

<b>Tipo de banda transportadora</b>	<b>Banda transportadora plana</b>
Dimensiones de la banda transportadora	<p>Rodillo: alto 10cm, ancho 5cm y largo 10cm</p> <p>Circunferencia interna 3 cm.</p> <p>Circulo tranca: 12 alto, 12cm, largo 12cm y 5 ancho circunferencia interna 3 cm.</p> <p>Base altura: alto 10 cm, ancho 5cm y largo 8 circunferencia interna de 3 cm a una distancia a la vista superior de 1 y desde la vista frontal 4 cm.</p> <p>Borde: largo de 38 cm, alto de 10 cm, 2 circunferencias iguales de 3 cm y distancia de 6cm a la vista frontal, grosor 3 cm.</p> <p>Soporte: circunferencia de 30 cm con ancho de 60cm</p> <p>Soporte cámara: 15 cm alto, 10 cm ancho y 55 largo.</p> <p>Caja no: 50cm ancho ,5 cm alto con un cuadrado interno con separación de 5cm en todas sus caras y una profundidad de 3cm.</p>

---

Herramientas tecnológicas	SolidWorks, IDE Arduino, Python, Google collab. Jupiter notebook, visual studio code
Componentes electrónicos	Servomotor MG995, Arduino UNO, cámara del celular, motor DC.
Componentes Mecánicos	Engranajes, cilindros, tambores, banda.
Materiales de la banda transportadora	MDF, TPU/caucho comercial

---

## **Marco Teórico**

### **1.1 Inteligencia Artificial.**

La Inteligencia Artificial (IA) se define como la capacidad de una máquina para imitar el comportamiento inteligente humano, incluyendo el aprendizaje, la resolución de problemas y la toma de decisiones. Este campo ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años, impactando significativamente en diversos sectores de la economía.

La IA se utiliza en una amplia gama de aplicaciones, desde la automatización de procesos repetitivos hasta el análisis de grandes cantidades de datos para identificar patrones y tendencias. Esto ha permitido a las empresas tomar decisiones más informadas, optimizar su producción y ofrecer nuevos productos y servicios. Algunos nichos de mercado donde la IA ha tenido un impacto significativo son la automatización de procesos, el análisis de datos, la toma de decisiones y la creación de nuevos productos y servicios.

Además, el desarrollo de la IA está siendo impulsado por una variedad de actores, incluyendo empresas tecnológicas como Google, Microsoft, Facebook y Amazon, startups especializados en soluciones de IA, universidades e instituciones de investigación que realizan investigaciones fundamentales en IA y gobiernos que están invirtiendo en IA y desarrollando políticas para regular su desarrollo y uso. El desarrollo y uso de la IA plantea una serie de consideraciones éticas, como el sesgo algorítmico, la privacidad y seguridad de los datos y el impacto en el empleo. Para abordar estas preocupaciones, se está desarrollando un marco legal para la IA, con algunos países que ya han implementado leyes y regulaciones específicas para la IA, mientras que otros están utilizando marcos legales existentes para regular este campo.

### **1.2 Visión Artificial.**

Como su nombre indica, es obtener información informática mediante imágenes digitales, videos, entre otros; haciendo que las maquinas comprendan el mundo visual de la misma manera que lo hacen los humanos.

Uno de los ámbitos que utiliza la visión artificial es el STEMMER IMAGING, que consiste en aplicar la visión artificial en diferentes tipos de industria (automotriz, fabricas, empaquetado, etc.), para optimizar el proceso de fabricación de diferentes objetos. Además, este ámbito se centra más en el asesoramiento y el estudio de la viabilidad (STEMMERIMAGING, 2020). Basado en su aplicativo frente a la sociedad; el reciclaje en este ámbito influye en la visión artificial por medio del machine learning y redes convolucionales los cuales extraen los datos característicos y analizan la información para llegar a un resultado determinado (Linkedin, 2024). Gracias a esto, la industria ha impulsado la integración de sistemas inteligentes, flexibles y adaptativos para la conservación de recursos.

### **1.3 Automatización.**

La automatización es la aplicación de tecnologías para realizar tareas de forma automática, sin la necesidad de intervención humana. Se utiliza en diversos sectores para mejorar la eficiencia, la productividad y la seguridad.

Hay varios tipos de automatización adaptados a diferentes necesidades industriales y empresariales. La automatización fija se emplea para tareas repetitivas y específicas, como el ensamblaje en líneas de producción.

Por otro lado, la automatización flexible se aplica en situaciones más variables, como la clasificación de productos en almacenes. La automatización robótica se centra en tareas que implican manipulación física, como carga y descarga de materiales. Mientras tanto, la

automatización por software se utiliza para automatizar procesos informáticos, como la gestión de datos o procesos en ordenadores.

Cada tipo de automatización ofrece soluciones adaptadas a diferentes contextos y requerimientos de operación.

La automatización ofrece beneficios significativos para las empresas. En primer lugar, proporciona una mayor eficiencia al realizar tareas de manera más rápida y precisa que los humanos. Además, contribuye a una mayor productividad al liberar a los trabajadores para que se enfoquen en actividades más creativas y estratégicas.

También mejora la seguridad laboral al reducir los riesgos de accidentes. Por último, la automatización ayuda a reducir los costos operativos, lo que puede resultar en un ahorro significativo para las organizaciones.

En conjunto, estos beneficios hacen de la automatización una inversión valiosa para mejorar la competitividad y el rendimiento empresarial.

Por último, la automatización encuentra aplicaciones en diversos sectores, siendo fundamental en la optimización de procesos y la mejora de la eficiencia. En la industria, se utiliza para tareas como el ensamblaje de productos, soldadura y pintura. En el ámbito logístico, facilita la clasificación de productos, el movimiento de materiales y la preparación de pedidos. En agricultura, se emplea en la cosecha de cultivos, siembra de semillas y aplicación de pesticidas.

En el sector de la salud, contribuye a realizar análisis de sangre, administrar medicamentos y llevar a cabo cirugías. Además, en servicios, se aplica en la atención al cliente, procesamiento de pagos y gestión de información. Estas diversas aplicaciones demuestran la

versatilidad y la importancia de la automatización en múltiples ámbitos, mejorando la productividad y la calidad de los resultados.

#### **1.4 Modelado CAD.**

El modelado CAD (Diseño Asistido por Computadora) es una tecnología que permite crear modelos virtuales en 2D y 3D de objetos, productos y estructuras (Profesional Online, 2022). La herramienta ha revolucionado diversos sectores, incluido el del reciclaje, donde es fundamental en la optimización y eficiencia de los procesos.

El modelado CAD data de la década de 1950 con los primeros sistemas gráficos interactivos. Desde entonces, la tecnología ha evolucionado considerablemente, con la introducción de modelado sólido, modelado paramétrico y diseño basado en características (LinkedIn, 2024).

El modelado CAD ofrece beneficios significativos para el diseño en diversas industrias. En primer lugar, proporciona una mayor precisión, permitiendo la creación de modelos con un nivel de detalle extremadamente alto.

