

Diseño de un prototipo de clasificación de residuos sólidos mediante visión de inteligencia artificial

Sebastian Carvajal, Sergio Ramirez, Jose Camilo Oyola

February 2024

1 Introducción

Es importante distinguir entre aquellos materiales que ya han cumplido su función y deben ser desechados en forma de residuos aprovechables y aquellos que no lo son. Esto nos permite comprender cuánta contaminación se podría evitar mediante una clasificación adecuada de los residuos. Llegamos al punto en el que los países desarrollados generan más de 700 mil toneladas de basura diariamente, lo que provoca un aumento considerable de la contaminación, tanto en los vertederos como en la atmósfera debido a la incineración de basura. Además, esta incineración emite sustancias tóxicas al ambiente, afecta nuestra salud, contamina nuestros alimentos, destruye los recursos naturales y obstaculiza los esfuerzos de reducción y reciclaje. "Firmar un contrato con una empresa incineradora implica que, durante al menos veinte años, todos los residuos generados en el municipio o establecimiento serán llevados a la planta de incineración." (JENIFFER ANDREA PUENTES AGUILAR, SARA SOFÍA JIMÉNEZ OLARTE. (5 de noviembre de 2023)).

"La clasificación de residuos es el proceso de selección y agrupación de residuos generados en las diferentes actividades humanas. Esta clasificación facilita su manejo, tratamiento y aprovechamiento." (Cómo Se Clasificación los Residuos Sólidos, Reciclables-Ferrovial, 2024). Realizar una correcta clasificación de residuos en los contenedores correspondientes según su material de elaboración, permite que estos puedan ser clasificados y reciclados adecuadamente. Además, facilita el proceso de reciclaje y reduce la cantidad de basura que termina en vertederos, ríos o, en algunos casos, incinerada, disminuyendo así el impacto ambiental negativo.

Existen tres códigos de colores establecidos por la Resolución 2184 de 2019, artículo 4:

-Verde: se depositan residuos orgánicos aprovechables, como algunos restos de comida y desechos agrícolas.

-Blanco: se depositan los residuos aprovechables como plástico, vidrio, metales, multicapa, papel y cartón.

-Negro: se depositan los residuos no aprovechables, es decir, papel higiénico, servilletas, papeles y cartones sucios con comida y otras sustancias, así como también papeles matizados.

(De Prensa, s.f.-b)

“La economía circular es un sistema de aprovechamiento de recursos cuyo pilar son las cuatro ‘R’: reducir, reutilizar, reparar y reciclar. Con este modelo se evita el despilfarro de los recursos naturales” (ECOLEC Waste Hub, 2023).

La automatización de clasificación de residuos según su color permitiría darles una segunda vida a estos materiales, llevando a cabo un proceso de recuperación y reciclaje de la manera más respetuosa con el medio ambiente. Priorizando el beneficio social y medioambiental, relacionándose estrechamente con la sostenibilidad. Reutilizar los materiales cuando su vida útil se agota permite mantener su valor en la economía el mayor tiempo posible.

En la actualidad, se está creando conciencia sobre el aprovechamiento de los recursos, y este proyecto apunta a tener impactos significativos en la sociedad, el medioambiente y la economía. Estos impactos son de suma importancia para las empresas y la sociedad, que dentro de la economía circular aporta las siguientes ventajas y beneficios: reutiliza recursos, haciendo más rentable que crearlos desde cero; cuida el medio ambiente; es un sistema rentable; permite el desarrollo de la innovación en el tejido económico y social, ofreciendo nuevas oportunidades; y promueve la creación de puestos de trabajo.

A partir de lo anterior, surgió la idea de crear canecas de residuos inteligentes para clasificar los adecuadamente, teniendo en cuenta los tres códigos de colores establecidos por la resolución. El desarrollo de este proyecto permite el uso de algunas tecnologías en auge como la inteligencia artificial, la electrónica, la automatización y mediante la integración de ellas, poder ofrecer una solución a la correcta clasificación de residuos sólidos.

