

# DATOS DE ENTRADA PARA CLASIFICACIÓN DE MATERIALES RECICLABLES POR MEDIO DE UNA RED NEURONAL

---

*Luz Jackeline Yanguéz Franco*

Universidad Tecnológica de Panamá  
Facultad de Ingeniería Eléctrica  
Panamá – Panamá

*Diego Antonio Lizondro Gómez*

Universidad Tecnológica de Panamá  
Facultad de Ingeniería Eléctrica  
Panamá – Panamá

All content in this magazine is licensed under a Creative Commons Attribution License. Attribution-Non-Commercial-Non-Derivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).



**Resumen:** Este proyecto busca una forma alternativa para clasificar basura reciclable de forma autónoma y eficiente. Usando principios de la física logramos distinguir entre latas de aluminio, botellas plásticas y cartones tetra pak mediante el uso de un detector de metales, láseres y sensores de luz. El funcionamiento de este mecanismo consiste en activar el detector de metales y enviar datos de entrada al sistema para gestionar un mecanismo que lo dirija a su contenedor correspondiente, en caso de no detectar material ferroso se activará el láser para atravesar el objeto y así la luz sea recibida por los sensores de fotoresistencia en el lado **opuesto**. De esta manera, el sistema tendrá la información necesaria para indicar al mecanismo el tipo de material reciclable y trasladarlo a su respectivo **contenedor**. En caso de fallar ambas pruebas la máquina asumirá que se trata de material tetra pak y lo dirigirá al contenedor correspondiente. Este sistema tiene el fin de automatizar la clasificación de distintos materiales de uso cotidiano para reciclar.

**Palabras clave:** Red neuronal, reciclaje, refracción de luz, sensores, metal.

## INTRODUCCIÓN

Reciclar en Panamá ha sido una lucha constante a pesar de la implementación de medidas para controlar el desborde de basura en la comunidad. Instituciones como Mi ambiente, Gemadis y otras entidades gubernamentales y privadas han intentado planes de disminución de desechos en Panamá que han sido de gran avance para el país.

En la actualidad, se han implementado nuevas formas de hacer el proceso de reciclaje algo sencillo e incentivador por medio de la maquinaria “Ecobox” fue creada con fines de concienciación social y tuvo sus orígenes en Colombia por estudiantes egresados de la Universidad Pontificia Bolivariana para incentivar a las personas a reciclar y adquirir

este hábito por medio del intercambio de materiales reciclables y beneficio monetario o comercial en tal reciprocidad (Florez, 2017) [1] . Sin embargo, se ha encontrado información de investigaciones relacionadas en el ámbito de la clasificación de objetos e imágenes en el área de mecatrónica, mecánica e informática. Ejemplo de lo antes mencionado es la “Máquina Clasificadora de Flores” realizado por ingenieros de la Universidad Nacional de Colombia con sede en Bogotá (Martinez, 2015)[2] . Esta maquinaria busca facilitar el trabajo manual que realizaba una finca agrícola en el manejo de invernaderos en Sábana de Bogotá, Colombia. Aunado a esto, parte de las herramientas para la realización de este proyecto fue necesario el manejo del software libre de “Linux” para así poder añadirle un mayor número de interfaces. Utiliza cámaras Basler SC640 – 70 FPS con interfaz firewire 800 bajo el software coriander. Para controlar el sistema y prototipos creados utilizaron CAD inventor y QtCreator; sin embargo, la interfaz de control fue desarrollada en la plataforma de programación C++.

Otra investigación que guarda relación al proyecto a desarrollarse sobre el Clasificador de Basura es “Diseño E Implementación De Una Máquina Automática Clasificadora De Objetos Según Su Color Detectados Mediante Un Sensor De Color Y Clasificados Por Un Brazo Robótico” desarrollado por José Luis Surita Perez de la Universidad de las Fuerzas Armada ESPE en Latacunga Ecuador [3] . Este proyecto se basó en la clasificación de objetos de acuerdo al color emitido por reflexiones de luz e identificado por sensores de color de modo que identifique los objetos que son similares y los separe de los diferentes apoyándose en un brazo robótico con el fin de facilitar los procesos industriales que han fabricado masivamente diferentes productos. En esta investigación fue necesario utilizar sensores magnéticos, ultrasónicos,

fotoeléctricos, de proximidad capacitivos e inductivos.

Además de las investigaciones mencionadas también es de apoyo para este proyecto el trabajo realizado en la Universidad Complutense de Madrid por Pedro Pablo García acerca de la modalidad del reconocimiento de imágenes mediante un dispositivo móvil que conectado a un servidor web almacena la información captada para luego ser clasificada por una red neuronal entrenada para realizar tal proceso (García, 2012) [4].