Además, mejora la eficiencia al ahorrar tiempo y recursos durante el proceso de diseño, lo que resulta en ahorros significativos de tiempo y dinero. Los modelos CAD también facilitan la comunicación de ideas de diseño de manera clara y precisa, lo que ayuda a evitar malentendidos y errores. Fomenta la colaboración entre equipos de diseño al permitir que los modelos se compartan y editen fácilmente, facilitando un flujo de trabajo más fluido y colaborativo.

Estos beneficios hacen del modelado CAD una herramienta indispensable para crear y comunicar diseños en diversos contextos industriales.

#### **1.5 Madera MDF.**

El MDF (Medium Density Fibreboard) es un tipo de tablero de madera artificial de densidad media. Se fabrica con fibras de madera desfibrada y aglutinadas con resinas sintéticas. Es un material versátil utilizado en la fabricación de muebles, carpintería y otras aplicaciones.

Presenta características distintivas que lo hacen valioso en varias aplicaciones. Con una densidad media que oscila entre 650 y 800 kg/m<sup>3</sup>, el MDF es más denso que la madera contrachapada pero menos que la madera maciza. Además, ofrece resistencia a la flexión y tracción, asegurando durabilidad en su uso. Su estabilidad dimensional lo hace resistente a deformaciones por cambios de humedad.

Destaca por su superficie lisa y uniforme, ideal para acabados como pintura o barnizado, y su versatilidad lo convierte en un material ampliamente utilizado en la fabricación de muebles, carpintería, molduras, puertas y diversas aplicaciones donde se requiera un material consistente y adaptable.

El MDF ofrece diversas ventajas que lo hacen atractivo en numerosas aplicaciones, como su precio relativamente bajo, disponibilidad amplia y facilidad para trabajar con herramientas comunes de carpintería.

Su versatilidad lo convierte en una opción popular en una variedad de proyectos. Sin embargo, presenta algunas desventajas importantes, como la presencia de resinas sintéticas que pueden emitir gases nocivos, su falta de resistencia al agua que puede causar hinchazón en ambientes húmedos prolongados, y su peso considerable.

Estas consideraciones son importantes al evaluar su idoneidad para ciertos proyectos y entornos.

## **1.6 Sistemas Embebidos.**

Un sistema embebido es un sistema de computación diseñado para realizar una o pocas funciones específicas dentro de un dispositivo más grande. Se caracteriza por tener un tamaño pequeño, bajo consumo de energía y un funcionamiento en tiempo real.

Los sistemas embebidos constan de componentes esenciales que les permiten funcionar de manera efectiva. El procesador actúa como el núcleo central, ejecutando las instrucciones del programa y llevando a cabo los cálculos necesarios para el funcionamiento del sistema.

La memoria almacena tanto el programa como los datos necesarios para su operación. Los sensores y actuadores son componentes críticos que permiten al sistema interactuar con su entorno, recopilando datos del mundo exterior y tomando acciones en respuesta a estos datos.

Por último, el software proporciona el control fundamental sobre el sistema embebido, definiendo sus funciones y supervisando su operación general. Juntos, estos componentes forman la infraestructura básica que permite a los sistemas embebidos desempeñar una amplia gama de tareas en diversas aplicaciones.

Los sistemas embebidos tienen una presencia significativa en una variedad de aplicaciones, desempeñando roles cruciales en distintos sectores. En la industria automotriz, se utilizan para el control del motor, sistemas de seguridad y entretenimiento dentro de los vehículos.

En el ámbito industrial, se emplean en el control de procesos, automatización y robótica para mejorar la eficiencia y la productividad. En el campo médico, se encuentran en equipos de diagnóstico, monitores de pacientes y dispositivos médicos como marcapasos, contribuyendo al cuidado de la salud y el bienestar. En la industria aeroespacial, se utilizan en el control de vuelo, navegación y sistemas de comunicación para garantizar la seguridad y la eficacia de las misiones espaciales y aeronáuticas.

Además, en el entorno doméstico, se aplican en electrodomésticos, sistemas de seguridad y domótica para brindar comodidad y seguridad en el hogar. Estas diversas aplicaciones destacan la versatilidad y la importancia de los sistemas embebidos en nuestra vida cotidiana y en la industria en general.

### **1.7 Redes Neuronales de Convolución.**

Las capas de convolución son un componente fundamental de las redes neuronales convolucionales (CNN) que se utilizan para procesar datos espaciales, como imágenes. La convolución es una operación matemática que permite a la red detectar patrones locales en la entrada.

La operación de convolución se realiza mediante la aplicación de un filtro, que es una matriz de pesos, a la entrada. El filtro se desplaza por la entrada, y en cada posición se calcula el producto escalar entre el filtro y la región de la entrada que está debajo de él. El resultado de la convolución es una nueva matriz que representa los patrones detectados en la entrada.

Existen diferentes tipos de capas de convolución, como:

- Convoluciones 2D: Se utilizan para procesar imágenes bidimensionales.
- Convoluciones 3D: Se utilizan para procesar imágenes tridimensionales.
- Convoluciones transpuestas: Se utilizan para realizar el proceso inverso a la convolución, lo que permite aumentar la resolución de una imagen.

Clasificación de imágenes: Las CNN se pueden usar para clasificar imágenes en diferentes categorías, como, por ejemplo, animales, objetos, personas, etc.

### **1.8 Impresión Aditiva.**

La impresión aditiva, también conocida como fabricación aditiva o impresión 3D, es un proceso de fabricación que crea objetos tridimensionales a partir de un modelo digital. El proceso se realiza capa por capa, añadiendo material de forma precisa hasta completar el objeto.

El funcionamiento de la impresión aditiva se basa en un proceso común a todas las tecnologías utilizadas, aunque estas puedan variar. Inicialmente, se crea un modelo digital del objeto mediante software CAD (Computer Aided Design).

Luego, este modelo se prepara para su impresión, convirtiéndolo a un formato compatible con la impresora 3D. Durante la fase de impresión, la impresora 3D deposita material capa por capa, siguiendo las instrucciones del modelo digital, hasta que se complete el objeto deseado. Finalmente, en algunos casos, el objeto impreso puede requerir un post-procesamiento adicional, como limpieza, pulido o ensamblaje, para obtener el resultado final deseado. Este proceso proporciona una forma eficiente y versátil de fabricar una amplia variedad de objetos tridimensionales con una precisión y detalle excepcionales.

La impresión aditiva ofrece ventajas significativas comparadas con los métodos tradicionales de fabricación. Es notable por su rapidez y eficiencia en la producción de objetos, así como por su capacidad para crear geometrías complejas que no son viables con métodos convencionales.

Además, permite una personalización precisa de objetos según las necesidades individuales, reduce el desperdicio de material y puede resultar más económica para la fabricación de pequeñas series. En cuanto a sus aplicaciones, la impresión aditiva se emplea en una amplia variedad de campos, desde el prototipado rápido y la fabricación de piezas finales hasta la producción de prótesis médicas, joyería personalizada, maquetas arquitectónicas y

modelos educativos, demostrando su versatilidad y utilidad en numerosos sectores industriales y creativos.