2 El problema

En el contexto actual, la falta de conocimiento generalizado en la comunidad acerca de la correcta clasificación de residuos, combinada con la complejidad de las múltiples categorías existentes, plantea un desafío significativo en la gestión eficiente de los desperdicios. Esta situación conduce a la deposición errónea de residuos en contenedores inapropiados, lo que dificulta enormemente su recuperación y reciclaje. Esta dificultad no solo obstaculiza la eficacia de los esfuerzos por avanzar hacia una economía circular, sino que también limita la capacidad de recuperar y reciclar una variedad de materiales de manera eficiente, lo que resulta en una pérdida de recursos valiosos y una mayor presión sobre el medio ambiente.

Ante este escenario, se vuelve imperativo el desarrollo de soluciones tecnológicas innovadoras que aborden estos desafíos de manera efectiva y eficiente. La integración de tecnologías como la inteligencia artificial (IA), las canecas inteligentes y la visión artificial emerge como una estrategia prometedora para

clasificar adecuadamente los residuos, según los códigos de colores de la resolución 2184 de 2019.

Las canecas inteligentes, equipadas con sensores y dispositivos de visión artificial, pueden desempeñar un papel fundamental en esta iniciativa. Estos dispositivos son capaces de detectar y clasificar automáticamente los residuos depositados en ellos, facilitando así el proceso de segregación desde el punto de origen. Mediante el uso de algoritmos de IA, estos sistemas pueden aprender y mejorar continuamente su capacidad de reconocimiento, aumentando la precisión en la clasificación de los materiales y reduciendo al mínimo los errores.

Además, la aplicación de la visión artificial en conjunto con la IA permite el análisis rápido y preciso de grandes volúmenes de datos recopilados durante el proceso de clasificación. Esta capacidad de análisis avanzado proporciona información valiosa sobre los patrones de deposición de residuos, las tasas de reciclaje y otros indicadores clave, que pueden ser utilizados para optimizar aún más los procesos de gestión de residuos y tomar decisiones informadas.

El impacto potencial de estas soluciones tecnológicas va más allá de la simple mejora en la eficiencia operativa. Su implementación exitosa puede conducir a una reducción significativa en la cantidad de residuos mal clasificados, aumentando así la cantidad de materiales reciclables disponibles para su reutilización y reduciendo la contaminación ambiental asociada con la gestión inadecuada de los residuos.

En resumen, el aprovechamiento de la inteligencia artificial, las canecas inteligentes y la visión artificial en la gestión de residuos representa un paso crucial hacia la creación de un sistema de gestión de residuos más eficiente, sostenible y respetuoso con el medio ambiente. Estas tecnologías ofrecen una oportunidad única para transformar la manera en que se aborda el desafío de la clasificación de residuos, promoviendo así un futuro más limpio y próspero para las generaciones venideras.

3 Justificación

Solucionar el problema de la correcta clasificación de residuos no solo puede ayudar a las personas a depositar correctamente los residuos, según los códigos de colores, sino que también tiene un impacto aún más importante en la protección del medio ambiente. Clasificar adecuadamente los residuos permite identificar aquellos que pueden ser reciclados, reutilizados o tratados de manera adecuada para minimizar su impacto ambiental.

Además, la solución del problema contribuye significativamente a la economía circular. De acuerdo con las ventajas mencionadas por ECOLEC, la economía circular aporta beneficios a la sociedad mediante la reutilización de recursos, lo cual es más rentable que crearlos desde cero, considerando el coste económico que conlleva. Este modelo cuida el medio ambiente al evitar la proliferación de residuos y promover el reciclaje. Es un sistema rentable, ya que aprovecha mucho más los materiales y, sobre todo, uno de los aspectos fundamentales que impulsa la economía: la generación de empleo. Esto permite el desarrollo de

la innovación en el tejido económico y social, promoviendo así la creación de puestos de trabajo.

No es ningún secreto que la tecnología, especialmente el auge de la inteligencia artificial desde la década de 1960 ha transformado nuestras vidas de diversas maneras, llegando al punto de resolver muchos problemas que antes parecían imposibles de abordar. Gracias a la inteligencia artificial, se han resuelto numerosos problemas de manera sorprendente, y este caso no es una excepción. En la actualidad, contamos con la visión por computadora y el aprendizaje automático (o machine learning), los cuales pueden ayudarnos a llevar a cabo una clasificación de residuos de manera inteligente.