Por lo general cuando se habla de elaboración de una red neuronal, en programación, es natural asociarlo con el reconocimiento de imágenes que consiste en tomar múltiples fotos de un mismo objeto en diferentes posiciones para que el mismo al ser colocado frente a un sensor o cámara pueda ser identificado. Lo complicado de este método radica en que si el objeto está posicionado de forma que no se haya capturado en fotografía anteriormente, entonces no será reconocido como tal, aunque se trate del mismo objeto fotografiado. Por lo que, el entrenamiento de una red neuronal para clasificar, en este caso, materiales reciclables provenientes de desechos comerciales de alimentos; como latas, vidrio y plástico, se tornaría muy complejo y puede tardar varios meses e incluso años dependiendo de los logros obtenidos conforme avance dicha investigación. Por esta razón, el equipo de investigación que ha desarrollado este proyecto, propone una alternativa a esta problemática algo distinta que consiste en brindarle a la red neuronal datos de entrada proveniente de lecturas de sensores de luz y detección de metal utilizando programación con arduino y basados en conocimientos de física sobre la refracción y reflexión de luz en materiales cuya composición pueda ser atravesada para el caso del plástico, como

también para la detección de materiales ferrosos como el aluminio por medio de un detector de metales.

Este artículo contiene cinco secciones. La segunda sección describe la programación y el desarrollo del proyecto, los materiales que utilizamos, el procedimiento que seguimos y el porqué del mismo. La tercera sección contiene los resultados que obtuvimos tabulados y graficados. La cuarta sección es acerca de las conclusiones a las que llegamos después de desarrollado el proyecto y finalmente la quinta sección es para agradecer a las personas que aportaron conocimientos para que esta investigación pudiese realizarse.

## **PROGRAMACIÓN Y DESARROLLO**

El diseño e implementación de una red neuronal es un proceso complejo que toma tiempo desarrollar, ya que para tal fin es necesario aplicar conocimientos matemáticos de acuerdo con el tipo de programación que conlleve la naturaleza del artefacto y las funciones que se le añadirán. Por tal razón, para elaborar dicha programación es necesario tener conocimiento de los datos que se le asignan a la red y cómo se recolectarán dichos datos. También, una pieza fundamental es tener pleno conocimiento del tipo de red neuronal a desarrollar, el lenguaje de programación, los sensores, mecanismos o sistemas que tomarán esa data y el orden en que será procesada la información.

Si bien es cierto, para el modelo de clasificación de objetos o en este caso, desechos reutilizables, se acostumbra a tomar los datos para el diseño de la red neuronal por reconocimiento de imágenes o sensores de color. No obstante, por sencillo que parezca el lograr entrenar la red para que complete las funciones es un reto constante en contra del tiempo que ocupa, ya que minuciosos detalles deben ser tomados en cuenta para que este sistema no falle y reduzca sus errores.

A diferencia de proyectos anteriormente realizados, en este utilizamos, para introducir los datos, un sistema totalmente diferente. En lugar de tomar muchas fotos de un mismo objeto en diferentes posiciones, que es el método para el reconocimiento por imágenes, se hizo mediante analogías físicas como lo es la detección de metales por el campo electromagnético utilizando las lecturas de frecuencia de resonancia de las bobinas. Esto le brinda a la red la primera información para identificar si hay presencia de metal o no, para luego hacer la separación entre un material metálico y no metálico. Esto se logra mediante la lectura de la inductancia programada con Arduino y las oscilaciones que repercuten en el metal provocados por vibraciones leídos por un osciloscopio.

Esto en el caso de metales, sin embargo, para el reconocimiento de botellas de plástico, se ha elaborado un modelo basado en sensores de luz de modo que al detectar un objeto dentro de la máquina se dispare un láser y por principios físicos de reflexión de la luz, al ser plástico dicha luz atravesará el material haciendo contacto con el sensor opuesto. Esta sería otra fuente de información para la red neuronal a implementar, puesto que la idea original en principio es un modelo que pudiese probar la eficacia de implementar una red neuronal en depósitos de desechos reutilizables y sin duda alguna, este es otra manera de ingresar los datos para el funcionamiento de una red neuronal para tal fin.

Esto involucraría entonces, que la máquina ya existente de almacenamiento de materiales de reciclaje, se le añada los mismo materiales o mecanismos utilizados para poder realizar tal reconocimiento y después la planificada separación.

De modo que este método sería una forma diferente de brindarle información a la red neuronal de forma distinta a las anteriormente

planteadas por reconocimiento de imagen o sensores de color.

Los materiales que se han utilizado para el desarrollo del mismo consisten en:

Materiales para el sensor de luz	Materiales para el detector de metales
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arduino uno</li> <li>- Sensor LDR</li> <li>- Un laser</li> <li>- Alimentación de 5 voltio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Un arduino mega</li> <li>- Dos capacitores de 1 microfaradio</li> <li>- Un capacitor de 10k faradio.</li> <li>- Resistencias 300 ohm y 230 ohm</li> <li>- Una protoboard</li> <li>- Alambre de cobre para bobina artesanal de 40 vueltas</li> <li>- Tape negro</li> <li>- Osciloscopio</li> <li>- Alimentación de 5 voltio</li> </ul>

Tabla 1. Materiales.