### **1.9 Programación TI.**

La programación de TI, también conocida como desarrollo de software, es el proceso de crear instrucciones que una computadora puede seguir para realizar una tarea específica. Se trata de escribir código en un lenguaje de programación que la computadora pueda entender.

El proceso de desarrollo de software típicamente sigue una serie de pasos bien definidos para garantizar la creación de un producto funcional y de calidad. En primer lugar, el análisis de requisitos implica la comprensión y definición de las necesidades del usuario, así como las funcionalidades clave que debe cumplir el software.

Luego, en la etapa de diseño, se planifica la arquitectura del software y la estructura de sus diferentes componentes y módulos para cumplir con los requisitos establecidos. La implementación sigue, donde los desarrolladores escriben el código fuente en el lenguaje de programación adecuado, creando así el software de acuerdo con las especificaciones de diseño. Después, las pruebas entran en juego, permitiendo detectar y corregir errores o fallos en el software para garantizar su funcionamiento correcto y su calidad. Una vez completadas las pruebas y realizadas las correcciones necesarias, el software se despliega en el entorno de producción, lo que marca la etapa de implementación.

Por último, el mantenimiento del software se convierte en una tarea continua a lo largo de su ciclo de vida, incluyendo actualizaciones, correcciones de errores y la introducción de nuevas funcionalidades para garantizar su relevancia y eficacia a lo largo del tiempo. Este proceso en etapas permite una gestión eficiente del desarrollo de software, asegurando la satisfacción del usuario y la calidad del producto final.

Existen numerosos lenguajes de programación, cada uno con sus propias características y aplicaciones específicas. Entre los más populares está Python, conocido por su versatilidad y facilidad de aprendizaje, muy utilizado en varios campos. Java es reconocido por su robustez y escalabilidad, siendo una opción común para el desarrollo de aplicaciones web y empresariales. C++ destaca por su potencia y eficiencia, siendo preferido para aplicaciones que requieren un alto rendimiento.

JavaScript es esencial en el desarrollo web del lado del cliente, proporcionando interactividad y dinamismo a las páginas web. Por último, C# se destaca en el desarrollo de aplicaciones web y de escritorio en el ecosistema de Windows. Cada uno de estos lenguajes tiene sus propias ventajas y se elige según los requisitos y objetivos específicos del proyecto de desarrollo de software.

### **1.1.0 Electrónica Digital.**

La electrónica digital es una rama de la electrónica que se encarga de sistemas que trabajan con señales discretas, es decir, señales que solo pueden tener dos estados: encendido o apagado, 1 o 0, alto o bajo. Estos estados se representan mediante voltajes específicos.

Los sistemas electrónicos digitales se basan en dispositivos como transistores, puertas lógicas y circuitos integrados que procesan las señales digitales. Las puertas lógicas son los componentes básicos de la electrónica digital y realizan operaciones como AND, OR, NOT y XOR. Los circuitos integrados combinan múltiples puertas lógicas para realizar funciones más complejas.

Los sistemas digitales se clasifican en dos categorías principales: sistemas combinacionales y sistemas secuenciales. Los sistemas combinacionales generan su salida únicamente en función de la entrada presente en un momento dado, sin depender de un estado

interno. Por otro lado, los sistemas secuenciales producen su salida basándose tanto en la entrada actual como en el estado interno del sistema, lo que implica cierta memoria o historial de eventos.

Estos sistemas digitales tienen una amplia gama de aplicaciones en diversos campos. En el ámbito de las computadoras, constituyen la base de los dispositivos modernos, desde ordenadores personales hasta servidores de alto rendimiento. En comunicaciones digitales, como la telefonía celular y la conexión a Internet, los sistemas digitales permiten la transmisión eficiente de datos y voz. En el control industrial, la electrónica digital se utiliza para automatizar procesos en fábricas y plantas de producción. Además, en electrónica de consumo, como televisores y radios, los sistemas digitales ofrecen funciones avanzadas y una mayor calidad de audio y video.

Finalmente, en la industria automotriz, estos sistemas se aplican en el control del motor, los sistemas de seguridad y la gestión de información a bordo, contribuyendo a la eficiencia y la seguridad de los vehículos modernos. Esta diversidad de aplicaciones subraya la importancia y la versatilidad de los sistemas digitales en nuestra vida cotidiana y en una variedad de industrias.

### **1.1.1 Residuos Contaminantes.**

Los residuos contaminantes son aquellos que, por sus características, composición o volumen, pueden suponer un riesgo para la salud humana o el medio ambiente.

Los tipos de residuos contaminantes abarcan una amplia gama de fuentes, desde los residuos domésticos generados en los hogares hasta los residuos industriales, agrícolas, sanitarios y de construcción y demolición, producidos por diversas actividades humanas. Estos residuos pueden contener una variedad de sustancias nocivas y representan una preocupación significativa para el medio ambiente y la salud pública.

Los impactos ambientales derivados de la presencia de estos residuos son diversos y extensos. La contaminación del suelo es uno de los principales problemas, ya que los residuos pueden filtrarse en el suelo y liberar sustancias tóxicas que afectan la calidad y la fertilidad de este. La contaminación del agua preocupa gravemente el impacto que le genera al ambiente, ya que las lluvias arrastran residuos y llegan a cuerpos de agua, como ríos y mares, contaminando los recursos hídricos y afectando a la vida acuática.

Otro impacto importante es la contaminación del aire, causada por la liberación de gases nocivos provenientes de la descomposición de residuos orgánicos o la incineración de residuos sólidos. Estos contaminantes pueden contribuir a problemas de salud respiratoria y deterioro de la calidad del aire.

Además, los residuos contaminantes pueden causar daños significativos a la biodiversidad al afectar a la flora y fauna en los ecosistemas donde se acumulan. Esto puede resultar en la pérdida de hábitats, la disminución de poblaciones de especies y la alteración de los procesos naturales, lo que impacta negativamente en la estabilidad y el equilibrio de los ecosistemas.

### **1.1.2 Reciclaje.**

El reciclaje es un proceso de transformación de materiales de desecho en nuevos productos o en materia prima para su posterior utilización. El proceso de reciclaje es fundamental para reducir la cantidad de residuos que se envían a vertederos y para aprovechar al máximo los recursos disponibles. Este proceso generalmente comienza con la recogida y clasificación de los residuos, donde se separan en diferentes categorías según su material, como papel, plástico, vidrio, metal, entre otros.

Una vez clasificados, los materiales pasan por un proceso de procesamiento donde se limpian, trituran y transforman en materia prima o en nuevos productos. Posteriormente, los

materiales reciclados se utilizan en la fabricación de nuevos productos, cerrando así el ciclo de reciclaje.

Los materiales que pueden ser reciclados son diversos y van desde el papel y el plástico hasta el vidrio, el metal, los electrónicos, las baterías, el aceite de cocina y los textiles, entre otros. Cada material puede reutilizarse y transformarse en nuevos productos, contribuyendo a la reducción de residuos y al cuidado del medio ambiente.

Los beneficios del reciclaje son significativos y abarcan diversos aspectos. Además de la conservación de los recursos naturales al reducir la necesidad de extraer nuevas materias primas, el reciclaje también protege el medio ambiente al disminuir la contaminación del aire, agua y suelo.