Todo esto puede lograrse sin que las personas necesiten tener conocimiento previo sobre los códigos de colores para clasificar los residuos orgánicos. Esta es una ayuda invaluable, ya que muchas personas no están bien informadas al respecto o consideran demasiado complicada la cantidad de colores necesarios para clasificar sus residuos. Gracias a la inteligencia artificial, es posible realizar una gestión efectiva de los residuos, clasificándolos adecuadamente antes de reciclar cualquier elemento valioso.

Si se resolviera el problema, tendría un impacto positivo en el medio ambiente y la economía circular. Según Recycle, en la actualidad, una proporción significativa de los residuos se envían a vertederos (alrededor del 24 en el Reino Unido en 2019), a veces incluso cuando las personas que desechan la basura tienen la intención de reciclar. Por lo tanto, si los residuos se depositan en el contenedor equivocado o se mezclan, la carga de clasificación de residuos se vuelve excesiva en términos de costos y tiempo. En este caso, el material potencialmente reciclable puede ser innecesariamente enviado a los vertederos.

Por otro lado, si se resuelve el problema, se evitaría la proliferación de residuos potencialmente reciclables que terminan en vertederos, además de evitar la carga excesiva de clasificación de residuos. Esto contribuiría positivamente a la economía circular, promoviendo el reciclaje y fomentando el desarrollo de la innovación en el tejido económico y social.

Si no se aborda el problema del exceso de residuos que terminan en vertederos debido a una clasificación incorrecta, se desperdiciarían muchos residuos reciclables importantes para el beneficio de la sociedad. Esto afectaría al medio ambiente, generando gases de efecto invernadero, liberando toxinas en el entorno y alterando la biodiversidad natural. Del mismo modo, los residuos no podrían entrar en un nuevo ciclo de vida dentro del modelo de economía circular, ya que no se aprovecharían los materiales por parte de las instalaciones de recuperación, lo que conduciría a una falta de desarrollo tanto en la economía como en la sociedad.”

4 Estado del Arte

En el contexto de la clasificación de residuos sólidos utilizando visión de inteligencia artificial, se ha realizado una revisión exhaustiva de las tecnologías implementadas para este propósito. En esta sección, se abordará primeramente

la variedad de tecnologías empleadas en la clasificación de objetos, seguido por un análisis de los resultados obtenidos y la precisión lograda mediante el uso de estas tecnologías.

1. Clasificación automática de imágenes de cielo mediante Inteligencia Artificial

Según un estudio realizado por Carolina Calvo Herrero, en 2022, menciona un método desarrollado para reconocer la cubierta de nubes utilizando inteligencia artificial y cámaras de cielo, entrenadas para estimar el número de octas en las imágenes tanto de día como de noche. Donde se evalúan varios modelos con métricas como el error cuadrático medio, mostrando buenos resultados. Se destaca un modelo específico como el más efectivo, con una tasa de acierto del 93 considerando un margen de error de una octa. Aunque se observa mayor dispersión en cielos parcialmente despejados, se concluye que el método es económico y de fácil instalación. Se sugiere investigar modelos de IA más rápidos y eficientes, así como la identificación de objetos desconocidos en el cielo, como futuras líneas de investigación.

2. DISEÑO PROTOTIPO DE CANECA DE BASURA INTELIGENTES CAPAZ DE CLASIFICAR LOS RESIDUOS DE FORMA ADECUADA AUTOMÁTICAMENTE Y SEA ADMINISTRADA POR MEDIO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL

De acuerdo a la investigación realizada por Natalia Isabel, en 2022, consistió en el desarrollo de un prototipo de canecas interactivas diseñadas para promover el aprendizaje y la repetición en la separación de residuos. Se creó una interfaz a través del aplicativo MOMENTUM para definir roles de usuario y recopilar información sobre el comportamiento de recolección de basura. Se identificaron los requerimientos de hardware, incluyendo un sensor ultrasónico para alertar sobre la capacidad de las canecas. El análisis de costos demostró su viabilidad financiera y se enfocó en la sostenibilidad ambiental mediante el uso de tecnologías de la información y materiales reciclados. En resumen, el proyecto combina aspectos de aprendizaje, tecnología, eficiencia y sostenibilidad para mejorar la gestión de residuos.

