

## Diseño de un Clasificador Automático de Residuos Residenciales

Eva Violeta Jiménez Hernández <sup>1</sup>, Dr. Luis Carlos Méndez González <sup>2</sup>,  
Dr. Luis Alberto Rodríguez Picón <sup>3</sup> y Dr. Iván Juan Carlos Pérez Olguín<sup>4</sup>

**Resumen**— La contaminación de residuos en nuestro entorno es severa, por esta razón, el presente proyecto tiene como enfoque lograr un aprovechamiento de la basura, en específico, artículos de materiales como el plástico, el vidrio y el metal. En México existe una norma ambiental para la clasificación de residuos, sin embargo, no suele cumplirse por diversas razones, de acuerdo a diversos artículos con respecto al tema, una causante es debido a que el habitante no realiza una clasificación adecuada al deshacerse de sus productos, ya sea desde su hogar o un lugar público.

La elaboración de un dispositivo capaz de clasificar los residuos de manera autónoma permitirá un aprovechamiento de la materia prima al llegar a los vertederos de basura, dicho dispositivo cuenta con sensores inductivos, capacitivos y de fibra óptica para la detección de material, se podrá detectar un artículo a la vez y gracias a su programación en Arduino IDE podrá decidir la clasificación correspondiente, también, cuenta con un tamaño y estructura convencional apta para el hogar, para eso, se realizaron diseños en SOLIDWORKS y se simuló previamente para obtener una vista previa del dispositivo y después elaborar el dispositivo en físico para su funcionamiento definido.

**Palabras clave**— residuos, clasificación, arduino, reciclaje.

### Introducción

Según información obtenida de la base de datos del INEGI, en México se generan aproximadamente 120 millones de toneladas de basura en el sector residencial, por esta razón, existe una norma federal para la correcta clasificación de residuos. La norma NADF-024-AMBT 2013 contiene secciones en las cuales menciona la clasificación del vidrio, plástico y metal para un aprovechamiento de la materia prima y el ahorro de producción y costos.

En los últimos años, se ha tomado mayor valor al tema de la contaminación y se le ha prestado atención a encontrar una manera de disminuir la basura que se produce diariamente. Socialmente se ha tratado de concientizar a los ciudadanos sobre el uso y consumo de artículos desechables o de corta duración que son los principales en crear la acumulación de residuos, además de informar de aquellos artículos que pueden ser aprovechados al colocarse en depósitos de reciclaje, sin embargo, no sólo es un tema social, también se ve puede incluir el ámbito industrial.

Existen diferentes proyectos que se han involucrado en la solución a la problemática de la clasificación de residuos, principalmente haciendo uso de redes neuronales o de sensores para la detección de elementos como lo es con autores como Aruna P donde el autor utiliza como herramienta las redes neuronales y los árboles para tomas de decisión y logra un dispositivo capaz de reconocer residuos y clasificarse en sus respectivas categorías por medio de una cámara y el procesamiento de una computadora. El fin en común de los proyectos relacionados con este tema es un uso automatizado que permita la separación de residuos de manera correcta sin necesitar la intervención de un usuario. Gracias a ellos, se pueden implementar mejoras para la detección de residuos e ideas ergonómicas en el diseño de dispositivos para el área residencial, donde se origina la mayor parte de la problemática, incluso llevar estos proyectos a otras áreas para tener un aprovechamiento de la solución del problema desde distintas áreas como podría serlo en lugares públicos como centros comerciales o parques.