Además, el reciclaje ahorra energía, ya que requiere menos energía que la producción de materiales a partir de materias primas vírgenes. También contribuye a la creación de empleos en la industria del reciclaje y reduce los costos asociados con la gestión de residuos, lo que lo convierte en una práctica económica y ambientalmente sostenible.

### **1.1.3 Machine Learning.**

El aprendizaje automático (ML) es una rama de la inteligencia artificial (IA) que permite a los sistemas informáticos aprender y mejorar su rendimiento con el tiempo sin ser programados explícitamente. El ML se basa en la construcción de modelos a partir de datos, los cuales se entrenan para identificar patrones y realizar predicciones.

El proceso de aprendizaje automático comienza con la recopilación de datos. Estos datos pueden ser estructurados (como datos de una tabla) o no estructurados (como imágenes o texto). Luego, los datos se preprocesan para limpiarlos y formatearlos de manera que el modelo pueda entenderlos.

El siguiente paso es entrenar el modelo. El modelo se expone a los datos preprocesados y aprende a identificar patrones en ellos. Este proceso puede ser complejo y requiere de una gran cantidad de datos para que el modelo sea preciso.

Cuando el modelo está entrenado, se puede usar para hacer predicciones sobre nuevos datos. Por ejemplo, un modelo de ML entrenado para clasificar imágenes de gatos y perros podría usarse para clasificar una nueva imagen como gato o perro.

El ML es una herramienta ideal para la clasificación de residuos. Su capacidad para identificar patrones en imágenes y datos lo hace perfecto para identificar diferentes tipos de materiales, como plástico, metal, vidrio, papel, etc.

#### **1.1.4 Fuzzy Logic.**

La lógica difusa, también conocida como lógica borrosa, es una rama de la lógica matemática que permite trabajar con información imprecisa o inexacta. Se basa en la idea de que las cosas no siempre son blanco o negro, sino que pueden tener diferentes grados de pertenencia a una categoría o conjunto.

La lógica difusa utiliza conjuntos difusos para representar conceptos vagos o imprecisos. Un conjunto difuso es un conjunto que permite que sus elementos tengan un grado de pertenencia entre 0 y 1, donde 0 representa que el elemento no pertenece al conjunto y 1 que pertenece completamente.

La lógica difusa es un enfoque matemático que permite manejar la incertidumbre y la imprecisión en los sistemas. Sus componentes principales incluyen las funciones de pertenencia, que definen el grado en que un elemento pertenece a un conjunto difuso; las reglas difusas, que establecen relaciones entre diferentes conjuntos difusos; y los sistemas de inferencia difusa, que permiten extraer conclusiones a partir de información imprecisa.

Este paradigma encuentra una amplia variedad de aplicaciones en diversos campos. En el ámbito del control de sistemas, se utiliza para el control de robots, sistemas de climatización y otros dispositivos donde la precisión y la adaptabilidad son críticas.

Además, en el reconocimiento de patrones, la lógica difusa es fundamental en aplicaciones como el reconocimiento facial y de voz, donde la interpretación de datos imprecisos es esencial.

En la toma de decisiones, la lógica difusa se emplea en el análisis de riesgos, el diagnóstico médico y otras áreas donde la evaluación de información ambigua puede influir en las decisiones.

Por último, en el procesamiento del lenguaje natural, se aplica en la traducción automática, el resumen de textos y otras tareas donde se requiere comprender y generar lenguaje humano de manera precisa. Estas diversas aplicaciones demuestran la versatilidad y la utilidad de la lógica difusa en la gestión de la incertidumbre en una amplia gama de contextos.

**1.1.5 Tensor Flow.** TensorFlow es una biblioteca de software de código abierto diseñada originalmente por el equipo de investigación de Google Brain. Su objetivo principal es el cálculo numérico con flujo de datos, lo que la convierte en una herramienta poderosa y versátil para una variedad de aplicaciones. Con un enfoque en el aprendizaje automático y las redes neuronales profundas, TensorFlow ha ganado popularidad en la investigación y el desarrollo de algoritmos de inteligencia artificial.

La arquitectura de TensorFlow se basa en el flujo de datos, donde los datos se procesan a través de una serie de nodos que realizan operaciones específicas. Esta estructura proporciona flexibilidad, escalabilidad y eficiencia en la implementación de algoritmos complejos. Desde la

investigación hasta el desarrollo de software y la implementación en producción, TensorFlow se utiliza en una amplia gama de aplicaciones.

Los beneficios de utilizar TensorFlow son significativos. Al ser de código abierto, es accesible para todos de forma gratuita y cuenta con una gran comunidad que proporciona recursos para aprender y desarrollar habilidades en su uso. Además, su potencia y versatilidad permiten abordar problemas complejos en campos como el reconocimiento de imágenes, el procesamiento del lenguaje natural y el análisis de datos, entre otros.

## Marco Metodológico

### Enfoque.

Para realizar este proyecto, se dará mediante un enfoque cuantitativo, que recogerá y analizará los valores numéricos proporcionados por la IA para generar datos que se pueden analizar, dándole un mayor rango de asertividad, precisión y confiabilidad en la identificación y clasificación de residuos.

### Variables.

*Tabla 2*

#### *Variables Cuantitativas y Cualitativas*

<b>Variables</b>	<b>Descripción</b>	<b>Definición</b>	<b>Unidad</b>
Velocidad de Reconocimiento	Cuantificar la rapidez de identificación de los objetos	Medir el tiempo de lectura de la consola al ponerle un objeto	m/s
Asertividad	Cuantificar la capacidad de clasificación de los objetos	Medir la clasificación correcta de los objetos	Porcentaje %

Tiempo de Procesamiento	Cuantificar el tiempo en identifica los objetos	Medir el procesamiento de las imágenes subidas a la consola	Minutos y segundos (min/seg)
Eficiencia energética	Cuantificar el consumo de energía en el proceso de reconocimiento	Medir el consumo de energía del sistema en el proceso de identificación de los objetos	Porcentaje %
Fiabilidad del sistema	Cualificar la confiabilidad del sistema al clasificar los objetos	Medir el rendimiento consistente y preciso en los objetos	
Adaptabilidad a cambios	Cualificar la adaptación del sistema con diferentes residuos	Evaluar la adaptabilidad del sistema en la variación de los objetos	
Interfaz de usuario y pcccccexperiencia del operador	Cualificar el uso y experiencia del operador	Evaluar la satisfacción del operador al usar el sistema de	Respuesta abierta

---

reconocimiento de  
objetos

---

## **Diseño Metodológico**

### **Población.**

Para centrarnos más en la investigación, se estableció una población inicial de interés en la que hay imágenes captadas desde diferentes ángulos de la variabilidad de residuos. Es de 1500 imágenes obtenidas con diferentes bases de datos ( Kaggle, 2018), que permitieron la clasificación de diferentes residuos con un alto porcentaje de asertividad.