3. SISTEMA INTELIGENTE DE RECICLAJE "OPEN BOT"

Según la investigación de Cristian Israel, en el 2021, "OPEN BOT" ofrece una solución innovadora para reducir la contaminación y fomentar el reciclaje. Utiliza tecnología disponible en el mercado y permite a los usuarios obtener incentivos por reciclar. Su capacidad de compactación y su enfoque en envases PET aseguran un proceso eficiente y seguro, con un margen de error en la compresión de envases de ± 5 . Utiliza software y hardware libre, siendo automático y con capacidad sensorial para realizar acciones como la lectura de códigos de barras y la detección de obstáculos. Con mejoras potenciales como la integración con supermercados y estaciones de servicios, "OPEN BOT" se posiciona como una solución viable para áreas como centros turísticos y educativos, donde el consumo de envases PET es significativo y la reducción de la contaminación es crucial.

5 Pregunta generadora

¿Como se puede crear canecas de basura con reconocimiento de imagenes para ayudar en el proceso de clasificacion de residuos?

6 Objetivos del proyecto

- Diseñar un prototipo de caneca de basura inteligente con el fin de ayudar a clasificar los residuos organicos adecuadamente mediante el reconocimiento de imagenes y automatizar la recolección.
- Objetivos específicos:
- Identificar las diferentes tecnologías a utilizar en sensores (inductivos, capacitivos, ópticos, etc.) para el reconocimiento de materiales.
- Diseñar el sistema de control que permita la colocación de los residuos en los contenedores correspondientes.
- Implementar algoritmos de reconocimiento de imágenes para la construcción del sistema automatizado de clasificación de residuos mediante inteligencia artificial.
- Implementar el prototipo del sistema de control automático para la identificación y clasificación de los residuos.
- Realizar pruebas del sistema de control con diferentes tipos de materiales y establecer los porcentajes de eficacia del sistema.

7 Marco teórico

Residuos solidos

“Son los objetos, materiales, sustancias o elementos que se botan después del consumo de un bien o servicio, pero que en ocasiones pueden ser reutilizados.”

Los residuos sólidos se clasifican en dos: “Residuos orgánicos: se les denomina biodegradables, dado que se descomponen naturalmente. Son aquellos que pueden desintegrarse o degradarse en poco tiempo, transformándose en otro tipo de materia. Ejemplo: restos de vegetales, cáscaras de frutas, hojas secas, etc.”

“Residuos inorgánicos: Por su naturaleza, son residuos que no pueden ser degradados o desdoblados naturalmente. Su descomposición es muy lenta. Estos residuos provienen de minerales y productos sintéticos. Por ejemplo: envases de plástico, latas, vidrios, pilas, jeringas, entre otros.”

Los residuos sólidos también se pueden clasificar según su potencial de reciclaje: “Residuos reciclables: aquellos que pueden ser reutilizados en un proceso productivo y tienen valor comercial. Ejemplo: papel, cartón, vidrio, plásticos, metales, electrodomésticos, ropa usada, restos de vegetales, aceite quemado.”

“Residuos no aprovechables: aquellos de origen orgánico e inorgánico que no se pueden reutilizar o reciclar y no cuentan con valor comercial. Este tipo de residuos son manejados por los municipios para llevarlos a rellenos sanitarios y evitar que se generen problemas de salud. Ejemplos: bolsas de plástico de un solo uso, envases de tecnopor, sorbetes, pilas usadas, pañales, etc.”

(Ministerio de educación de Perú, s/n)

Deep learning

“Deep learning es un subconjunto de machine learning, que es básicamente una red neuronal con tres o más capas. Estas redes neuronales intentan emular el comportamiento del cerebro humano —aunque lejos de igualar su capacidad— pero le permiten “aprender” a partir de grandes cantidades de datos. Aunque una red neuronal con una sola capa ya puede realizar predicciones aproximadas, las capas ocultas adicionales ayudan a optimizar y refinar la precisión.”

