**DISEÑO Y PROTOTIPO DE PLANTA SELECCIONADORA Y CLASIFICADORA DE BOTELLAS DE PLÁSTICO CON VISIÓN ARTIFICIAL Y MACHINE LEARNING PARA LA EMPRESA ASOMUFAMEDIO**

**ANDRÉS FELIPE PALOMÁ COLLAZOS**

**SERGIO DAVID CAQUIMBO DUSSÁN**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**NEVA – HUILA**

**2023**

**DISEÑO Y PROTOTIPO DE PLANTA SELECCIONADORA Y CLASIFICADORA DE BOTELLAS DE PLÁSTICO CON VISIÓN ARTIFICIAL Y MACHINE LEARNING PARA LA EMPRESA ASOMUFAMEDIO**

**ANDRÉS FELIPE PALOMÁ COLLAZOS**

**CÓDIGO: 20181167824**

**SERGIO DAVID CAQUIMBO DUSSÁN**

**CÓDIGO: 20181166277**

**Trabajo de grado presentado como requisito para obtener el título de Ingeniero Electrónico**

**Director:**

**Diego Fernando Sendoya Losada**

**Ingeniero Electrónico, MSc en Ingeniería de Control Industrial.**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**NEVA – HUILA**

**2023**

Notas de Aceptación

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Firma del presidente del Jurado

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Firma del Jurado

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Firma del Jurado

\*Fecha de emisión\*

*Agradezco…*

*Andrés Felipe Palomá Collazos*

*Agradezco…*

*Sergio David Caquimbo Dussan*

**AGRADECIMIENTOS**

Un agradecimiento especial…

**Tabla de contenido**

Pag.

[**1.** **INTRODUCCIÓN** 11](#_Toc140327830)

[**2.** **OBJETIVOS** 12](#_Toc140327831)

[2.1. OBJETIVO GENERAL 12](#_Toc140327832)

[2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 12](#_Toc140327833)

[**3.** **MARCO DE TRABAJO** 13](#_Toc140327834)

[**4.** **METODOLOGÍA Y RESULTADOS** 14](#_Toc140327835)

[4.1. ETAPAS DE DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN 16](#_Toc140327836)

**LISTA DE TABLAS**

pág.

Tabla 1. 1

Tabla 2. 4

**LISTA DE ANEXOS**

pág.

Tabla 1. 1

Tabla 2. 4

**RESUMEN**

Este trabajo de grado en modalidad de tesis presenta el diseño y prototipo de un sistema a base de software y automatización electrónica capaz de seleccionar, identificar botellas de plástico de otros materiales reciclables y clasificarlas según su color, aplicando un modelo de Machine Learning entrenado con una base de datos creada por los mismos tesistas y con técnicas de visión artificial para obtener toda la información necesaria a base de imágenes y video a tiempo real.

Tanto el Machine Learning como la Visión Artificial son ramas de la inteligencia artificial en donde el primero se enfoca en darle conocimiento al sistema o modelo para que este pueda tomar decisiones y trabajar a base de importación, exploración, preprocesamiento y extracción de características de bases de datos; en cambio, la Visión artificial se ocupa del procesamiento, análisis e interpretación de imágenes digitales. Los tesistas aprovecharon estas tecnologías modernas para entrenar un modelo de ML capaz de identificar cuando un objeto reciclable es una botella, si es una botella se aplican técnicas de visión artificial para detectar si aquella botella detectada es de plástico e identificar el color de ella misma.

Obteniendo este proceso de software, se realizó un prototipo de una planta a baja escala, esta tiene una banda transportadora en donde pasa cada objeto reciclable que será capturado por el sistema y así se pueda identificar y clasificar si es una botella de plástico, estos resultados se podrán visualizar a tiempo real gracias a otra implementación de un circuito electrónico. Este prototipo tiene como objetivo validar el desarrollo a gran escala de una planta clasificadora por la empresa ASOMUFAMEDIO.

**ABSTRACT**

# **INTRODUCCIÓN**

A nivel mundial conocemos el impacto ambiental negativo que produce el plástico (en su mayoría botellas), sabemos que su producción es creciente debido a la gran utilidad de este material y que la mayoría de sus residuos para su generación no son renovables[[1]](#footnote-2), esto nos lleva a que nuestra única posible solución es deteniendo su demanda gracias al reciclaje, ya que contiene diversas alternativas para esta problemática tanto a bajo como a alta escala y generando estudios para se pueda aprovechar su reutilización[[2]](#footnote-3). En diferentes empresas relacionadas con los sanitarios de basura y de cuidado del medio ambiente impulsan el reciclaje a través de la conversión de residuos en nuevos productos; estas empresas buscan una mayor organización a los extensos procesos de clasificación, tratamiento y monitoreo de los materiales reciclados más demandados con la finalidad de seccionar por tipo de material y así comenzar su proceso de reutilización con diferentes métodos mecánicos, químicos, energéticos y biológicos[[3]](#footnote-4). Lo más común en estas compañías es realizar las supervisiones y la clasificación de materiales reciclables que en su mayoría son botellas de plástico de manera manual, generando el riesgo para las personas al exponerse a materiales tóxicos y peligrosos como el contacto con sustancias cáusticas o corrosivas; y un control no tan efectivo en la recolección de estos materiales[[4]](#footnote-5).