### **Muestra.**

La muestra seleccionada de la población se tomó en 1015 imágenes funcionales y adaptadas al entrenamiento de la inteligencia artificial, de las que se seleccionaron dos grupos de clasificación, los residuos aprovechables y no aprovechables. La razón principal por la que se eligen estos dos grupos es porque en la mayor parte de la población se implementan la clasificación de los diferentes residuos en estos dos grupos. Por tanto, por medio de la muestra seleccionada, la inteligencia artificial se encargará del preprocesamiento de cada imagen según el entrenamiento dado hacia esta.

### **Instrumentos de Recolección de Datos.**

Estos instrumentos son importantes, ya que nos permiten la identificación de diversas variables que se pueden medir y sacar datos a través de estas (). Con lo cual estos aspectos son relevantes y fundamentales dentro del desarrollo de la inteligencia artificial y usarlos para lograr responder la pregunta problema.

En este caso, se aplicará el enfoque cuantitativo a los métodos de recolección que más adelante se avistaran en el análisis de tres variables que se tienen en cuenta en el desarrollo de la

IA que son el asertividad del reconocimiento, el tiempo de procesamiento y el consumo de memoria del sistema al procesar la prueba de reconocimiento de los residuos.

### **Métodos de Recolección.**

La clasificación efectiva de residuos en una banda transportadora depende de diversas características que definen cada elemento. Entre estas características se incluyen el tipo de residuo, que puede variar desde orgánico e inorgánico hasta reciclable y no reciclable. Además, se considera el tamaño, la forma, el material, el color y la textura de los residuos. Estos atributos influyen en el proceso de clasificación y requieren de un sistema capaz de identificarlos con precisión.

El entorno en el que opera la banda transportadora también juega un papel crucial en su rendimiento. Factores como la velocidad de la banda, la iluminación, las condiciones ambientales (como la temperatura y la humedad) y la presencia de otros objetos en la banda pueden afectar la eficacia del proceso de clasificación. Por lo tanto, es necesario tener en cuenta estas variables al diseñar y operar el sistema de clasificación.

La evaluación del rendimiento del sistema de clasificación se basa en métricas como la precisión de la clasificación, la tasa de error, el tiempo de procesamiento por residuo y la capacidad de procesamiento de residuos. Estos indicadores proporcionan una medida objetiva del desempeño del sistema y permiten identificar áreas de mejora.

Para recopilar datos sobre los residuos y el rendimiento del sistema, se emplean varios métodos. Estos incluyen la observación directa, el uso de sensores (como sensores de visión artificial, de proximidad y de peso) y la simulación mediante modelos computacionales. Cada

método tiene sus ventajas y limitaciones, por lo que su selección depende de los objetivos y las condiciones específicas del proyecto.

Las fuentes de datos incluyen muestras de residuos recolectadas de diversas fuentes, así como conjuntos de datos públicos con imágenes de residuos etiquetadas. Es fundamental obtener el consentimiento informado para la recolección de datos de residuos reales y proteger la privacidad y confidencialidad de los datos recopilados.

Para garantizar la calidad de los datos, se implementan controles de calidad y se realizan actividades de calibración y validación periódicas. Esto incluye la verificación de la precisión y confiabilidad de los datos recolectados, así como la validación manual de los datos clasificados por el sistema de IA.

La gestión adecuada de los datos incluye crear una base de datos para almacenar la información recolectada y aplicar medidas de seguridad para protegerlos. Además, se documentan detalladamente los procesos de recolección, almacenamiento y gestión de datos para garantizar su integridad y trazabilidad a lo largo del proyecto.

## Cronograma.

Figura 1

Cronograma Proyecto Verde Inteligente

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O										
1	<b>Cronograma Proyecto Verde Inteligente</b>																								
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8																									
9																									
10																									
11																									
12																									
13																									
14																									
15																									
16																									
17																									
18																									
19																									
20																									
21																									
22																									
23																									
24																									
25																									
26																									

## Presupuesto:

Tabla 3

Presupuesto por horas trabajadas.

Miembros del Equipo	Obligación	Horas Trabajadas	Precio Unitario (COP)	Costo Total
Mateo Mendoza	Análisis y gestión de	26	170.000	4'420.000

información del proyecto				
	Análisis de programación de			
Ruber Andrew	IA y machine Learning	46	200.000	9'200.000
	Análisis y Construcción de banda transportadora			
Nicolas Sánchez		15	190.000	2'850.000
Total		87	560.000	16'470.000

*Tabla 4*

*Presupuesto de Costo de Materiales.*

<b>Materiales</b>	<b>Unidades</b>	<b>Costo Unitario (COP)</b>	<b>Costo total</b>
Tornillería	20	3.500	70.000
Rollo PLA	2	90.000	180.000
Motor DC 12 V	1	120.000	120.000
Arduino	1	55.000	55.000
Webcam	1	75.000	75.000

Servo Paso a Paso	1	35.000	35.000
Total	25	343.500	535.000

---

### **Impacto ambiental**

La implementación de un sistema de clasificación de residuos con banda transportadora e IA puede tener múltiples beneficios ambientales significativos. En primer lugar, al reducir la cantidad de residuos enviados a vertederos mediante la separación de materiales reciclables y compostables, se disminuye la necesidad de espacio para estos vertederos, especialmente en áreas ambientalmente sensibles. Además, esta acción minimiza la emisión de gases de efecto invernadero como el metano, que se produce durante la descomposición de la materia orgánica en los vertederos.

Otro aspecto positivo es el ahorro de recursos naturales que conlleva el reciclaje de materiales como el papel, el plástico, el vidrio y el metal. Esto reduce la necesidad de extraer materias primas vírgenes, preservando recursos como los bosques, minerales y agua.

Además, la clasificación y el reciclaje ayudan a disminuir la contaminación del suelo, el agua y el aire, al evitar la descomposición de residuos y la necesidad de incinerarlos, lo que libera gases contaminantes a la atmósfera.

En términos económicos, la industria del reciclaje también desempeña un papel importante al generar empleos en la recolección, clasificación, procesamiento y fabricación de productos a partir de materiales reciclados.

Sin embargo, al implementar un sistema de clasificación de residuos, es crucial considerar los impactos ambientales asociados. Por ejemplo, el consumo de energía necesario para operar la banda transportadora y los equipos de clasificación puede ser significativo, por lo que es fundamental utilizar fuentes de energía renovable para minimizar este impacto. El funcionamiento del sistema puede generar contaminación por ruido, lo que requiere medidas para mitigarlo, como el uso de materiales aislantes y la instalación de barreras acústicas.

Además, es necesario contar con un sistema adecuado para la gestión de los residuos no reciclables, como los residuos orgánicos y peligrosos, y considerar el impacto visual que pueda tener la instalación del sistema en el paisaje.