“Las redes neuronales de Deep learning, o redes neuronales artificiales, tratan de imitar el cerebro humano a través de una combinación de entradas de datos, ponderaciones y sesgos. Estos elementos trabajan conjuntamente para reconocer, clasificar y describir con precisión los objetos dentro de los datos. Las redes neuronales profundas constan de varias capas de nodos interconectados, cada uno sobre la capa anterior para refinar y optimizar la predicción o categorización. Esta progresión de cálculos a través de la red se denomina propagación hacia adelante. Las capas de entrada y salida de una red neuronal profunda se denominan capas visibles. La capa de entrada es donde el modelo de Deep learning ingiere los datos para el procesamiento, y la capa de salida es donde se realiza la predicción o clasificación final. Otro proceso llamado propagación inversa utiliza algoritmos, como pendiente de gradiente, para calcular errores en las predicciones y luego ajusta las ponderaciones y los sesgos de la función moviéndose hacia atrás a través de las capas con la finalidad de entrenar el modelo. Juntas, la propagación hacia adelante y la propagación inversa permiten a la red neuronal realizar predicciones y corregir los errores en consecuencia. Con el tiempo, el algoritmo va ganando precisión.”

(¿Qué Es Deep Learning? — IBM, s. f.)

Redes neuronales

“Una red neuronal es un método de la inteligencia artificial que enseña a las computadoras a procesar datos de una manera que está inspirada en la forma en que lo hace el cerebro humano. Se trata de un tipo de proceso de machine learning llamado aprendizaje profundo, que utiliza los nodos o las neuronas interconectados en una estructura de capas que se parece al cerebro humano. Crea un sistema adaptable que las computadoras utilizan para aprender de sus errores y mejorar continuamente. De esta forma, las redes neuronales artificiales intentan resolver problemas complicados, como la realización de resúmenes de documentos o el reconocimiento de rostros, con mayor precisión.”

“El cerebro humano es lo que inspira la arquitectura de las redes neuronales. Las células del cerebro humano, llamadas neuronas, forman una red compleja y con un alto nivel de interconexión y se envían señales eléctricas entre sí para ayudar a los humanos a procesar la información. De manera similar, una red neuronal artificial está formada por neuronas artificiales que trabajan juntas

para resolver un problema. Las neuronas artificiales son módulos de software, llamados nodos, y las redes neuronales artificiales son programas de software o algoritmos que, en esencia, utilizan sistemas informáticos para resolver cálculos matemáticos.”

(¿Qué Es una Red Neuronal? - Explicación de las Redes Neuronales Artificiales - AWS, s. f.)

Redes neuronales convulsionales

“las redes neuronales son un subconjunto del machine learning y el núcleo de los algoritmos de aprendizaje profundo. Están compuestas por capas de nodos, que incluyen una capa de entrada, una o más capas ocultas y una capa de salida. Cada nodo está conectado a otro y tiene un peso y un umbral asociados. Si la salida de un nodo individual está por encima del valor de umbral especificado, ese nodo se activa y envía datos a la siguiente capa de la red. De lo contrario, no se pasa ningún dato a la siguiente capa de la red.”

“Las redes neuronales convolucionales se distinguen de otras redes neuronales por su rendimiento superior con entradas de imagen, voz o señales de audio. Se componen de tres tipos principales de capas: • Capa convolucional • Capa de agrupación • Capa totalmente conectada La capa convolucional es la primera capa de una red convolucional. Si bien las capas convolucionales pueden ir seguidas de otras capas convolucionales o de capas de agrupación, la capa final es la capa totalmente conectada. Con cada capa, la CNN aumenta en complejidad, identificando partes cada vez más grandes de la imagen. Las primeras capas se centran en características simples, como colores y bordes. A medida que los datos de la imagen avanzan a través de las capas, la CNN comienza a reconocer elementos o formas más grandes hasta que finalmente identifica el objeto esperado.”

(¿Qué Son las Redes Neuronales Convolucionales? — IBM, s. f.)