<sup>1</sup> Eva Violeta Jiménez Hernández es estudiante de la carrera de ingeniería en mecatrónica de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. [A1159778@alumnos.uacj.mx](mailto:A1159778@alumnos.uacj.mx)

<sup>2</sup> Dr. Luis Carlos Méndez González es Profesor e Investigador del departamento de ingeniería industrial y manufactura en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. [luis.mendez@uacj.mx](mailto:luis.mendez@uacj.mx)

<sup>3</sup> Dr. Luis Alberto Rodríguez Picón es Profesor e Investigador del departamento de ingeniería industrial y manufactura en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. [Luis.picon@uacj.mx](mailto:Luis.picon@uacj.mx)

<sup>4</sup> Dr. Iván Juan Carlos Pérez Olguín Profesor e Investigador del departamento de ingeniería industrial y manufactura en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. [ivan.perez@uacj.mx](mailto:ivan.perez@uacj.mx)

## Descripción del Método

### *Diseño del dispositivo*

Este dispositivo en específico se planeó para usarse en el área residencial, por lo tanto, debe contar con medidas suficientes para almacenar los residuos y ocupar un espacio adecuado en el hogar, para esto se realizó un boceto a mano y lograr algunas medidas base para iniciar la idea, en la figura 1 se muestra parte del boceto. Estas medidas son tomando en cuenta un hogar y los contenedores promedio que suele haber ellos, por ejemplo los que hay en el mercado para uso doméstico, también, se realizó de forma que pueda contener una cantidad considerable de residuos y poder retirarlos de forma sencilla.

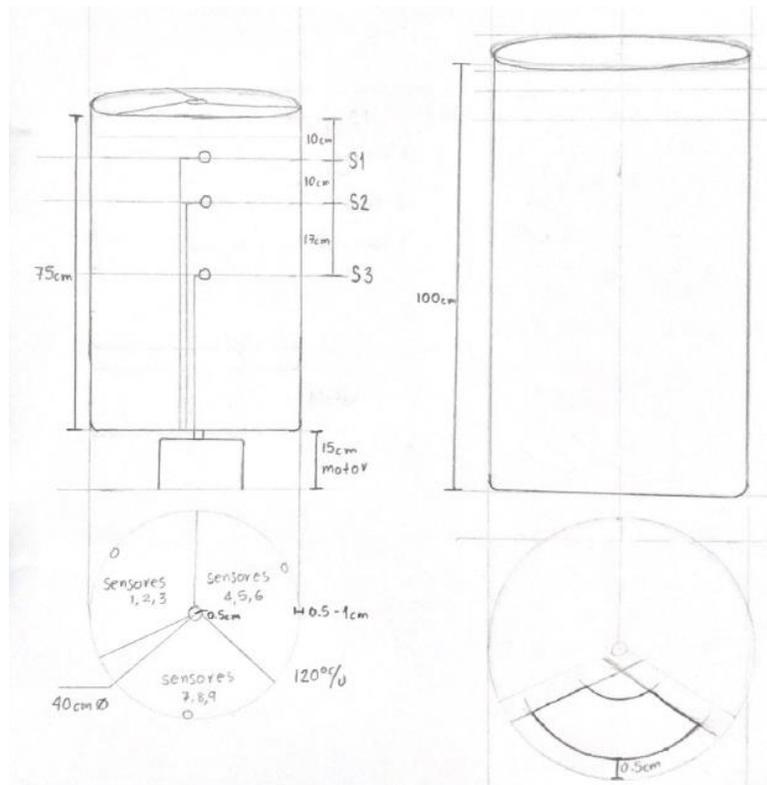


Figura 1. Boceto del dispositivo.

Para tener una mejor visualización del dispositivo, se llevaron las medidas del boceto a un software de diseño en 3D (SOLIDWORKS) y tomar en cuenta los detalles, como las distancias entre sensores, la simulación de movimiento de los motores y el ensamble de las piezas. En la figura 2 podemos ver parte de los planos con las medidas del dispositivo.