### **Análisis de Datos**

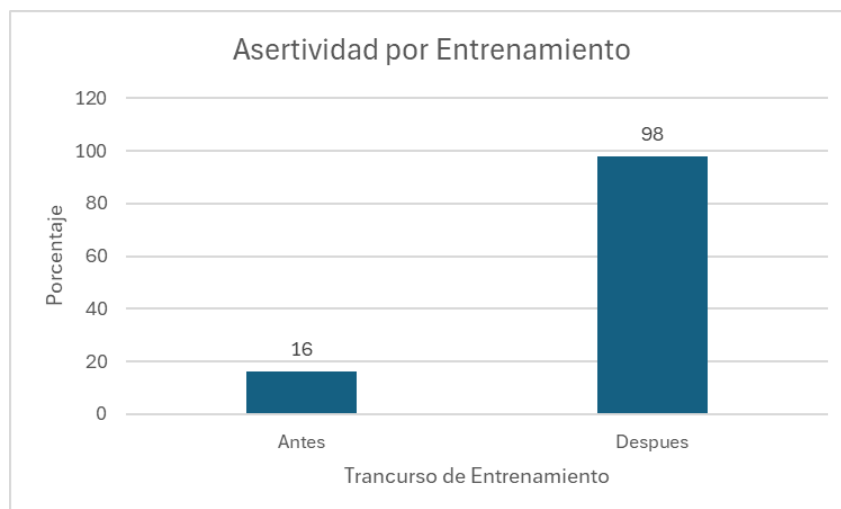
Considerando la instrumentación y los métodos usados para recoger los diferentes datos, el proyecto verde inteligente capaz de procesar imágenes de residuos ya recolectadas logró evidenciar el resultado de distintas variables definidas por la muestra ya mencionada. En los siguientes párrafos, se tomarán las variables mencionadas para definir una serie de datos evidenciados en la clasificación de los dos tipos de residuos, comparando así lo ocurrido en el desarrollo de esta inteligencia. Los datos a comparar frente a lo anterior son los siguientes:

#### **Porcentaje de Asertividad.**

Para garantizar un buen funcionamiento de una inteligencia artificial, se debe tomar en cuenta el factor de la asertividad, ya que es un requisito fundamental en el desarrollo de programas eficaces en la sociedad (Slombana, 2021). Para este caso, el proyecto verde inteligente se le hizo una comparación del dato de asertividad de antes y después del entrenamiento de este.

*Figura 1.*

*Comparación Asertividades antes y después.*



*Nota: Fuente de Excel*

La asertividad en una inteligencia artificial como lo es Verde Inteligente es importante, ya que se puede ver cual eficiente y confiable es la inteligencia artificial a la hora de utilizarla. Se enfoco esta parte más a el entrenamiento proporcionado a la inteligencia artificial para ver el porcentaje de asertividad que producía. Al tener los dos grupos de clasificación (aprovechables y no aprovechables), se evidencia el porcentaje de asertividad para el antes y después de un entrenamiento formidable hacia la inteligencia artificial.

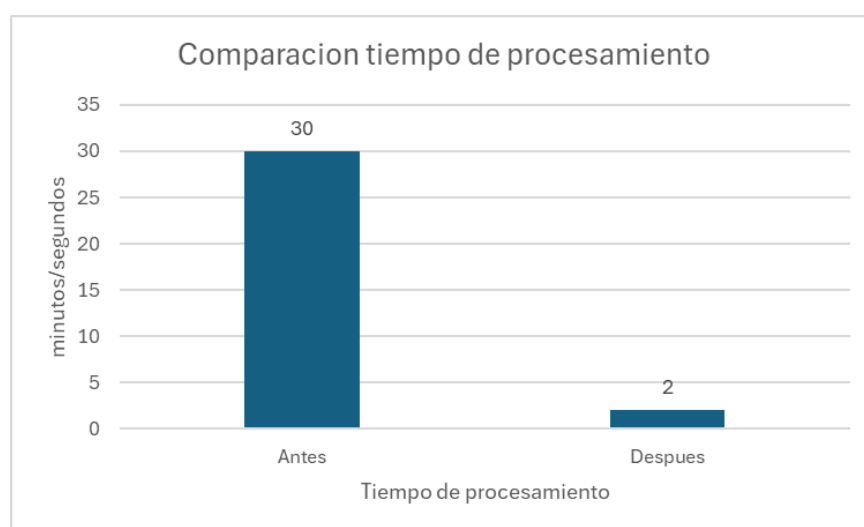
Como se evidencia en la gráfica, al terminarse la inteligencia artificial sin un entrenamiento apropiado su tasa de asertividad era del 16% en el reconocimiento de los residuos, pero al transcurrir el tiempo y fomentarle un mejor entrenamiento a la inteligencia artificial con mejores bancos de imágenes y mejores bases de datos, se puede ver reflejado que el porcentaje de asertividad de la inteligencia artificial del proyecto verde inteligente, llego al punto de un 98% de asertividad en el proceso de identificación de las imágenes.

### Comparación de tiempo de procesamiento.

El siguiente dato que se tomó en cuenta, fue el tiempo de procesamiento del banco de imágenes establecido como la muestra. Se evidencia más hacia el cómo era antes y el cómo es ahora el tiempo de respuesta de inteligencia artificial en identificar los residuos.

*Figura 2*

*Comparación tiempo de Procesamiento*



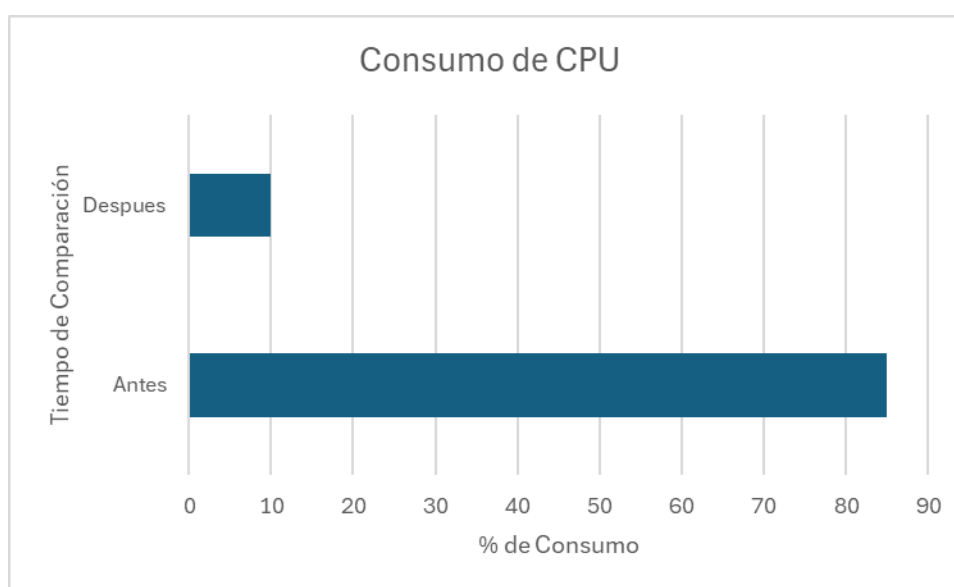
El tiempo de procesamiento del proyecto Verde Inteligente es fundamental para confiar al usuario de que el procesamiento no se demorará y su rendimiento será eficiente. Según lo evidenciado anteriormente, en un inicio la inteligencia Verde Inteligente, al procesar las imágenes que se le mostraban, duraba entre 27 a 30 minutos en procesar y dar un resultado fijo. Tras un buen entrenamiento, se evidencia que Verde Inteligente procesaba imágenes en 2 minutos o menos, restándole 25 minutos al comenzar su procesamiento.