Internet de las cosas (IOT)

“El término IoT, o Internet de las cosas, se refiere a la red colectiva de dispositivos conectados y a la tecnología que facilita la comunicación entre los dispositivos y la nube, así como entre los propios dispositivos. Gracias a la llegada de los chips de ordenador de bajo coste y a las telecomunicaciones de gran ancho de banda, ahora tenemos miles de millones de dispositivos conectados a Internet. Esto significa que los dispositivos de uso diario, como los cepillos de dientes, las aspiradoras, los coches y las máquinas, pueden utilizar sensores para recopilar datos y responder de forma inteligente a los usuarios.”

“Un sistema común de IoT funciona mediante la recopilación y el intercambio de datos en tiempo real. Un sistema del IoT tiene tres componentes:

Dispositivos inteligentes Se trata de dispositivos, como un televisor, una cámara de seguridad o un equipo de ejercicio, a los que se les dotó de capacidades de computación. Recopila datos de su entorno, de las entradas de los usuarios o de los patrones de uso y comunica los datos a través de Internet hacia y desde su aplicación de IoT.

Aplicación de IoT Una aplicación de IoT es un conjunto de servicios y software que integra los datos recibidos de varios dispositivos de IoT. Utiliza tecnología de machine learning o inteligencia artificial (IA) para analizar estos datos

y tomar decisiones informadas. Estas decisiones se comunican al dispositivo de IoT y este responde de forma inteligente a las entradas.

Una interfaz de usuario gráfica El dispositivo de IoT o la flota de dispositivos pueden administrarse a través de una interfaz de usuario gráfica. Algunos ejemplos comunes son una aplicación móvil o un sitio web que pueden utilizarse para registrar y controlar dispositivos inteligentes.”

(¿Qué Es IoT? - Explicación del Internet de las Cosas - AWS, s. f.-b)

8 Metodología

El enfoque lineal conocido como método cascada se caracteriza por dividir las tareas de desarrollo del proyecto en distintas fases. Este método resulta beneficioso debido a su estructura secuencial, que permite avanzar progresivamente de una fase a otra. Iniciaremos nuestro proyecto siguiendo este modelo, dividiendo las actividades en las siguientes etapas: análisis, diseño, implementación, pruebas y análisis de resultados.

En la fase de análisis, se llevará a cabo una exhaustiva comprensión de los requisitos del proyecto, identificando las necesidades y expectativas. Esta etapa sienta las bases sólidas para el desarrollo del sistema, al definir claramente los requisitos funcionales y no funcionales.

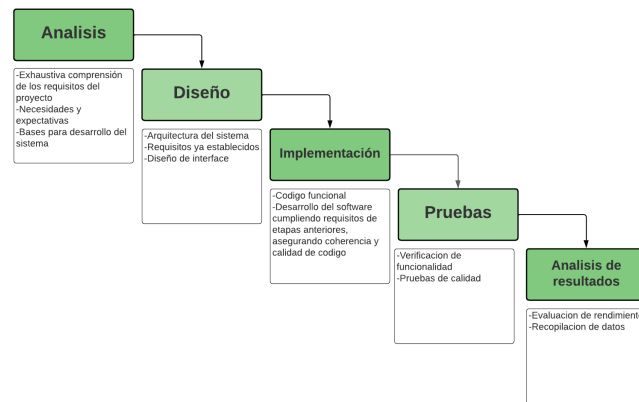
Luego, en la fase de diseño, se elaborará una arquitectura detallada del sistema, considerando los requisitos establecidos en la fase de análisis. Se diseñarán interfaces de usuario intuitivas y eficientes, así como modelos de datos y diagramas de flujo que guiarán la implementación del sistema.

La implementación constituye la etapa en la que se transforma el diseño conceptual en código funcional. Se codificará el software siguiendo las especificaciones definidas en las fases anteriores, asegurando la coherencia y la calidad del código.

Una vez implementado, se procederá a realizar pruebas exhaustivas para verificar la funcionalidad y calidad del sistema. Se llevarán a cabo pruebas unitarias, de integración y de sistema, con el objetivo de detectar y corregir posibles errores o fallos en el software.

Finalmente, en la etapa de análisis de resultados, se evaluará el rendimiento y la eficacia del sistema, comparando los resultados obtenidos con los objetivos establecidos inicialmente. Se recopilarán los comentarios de los usuarios finales para identificar áreas de mejora y posibles actualizaciones.