El proyecto consta de dos partes. La primera parte hace uso de Arduino Uno conectando el sensor de luz a un puerto analógico, luego a tierra y a corriente, al cual el láser está conectado. La segunda parte consiste en conectar los distintos materiales, mencionados anteriormente, (resistencias, capacitores, bobina, osciloscopio, breadboard...) para la confección de un detector de metales. La elaboración del detector no es complicada y se puede realizar con una guía que otros investigadores han realizado con anticipación. Aunado a esto, señalamos que la elaboración de estos dos sistemas son abiertamente conocidos por gran cantidad de personas, no obstante, el objeto de nuestra investigación es indicar que son aptos para ser datos de entrada de una red neuronal.

## RESULTADOS

Para la realización de las diferentes pruebas en distintos materiales, hicimos comparaciones con envases varios tanto de

plástico como de vidrio con diferencias en hendiduras y diseños elaborados en el mismo material que pudieran causar algún error en la identificación del objeto. Aunado a esto, encontramos que para evitar contaminación en las pruebas era importante descartar la luz ambiental que pudiera filtrarse en la cámara de recepción de los sensores, por esta razón, se elaboró un cubículo de 0.4m x 0.4m para aislar los objetos del ambiente.

Como resultado de los datos de entrada de luz obtenidos por medio del sensor LDR se elaboró el siguiente cuadro. (Tabla 2).

El cuadro anterior describe los datos recolectados de los materiales de plástico y vidrio que fueron sometidos a prueba para identificar las dificultades que tenía el láser para atravesar su estructura transparente a pesar de las hendiduras y diseños que presentaban. Cabe señalar que objetivamente el láser fue probado en sus partes transparentes libres de etiquetas puesto que sería impedimento para el traspaso de luz.

La segunda parte de nuestro proyecto estuvo direccionado a la detección de metales por medio del dispositivo construido con sensores Arduino y una bobina con alambre de cobre. Realizamos pruebas en el laboratorio de física de la Universidad Tecnológica de Panamá sede en Chiriquí con instrumentos como Osciloscopio, multímetro, instrumento de soldadura y algunos cables.

Realizamos pruebas con materiales metálicos ferrosos y no ferrosos, como el aluminio y el hierro, los cuales variaron las lecturas de frecuencia en el osciloscopio al igual que el sonido que emitían, cuando se mantenía en reposo el sonido mantenía una misma tonalidad y cuando se le acercaban los objetos este sonido se volvía más agudo y aumentaba su velocidad, lo que quiere decir que alteraba su frecuencia.

Las lecturas en el osciloscopio fueron las siguientes:

1. Sin perturbación 9.8 KHz.
2. Al detectar una lata de aluminio vacía 9.6 KHz
3. Al detectar una lata de aluminio con bebida 9.5 KHz
4. Al detectar hierro 9.4 KHz

Estas lecturas nos indican la capacidad del dispositivo para detectar materiales tanto ferrosos como no ferrosos. Sin embargo, para objeto de estudio de esta investigación solo los no ferrosos son importantes puesto que son los más usados por las personas y más encontrados en los envases de distribución comercial.

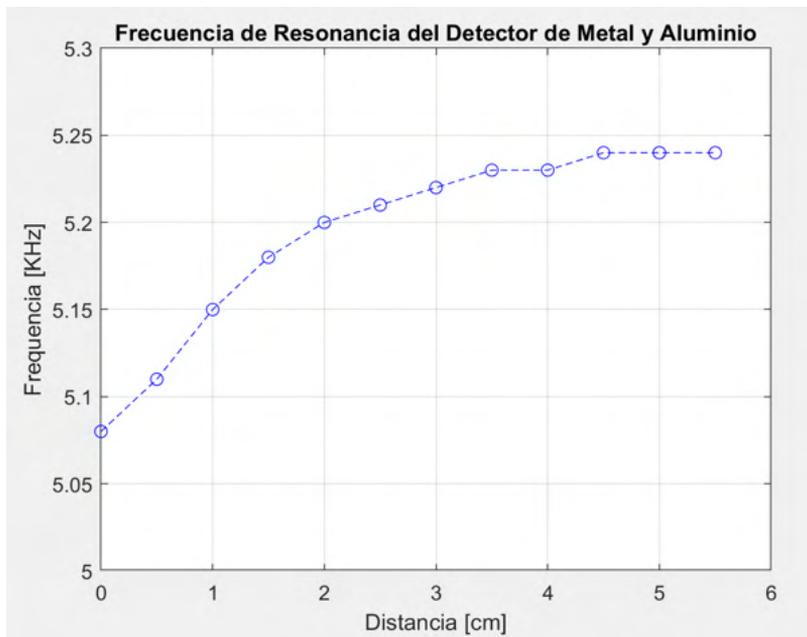
Cuadro de lectura de frecuencia por latas detectadas:

No. De lata	Lectura en KHz
Lata 1	5.08 KHz
Lata 2	5.11 KHz
Lata 3	5.15 KHz
Lata 4	5.18 KHz
Lata 5	5.20 KHz
Lata 6	5.21 KHz
Lata 7	5.22 KHz
Lata 8	5.23 KHz
Lata 9	5.23 KHz
Lata 10	5.24 KHz
Lata 11	5.24 KHz
Lata 12	5.24 KHz

Tabla 3. Lectura en KHz de la frecuencia de resonancia del detector de metales.

Envase	Ilustración	Características	Lectura < 600	Observaciones
Vidrio pequeño		Tiene letras y diseños en vidrio	•	El láser atraviesa el material, sin dificultad, en la superficie sin diseños o letras de lo contrario se refracta difusamente (sin dirección específica)
Botella de vidrio Coca-cola		Tiene partes sobresalientes y no es del mismo ancho en toda su estructura	•	El láser atraviesa el material sin refractarse mientras no este direccionado a alguna de sus hendiduras o en posición de la marca de color roja añadida en la parte media de la botella.
Botella de plástico		Tiene hendiduras circulares a lo largo de su estructura.	•	El láser atraviesa el material sin dificultad
Botella de plástico con agua		Tiene algunos diseños dispersos elaborados con su mismo material plástico	•	El láser marca la lectura sin dificultad
Envase plástico color blanco		Su grosor es delgado y tiene grabados en distintos colores	•	Consideramos realizar esta prueba para descartar el hecho de que aunque sea un plástico delgado y el blanco sea un color neutro impide el traspaso del láser hacia el sensor de luz.

Tabla 2. Resultados. Materiales de plástico y vidrio probados con lectura de reflexión de Luz.



Gráfica 1. Lectura de frecuencia de resonancia del detector de metales.

En la tabla 3 se observa la data que se obtuvo del osciloscopio cuando se conectó al detector de metales. De estos resultados, se observó que las lecturas no han variado de manera significativa entre las mismas, sin embargo ha variado con respecto a nuestras primeras lecturas. Consideramos que probablemente el laboratorio donde realizamos el estudio posee otros materiales ferrosos y no ferrosos que también han sido leídos por el detector de metales.

## CONCLUSIONES

El término “redes neuronales” a menudo es asociado con el reconocimiento de imágenes, y para efectos de este proyecto para la clasificación de materiales reciclables de residuo urbano. Sin embargo, el aporte principal de este proyecto radica en un método alternativo que ahorraría tiempo de entrenamiento de una red neuronal y facilitaría la automatización en elaboración de máquinas clasificadoras de residuos para

materiales específicos como lo es el diseño “EcoBox”.

No obstante, por limitaciones de tiempo no se logró la continuidad en el perfeccionamiento de clasificación, es decir, algunas mejoras como el determinar un material como plástico o vidrio, ya que el experimento se enfocó principalmente en metales. Sin embargo, este proyecto contiene las necesarias rigurosas bases para ser debidamente continuado o falseado como se sugiere en proyectos científicos.

## RECONOCIMIENTOS

Queremos extender nuestros agradecimientos directamente a nuestra profesora la Doctora Victoria Serrano por instruirnos y guiarnos en el desarrollo de este proyecto. Aunado a esto, también agradecer al profesor José Calvo del departamento de física de la Universidad Tecnológica de Panamá sede regional de Chiriquí por el asesoramiento del mismo en su parte experimental.

## REFERENCIAS

1. D. A. FLÓREZ, «EcoBox, MÁQUINAS QUE PAGAN POR RECICLAR,» DE *UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA*, COLOMBIA, BOGOTÁ, 2017.
2. I. H. D. P. P. F. C. H. ING. FREDDY MARTÍNEZ, «MÁQUINA CLASIFICADORA DE FLORES: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN,» ISSN: 1692-7257 - VOLUMEN 1 - NÚMERO 27 - 2016, BOGOTÁ, COLOMBIA, 2015.
3. J. L. Z. PÉREZ, «DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA CLASIFICADORA DE OBJETOS SEGÚN SU COLOR DETECTADOS MEDIANTE UN SENSOR DE COLOR Y CLASIFICADOS POR UN BRAZO ROBÓTICO,» UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS , ECUADOR, 2014.
4. P. P. G. GARCÍA, «RECONOCIMIENTO DE IMÁGENES UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES,» UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRI, MADRID, ESPAÑA., 2012/2013.