### Consumo de CPU.

Esta variable que se tomó en cuenta con el fin de hacer una comparación del consumo de memoria por parte del proyecto “Verde Inteligente”, a la hora de identificar los residuos por procesamiento y cuanto requería de parte del computador a la hora de dar los resultados.

*Figura 3*

*Comparación Consumo de CPU*



Según la toma de datos realizada, respecto al tiempo pasajero del consumo en el computador, se evidencia un cambio en sus variables, debido al entrenamiento propuesto por el grupo aplicado en la IA; al considerar este dato, sus valores cambian mucho de un 85 % de consumo, a un 10 % de consumo. Debido al buen manejo de bases de datos y procesamiento de las imágenes respectivas.

## Análisis de Resultados

El Proyecto Verde Inteligente ha mostrado un progreso notable en su capacidad para identificar residuos con precisión. Al inicio del proyecto, la tasa de asertividad era bastante baja, situándose en un 16%. Sin embargo, después de un período de entrenamiento intensivo utilizando conjuntos de datos e imágenes mejoradas, la asertividad ha aumentado drásticamente hasta alcanzar un impresionante 98%. Este incremento significativo refleja la eficacia de los métodos de mejora implementados y demuestra que el sistema ahora puede identificar residuos con una alta precisión.

El tiempo de procesamiento de las imágenes también ha mejorado de manera considerable. Inicialmente, Verde Inteligente necesitaba entre 27 y 30 minutos para procesar una sola imagen y generar un resultado. Tras el entrenamiento, este tiempo se ha reducido drásticamente a solo 2 minutos o menos. Esta reducción del 93% en el tiempo de procesamiento es un avance significativo que permite un análisis más rápido y eficiente de los residuos, lo cual es crucial para la gestión oportuna de estos.

Otro aspecto clave en el cual Verde Inteligente ha mostrado mejoras es en el consumo de CPU. Al comienzo, el proyecto demandaba hasta un 85% de la capacidad de la CPU, lo que podía afectar el rendimiento general del sistema. Después del entrenamiento, este consumo se ha optimizado significativamente, reduciéndose a solo un 10%. Esta mejora no solo libera recursos del sistema, sino que también permite que la herramienta funcione de manera más fluida y eficiente, contribuyendo a su sostenibilidad a largo plazo.

En conclusión, el análisis de datos del Proyecto Verde Inteligente revela un progreso sustancial en tres áreas críticas: asertividad, tiempo de procesamiento y consumo de CPU. El entrenamiento intensivo ha hecho que la inteligencia artificial sea más eficiente, confiable y

rápida en la identificación de residuos, lo que marca un hito importante en el proyecto y subraya su éxito. Estos resultados sugieren un futuro prometedor para Verde Inteligente en la mejora de la gestión de residuos.

Se recomienda continuar con el monitoreo del rendimiento de Verde Inteligente para identificar posibles áreas de mejora. Además, sería beneficioso explorar la aplicación de esta tecnología en otros contextos, como la clasificación de materiales reciclables o la detección de contaminación ambiental, lo que podría ampliar su impacto positivo en la gestión sostenible de recursos y el medio ambiente.

### **Discusión.**

En el análisis de los objetivos del proyecto Verde Inteligente y los resultados obtenidos, se identifican varios aspectos clave que pueden compararse con los principios teóricos establecidos. En primer lugar, es esencial que una inteligencia artificial efectiva se sustente en bases de datos fiables para el reconocimiento de residuos aprovechables y no aprovechables (Impacto de la Inteligencia Artificial, 2024). Sin embargo, durante la implementación del proyecto, se observó una variabilidad en la precisión del sistema antes y después del entrenamiento, lo que resalta la necesidad de una base de datos robusta y un proceso de entrenamiento riguroso.

La precisión del sistema mejoró significativamente de un 16% a un 98% tras el entrenamiento intensivo, lo que demuestra que, aunque inicialmente la IA no era efectiva, con el entrenamiento adecuado, su capacidad de clasificación se incrementa notablemente. Este resultado subraya la importancia de contar con bases de datos amplias y de alta calidad, así como con un algoritmo bien entrenado para alcanzar un alto nivel de precisión en la identificación de residuos.

En cuanto al tiempo de procesamiento, el proyecto mostró una mejora considerable, reduciendo el tiempo necesario para procesar una imagen de entre 27 y 30 minutos a solo 2 minutos o menos. Esta mejora del 93% en el tiempo de procesamiento indica que la eficiencia del sistema puede incrementarse sustancialmente mediante mejoras en el algoritmo y el hardware utilizado. No obstante, este resultado también revela la importancia de una continua optimización del sistema para mantener y mejorar estos niveles de eficiencia operativa.

El consumo de disco fue mínimo para todos los conjuntos de datos procesados, lo que sugiere que el sistema es eficiente en términos de uso de memoria. Esta eficiencia es

fundamental para la escalabilidad del sistema, permitiendo que maneje grandes volúmenes de datos sin comprometer el rendimiento. Sin embargo, para asegurar que el sistema pueda seguir siendo eficiente a medida que se expande, es crucial seguir optimizando tanto el software como el hardware.

La implementación de herramientas tecnológicas avanzadas como TensorFlow, Kaggle, PyTorch y Panda puede proporcionar un proceso de desarrollo más robusto y eficiente. La evaluación detallada de estas herramientas permitirá seleccionar las más adecuadas para mejorar la precisión y la eficiencia del sistema. Además, integrar el sistema con otros sistemas de gestión de residuos podría optimizar aún más los procesos, proporcionando una solución más completa y efectiva para la separación y reciclaje de residuos.

Los resultados obtenidos demuestran que, aunque el proyecto Verde Inteligente ha alcanzado un alto nivel de precisión y eficiencia, hay áreas que pueden beneficiarse de una mejora continua. La precisión en la clasificación de residuos puede seguir mejorando con un entrenamiento más específico y dirigido, y la integración de nuevas herramientas tecnológicas y sistemas de gestión de residuos puede optimizar el proceso general. Por lo tanto, es fundamental seguir desarrollando y refinando el sistema para maximizar su potencial y contribuir eficazmente a la gestión sostenible de residuos.

## Conclusiones

El análisis de los resultados del proyecto Verde Inteligente permite concluir que se cumplieron satisfactoriamente los objetivos planteados. En términos del objetivo general, que buscaba implementar un prototipo funcional de una banda transportadora para la separación de residuos aprovechables y no aprovechables mediante técnicas de IA, los resultados son positivos. La alta tasa de asertividad, que aumentó de un 16% a un 98% después del entrenamiento, confirma la efectividad del sistema en la identificación y clasificación de residuos.

El diseño y modelado del prototipo de la banda transportadora se llevaron a cabo con éxito. El prototipo fue capaz de integrar los componentes electromecánicos y de software necesarios para su funcionamiento, demostrando que la fase de diseño y modelado cumplió con los requerimientos técnicos y operativos establecidos.