Es importante destacar que el modelo cascada permite retroceder a una fase anterior en caso de ser necesario, por ejemplo, para realizar revisiones o mantenimiento. Esta capacidad de revisión y ajuste contribuye a garantizar la calidad y la adaptabilidad del sistema desarrollado.



9 Desarrollo - (¿Describe como serian las etapas?)

- **Análisis:** Realizamos una investigación exhaustiva sobre cómo clasificar la basura utilizando tecnología inteligente. Para ello, revisamos muchos estudios y también hablamos con las personas que usan los contenedores de basura. De esta manera, pudimos entender lo que necesitan y esperan los usuarios finales. Descubrimos que es importante clasificar la basura de manera precisa, que sea fácil de usar y que se pueda integrar con los sistemas de gestión de basura que ya existen.
- **Diseño:** Basándonos en lo que aprendimos durante el análisis, diseñamos los contenedores de basura inteligentes. Decidimos dónde poner los sensores y los sistemas de clasificación para poder identificar y separar la basura según los colores que se establecieron en una resolución del año 2019. También creamos algoritmos que utilizan tecnología inteligente para reconocer y clasificar la basura en tiempo real. Además, diseñamos cómo funcionará el sistema en general, eligiendo los componentes electrónicos necesarios, como cámaras, sensores y unidades de procesamiento. También creamos una interfaz que permitirá a las personas interactuar con los contenedores inteligentes, además de permitir retroalimentación a los usuarios, generando conciencia y educación sobre el buen uso y clasificación de desechos.
- **Implementación:** Construimos prototipos de los contenedores inteligentes utilizando los diseños que hicimos anteriormente. Instalamos los sistemas

de tecnología inteligente y los algoritmos de clasificación en los contenedores, asegurándonos de que pudieran reconocer y separar la basura correctamente según los colores establecidos. Además, conectamos todos los componentes electrónicos y de software para que el sistema funcione de manera fluida y eficiente. También creamos una interfaz que permitirá a las personas interactuar con los contenedores y ver información sobre cómo se clasifica la basura.

- **Pruebas:** Realizamos pruebas exhaustivas para asegurarnos de que el sistema de clasificación funcione correctamente y sea preciso. Hicimos pruebas en un laboratorio para evaluar cómo funciona el sistema en condiciones controladas, y también hicimos pruebas en lugares reales para ver cómo funciona el sistema en situaciones cotidianas. También evaluamos la interfaz para asegurarnos de que sea fácil de usar para las personas. Hicimos ajustes y mejoras según los resultados de las pruebas para que el sistema funcione de la mejor manera posible.
- **Análisis de resultados:** Analizamos los resultados de las pruebas y los comparamos con los requisitos que establecimos al principio. Identificamos áreas en las que se puede mejorar el sistema y también posibles cambios en el diseño y la implementación. Utilizamos los datos que recopilamos durante las pruebas para hacer que el sistema de clasificación sea más preciso y eficiente. También evaluamos cómo este proyecto puede ayudar a mejorar la gestión de la basura y el medio ambiente, identificando posibles beneficios y áreas en las que se puede investigar y desarrollar en el futuro.

10 Conclusiones

En conclusión, la integración de tecnologías como la inteligencia artificial y la visión artificial en la gestión de residuos sólidos representa un avance significativo hacia la creación de un sistema más eficiente y sostenible. Al utilizar algoritmos de IA y dispositivos de visión artificial, podemos automatizar el proceso de clasificación de residuos, mejorando la precisión y reduciendo los errores humanos. Esto no solo facilita la segregación de residuos desde el punto de origen, sino que también proporciona información valiosa sobre los patrones de deposición y las tasas de reciclaje, que pueden utilizarse para optimizar aún más los procesos de gestión de residuos.

Teniendo presente lo anterior, la propuesta de las canecas inteligentes, equipadas con sensores y conectadas a sistemas de IA, pueden identificar y clasificar automáticamente los tipos de residuos depositados, asegurando que cada material se dirija al contenedor adecuado. No solo aumenta la eficiencia en la separación de residuos, sino que también educa a los usuarios sobre prácticas adecuadas de reciclaje al proporcionar retroalimentación en tiempo real además de proporcionar información sobre su nivel de llenado y optimizando las rutas de recolección para reducir costos y emisiones.