Existen también otras formas para poder clasificar el plástico que se llevan a cabo en un nivel más sistemático

# **OBJETIVOS**

## 2.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema automatizado de detección y selección de botellas de plástico dentro de otros materiales reciclables y clasificarlas por colores para garantizar eficiencia en el proceso de separación de botellas y una mejor organización de gastos en la empresa ASOMUFAMEDIO.

## 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

* Detección y separación de botellas de plástico dentro de diferentes materiales reciclables utilizando herramientas de reconocimiento inteligente, redes neuronales aplicando métodos de Machine Learning con bases de datos y técnicas de visión por computador.
* Clasificar las botellas de plástico detectadas por color aplicando funciones y técnicas de visión por computador.
* Implementar a pequeña escala el sistema automatizado de separación de botellas de plástico de otros materiales y su clasificación por color, asegurando el correcto funcionamiento de los algoritmos y del sistema.

# **MARCO DE TRABAJO**

# **METODOLOGÍA Y RESULTADOS**

La metodología de este trabajo de grado se basa en luego de tener el análisis del problema, empezar a revisar las alternativas de solución para elegir el mejor diseño, luego se estructura en etapas el desarrollo del diseño y la implementación del sistema. A continuación, podremos observar el flujo de alto nivel de las actividades realizadas para llegar a la implementación de este sistema:

Figura #. Diagrama de Metodología

Diagrama

Descripción generada automáticamente

En base al diagrama de Metodología, las primeras etapas de definición del problema, de la solución y de la investigación fueron definidas previamente en el anteproyecto que dio viabilidad a este proyecto junto con el marco de trabajo y estado del arte, dando forma a las siguientes actividades que anuncian los métodos más factibles para el desarrollo de este sistema automatizado. La etapa de Análisis y Síntesis de la solución es la propuesta a la estructura de las técnicas, conceptos y funciones de los sistemas a utilizar para poder plantear un Happy-Path (proceso lineal ideal) que sea viable para que el proyecto funcione correctamente frente a las muestras y a la información que tendrá de entrada, estas actividades fueron claves para la optimización con el objetivo de tener un sistema automatizado más robusto y exacto, teniendo en cuenta todas las herramientas que nos brinda el desarrollo de software, el procesamiento digital y la implementación electrónica. Luego, la etapa de desarrollo en donde aplicamos los conocimientos obtenidos en la carrera y en gustos personales para llevar a cabo un diseño de etapas que corresponden a algoritmos capaces de detectar y clasificar las botellas de plástico por color, proporcionándonos una respuesta de salida que será la entrada a la etapa de visualización para la observación de los resultados de clasificación a baja escala esperados con materiales y circuitos electrónicos.

## 4.1. ETAPAS DE DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN

Las etapas de desarrollo e implementación son de diseño de algoritmos y a la vez de construcción de una planta a baja escala que simulará lo que se puede implementar a nivel industrial con este proyecto, planteando una idea prometedora para las empresas y asociaciones que desempeñan las labores de clasificación de materiales reciclables. La primer etapa corresponde a la selección de y clasificación de Botellas por medio de modelo de Machine Learning, esto para ir separando el material en cuestión más importante y más demandado en estos procesos, luego tendremos la etapa de detección de plástico, esto para separar los posibles casos en donde se encuentren botellas de vidrio y así pulir nuestra a planta a solo trabajar con botellas de plastico, para luego si entrar a la etapa de detección de color y saber en qué grupo debe ir la botella de plástico. A continuación, observaremos el flujo del proceso ideal que plantea al funcionamiento del proceso junto con la explicación de las etapas de desarrollo tanto en los algoritmos, como en la construcción de la implementación y los materiales pertinentes.

Figura #. Flujo principal del sistema

Diagrama

Descripción generada automáticamente

1. TÉLLEZ MALDONADO, Alejandra. La complejidad de la problemática ambiental de los residuos plásticos: una aproximación al análisis narrativo de política pública en Bogotá. [en línea]. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia, 2012 [Fecha consulta: 27 de mayo 2023]. Disponible en: https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/10015. [↑](#footnote-ref-2)
2. ARTHUZ-LÓPEZ, L.; PÉREZ-MORA, W. Alternativas de bajo impacto ambiental para el reciclaje del poliestireno expandido a nivel mundial.[en línea]. Artículo de revisión. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA (Colombia), 2019 [Fecha consulta: 27 de mayo 2023]. Disponible en: https://revistas.sena.edu.co/index.php/inf\_tec/article/view/1638. ISSN: 2256-5035. [↑](#footnote-ref-3)
3. Proceso de reciclaje [sitio web]. Guadalajara: Aseca. [Fecha consulta: 28 de mayo 2023]. Disponible en: https://aseca.com/proceso-de-reciclaje. [↑](#footnote-ref-4)
4. Los riesgos de la gestión de residuos – Protección laboral [sitio web]. Interempresas. [Fecha consulta:28 de mayo 2023]. Disponible en: https://www.interempresas.net/Proteccion-laboral/Articulos/213083-Los-riesgos-de-la-gestion-de-residuos.html [↑](#footnote-ref-5)