El desarrollo e implementación del algoritmo de IA fue otra área en la que se alcanzaron resultados notables. La capacidad del algoritmo para categorizar residuos aprovechables y no aprovechables se reflejó en la significativa mejora en la precisión del sistema tras el entrenamiento. Esta mejora no solo evidencia la calidad del algoritmo desarrollado, sino también la eficacia del proceso de entrenamiento aplicado.

Finalmente, la integración de los componentes electromecánicos y de software en el prototipo se realizó de manera efectiva, permitiendo que el sistema operara de manera eficiente. La notable reducción en el tiempo de procesamiento de imágenes, de 27-30 minutos a 2 minutos o menos, y el bajo consumo de disco indican una alta eficiencia operativa y un uso óptimo de los recursos del sistema.

El proyecto Verde Inteligente ha cumplido con éxito tanto el objetivo general como los específicos. La precisión y eficiencia logradas demuestran la efectividad del enfoque adoptado y

sugieren que el sistema tiene un gran potencial para futuras mejoras y aplicaciones en la gestión de residuos.

## **Referencias**

- *Tecnologías de reciclado*. (2022, febrero 17). ITENE; webmaster.  
<https://www.itene.com/tecnologias/tecnologias-reciclado/>
- *Contaminación del aire ambiental exterior y en la vivienda: Preguntas frecuentes*. (s/f). Paho.org. Recuperado el 4 de marzo de 2024, de <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire-salud/contaminacion-aire-ambiental-exterior-vivienda-preguntas-frecuentes>
- *Electrónica Digital*. (2023, octubre 19). Revista Española de Electrónica | Todas las noticias de electrónica actualizadas a diario; Revista Española de Electrónica.  
<https://www.redeweb.com/actualidad/electronica-digital/>
- Workifit.com. Recuperado el 3 de marzo de 2024, de <https://www.workifit.com/como-formarse-en-ti-o-aprender-programacion-de-forma-online>
- *Conciencia ecológica: importancia del reciclaje en la actualidad*. Nestlé. Recuperado el 4 de marzo de 2024, de <https://www.nestle.com.co/plataforma-re/importancia-del-reciclaje-actualmente>
- Rodríguez Bertheau, A. M., Martínez Varona, M., Martínez Rodríguez, I., Fundora Hernández, H., & Guzmán Armenteros, T. (2011). Desarrollo tecnológico, impacto sobre el medio ambiente y la salud. *Revista cubana de higiene y epidemiología*, 49(2), 308–319. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1561-30032011000200016](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032011000200016)
- [https://www.nestle.com.co/plataforma-re/importancia-de-reciclar?gad\\_source=1](https://www.nestle.com.co/plataforma-re/importancia-de-reciclar?gad_source=1)
- ¿Qué es la inteligencia artificial (IA)? Oracle.com. Recuperado el 17 de marzo de 2024, de <https://www.oracle.com/co/artificial-intelligence/what-is-ai/>
- Aula. (2023, 6 octubre). Automatización Industrial: Qué es y cómo funciona | Aula21. *aula21 | Formación para la Industria*. <https://www.cursosaula21.com/que-es-la-automatizacion-industrial/>

- Bizkaia.eus. Recuperado el 18 de marzo de 2024, de [https://www.bizkaia.eus/Home2/Archivos/DPTO8/Temas/Pdf/ca\\_GTcapitulo1.pdf?hash=8ae12bf6f90508f3dd98d92826c284ea](https://www.bizkaia.eus/Home2/Archivos/DPTO8/Temas/Pdf/ca_GTcapitulo1.pdf?hash=8ae12bf6f90508f3dd98d92826c284ea)
- *MDF o tablero DM: ventajas y desventajas - Majofesa Maderas.* (2020, 27 enero). MAJOFESA. <https://www.majofesa.com/mdf-o-tablero-dm-ventajas-y-desventajas/>
- InnovaciónDigital, R., & InnovaciónDigital, R. (2023, 21 diciembre). *Sistemas embebidos: qué son y para qué se utilizan.* InnovaciónDigital360. <https://www.innovaciondigital360.com/iot/sistemas-embebidos-que-son-y-para-que-se-utilizan/>
- KeepCoding, R. (2024, 28 febrero). ¿Qué son las redes neuronales convolucionales? *KeepCoding Bootcamps.* <https://keepcoding.io/blog/redes-neuronales-convolucionales/>
- Systèmes, D. (2022, 5 julio). *Impresión 3D.* Dassault Systèmes. <https://www.3ds.com/es/make/guide/process/3d-printing>
- *TI (tecnología de la información): conceptos básicos.* (2023, 28 septiembre). NinjaOne. <https://www.ninjaone.com/es/blog/conceptos-basicos-ti/>
- <https://www.areatecnologia.com>. (s. f.). *Electronica digital principios basicos.* <https://www.areatecnologia.com/electronica/electronica-digital.html>
- Responsabilidad Social Empresarial y Sustentabilidad. (2024, 23 enero). Residuos: qué son, definición, clasificación, manejo y ejemplos. *Responsabilidad Social Empresarial y Sustentabilidad.* <https://responsabilidadsocial.net/residuos-que-son-definicion-clasificacion-manejo-y-ejemplos/>
- Porto, J. P., & Gardey, A. (2022, 17 febrero). *Reciclaje - Qué es, definición, beneficios e importancia.* Definición.de. <https://definicion.de/reciclaje/>

- Pineda, J. M. (2022). Modelos predictivos en salud basados en aprendizaje de maquina (machine learning). *Revista Médica Clínica las Condes*, 33(6), 583-590.  
<https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2022.11.002>
- De las disciplinas matemáticas con mayor número de seguidores actualmente es la, U. (s/f). CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE LÓGICA DIFUSA. Tdx.cat. Recuperado el 18 de marzo de 2024, de  
<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6887/04Rpp04de11.pdf>
- Porta, O. (2023, 24 marzo). *Historia de la visión artificial: así ha evolucionado esta tecnología*. STEMMER IMAGING. <https://es.stemmer-imaging.com/blog/vision-2d-3d/historia-evolucion-vision-artificial/>
- *¿Qué es la visión artificial? - Explicación de la IA y el aprendizaje automático de imágenes - AWS*. (s. f.). Amazon Web Services, Inc. <https://aws.amazon.com/es/what-is/computer-vision/>
- Online, P. (2022, 14 enero). *¿Qué es CAD y qué ventajas tiene?* *Profesional Online*. <https://www.profesionalonline.com/blog/cam/que-es-cad-y-que-ventajas-tiene/>
- Salazar, R. (2024, 12 febrero). *La evolución del CAD: un viaje fascinante de lo analógico a lo digital*. <https://www.linkedin.com/pulse/la-evoluci%C3%B3n-del-cad-un-viaje-fascinante-de-lo-digital-rigo-salazar-xmmje/?originalSubdomain=es>
- Slombana. (2021, 22 julio). *La importancia de la asertividad en el trabajo - SIMEON : Software para Seguridad y Salud en el Trabajo*. SIMEON : Software Para Seguridad y Salud En el Trabajo. <https://simeon.com.co/item/51-la-importancia-de-la-asertividad-en-el-trabajo.html>