Esta tecnología también fomenta la economía circular al aumentar la cantidad de materiales reciclables disponibles y reducir la contaminación ambiental asociada con la gestión inadecuada de los residuos. Al promover el reciclaje y la reutilización de recursos, se minimiza la necesidad de extraer y procesar materias primas, lo que a su vez reduce la huella ecológica y contribuye a la conservación de los recursos naturales.

En última instancia, el uso de inteligencia artificial y visión artificial en la gestión de residuos no solo tiene el potencial de transformar la forma en que abordamos los desafíos ambientales, sino que también nos acerca a un futuro más limpio, sostenible y próspero para las generaciones venideras.

11 Referencias bibliográficas

- Repo UES:: Home. (s. f.-b). <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/13463/1/Investigaci>
- <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/587e7606-47b6-43aa-984a-78a91b9f8155/content>
- Repo UES:: Home. (s. f.-b). <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/13463/1/Investigaci>
- ¿Cómo se realiza la clasificación de residuos? - Centro de Gestión Ambiental. (s.f.). <https://gestionambiental.utp.edu.co/informacion-de-interes/como-se-realiza-la-clasificacion-de-residuos>
- Ecoembes. (2021, 9 julio). Cómo se clasifican los residuos. Ecoembes Reduce Reutiliza y Recicla. <https://reducereutilizarecicla.org/como-se-clasifican-los-residuos/>
- Equipo editorial de IONOS. (2019, 11 marzo). El modelo en cascada: desarrollo secuencial de software. IONOS Digital Guide. <https://www.ionos.es/digitalguide/paginas-web/desarrollo-web/el-modelo-en-cascada/>
- Laoyan, S. (2024, 6 febrero). Qué es la metodología waterfall y cuándo utilizarla [2024] • Asana. Asana. <https://asana.com/es/resources/waterfall-project-management-methodology>
- Ministerio de educación de Perú. (s/n). Conocemos qué son los residuos sólidos. s/n. <https://resources.aprendoencasa.pe/red/modality/ebr/level/secundaria/grade/1/speciality/speciality/0/resources/s35-secundaria-1-ct-recursos-1.pdf>
- ¿Qué es Deep Learning? — IBM. (s. f.). <https://www.ibm.com/es-es/topics/deep-learning>
- ¿Qué es una red neuronal? - Explicación de las redes neuronales artificiales - AWS. (s. f.-b). Amazon Web Services, Inc. <https://aws.amazon.com/es/what-is/neural-network/>
- ¿Qué son las redes neuronales convolucionales? — IBM. (s. f.-b). <https://www.ibm.com/es-es/topics/convolutional-neural-networks>

- ¿Qué es IoT? - Explicación del Internet de las cosas - AWS. (s. f.-b). Amazon Web Services, Inc. <https://aws.amazon.com/es/what-is/iot/>
- Cómo se clasificación los residuos sólidos, reciclables- Ferrovial. (2024, 9 enero). Ferrovial. <https://www.ferrovial.com/es/recursos/clasificacion-de-residuos/:text=La>
- ECOLEC Waste Hub. (2023, 15 junio). Economía circular. Especial Ecolec — Reciclaje y gestión de RAEE. <https://ecolec.es/informacion-y-recursos/economia-circular/>
- JENIFFER ANDREA PUENTES AGUILAR,SARA SOFÍA JIMÉNEZ OLARTE. (5 de noviembre de 2023). PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS POR MEDIO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN SITIOS DE DISPOSICIÓN EN LA UNIVERSIDAD EAN. OlarteSara2023.pdf. <https://repository.universidadean.edu.co/bitstream/handle/1088>
- De Prensa, S. (s.f.-b). Gobierno unifica el código de colores para la separación de residuos en la fuente a nivel nacional — Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/noticias-minambiente/4595-gobierno-unifica-el-codigo-de-colores-para-la-separacion-de-residuos-en-la-fuente-a-nivel-nacional>