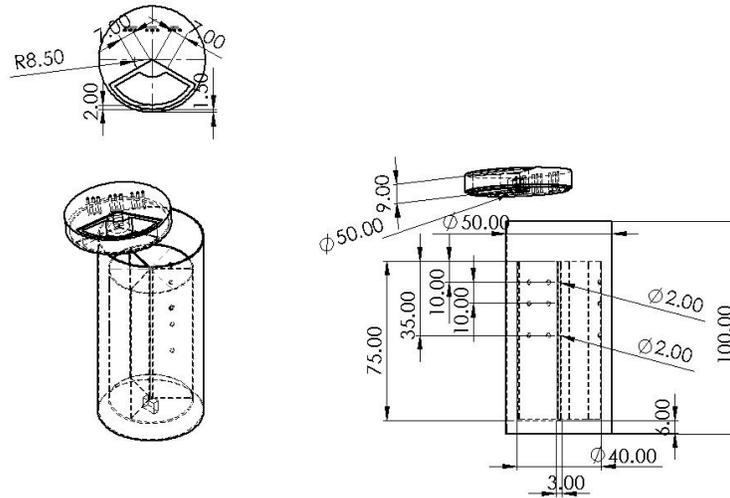


Figura 2. Dispositivo con dimensiones.

### Programación

Una vez que realizada la idea principal del dispositivo en físico, se realizó la programación, donde fue necesario considerar los componentes a emplear y llevar a cabo simulaciones para verificar que los sensores y motores funcionaban adecuadamente para el uso correspondiente. En la figura 4 se muestra la programación para controlar el movimiento del motor DC por medio de un transistor. Las pruebas se realizaron a cada uno de los componentes con su respectivo código.

```
MOTOR_DC.ino
1  const int control = 3;
2  void setup()
3  {
4    pinMode(control, OUTPUT) ;// pin3 salida
5  }
6  void loop()
7  {
8    digitalWrite(control, HIGH); // pin3 nivel alto
9    delay(2000); // 2s de espera led ON
10   digitalWrite(control, LOW); // pin3 nivel bajo
11   delay(1000); // 1s de espera
12 }
13 |
```

Figura 3. Programación de motor DC.

Para la programación del funcionamiento del dispositivo fue necesario crear la lógica con respecto a los casos que se llevarían a cabo, sin embargo, el dispositivo contará con limitantes para el correcto funcionamiento de este mismo, por ejemplo, colocar un artículo a la vez para detectar el material para luego colocarlo en el contenedor al que pertenece. En la figura 5 se muestra parte de la programación para la apertura de la compuerta para depositar el residuo en su contenedor, siempre y cuando el nivel del contenedor no esté lleno.

```
sketch_mar21b.ino
39 void loop() {
40   while (inicio) {
41     Tapa(0);
42     delay(1000);
43     Compuerta(0);
44     delay(1000);
45     while (digitalRead(Posicion_1) == LOW) {
46       ControlMotor(1);
47     }
48     delay(1000);
49     NivleCaneca_1 = ControlNivel(TriggerPin, EchoPin);
50     delay(1000);
51     while (digitalRead(Posicion_2) == HIGH) {
52       ControlMotor(0);
53     }
54     delay(1000);
55     NivleCaneca_2 = ControlNivel(TriggerPin, EchoPin);
56     delay(1000);
57     while (digitalRead(Posicion_3) == HIGH) {
```

Figura 4. Programación de compuertas.

### Resumen de resultados

Se logró realizar un dispositivo capaz de identificar y clasificar residuos entre metal, plástico y vidrio, sin embargo, el dispositivo cuenta con la limitante de sólo colocar uno de esos tres elementos, en caso de colocar otro tipo de residuo, el dispositivo tratará de encontrar una similitud y posicionar el residuo en el contenedor más adecuado a los valores de programación asignado, pero, no tendrá ningún otro tipo de relación con respecto al tipo de material.

En la figura 5 se puede ver el dispositivo llevado en físico desde una perspectiva exterior, fue elaborado con aluminio de acuerdo a las dimensiones de los planos de SOLIDWORKS, este contiene los detalles que fueron definidos durante la elaboración y las pruebas del dispositivo, como las medidas específicas entre cada sensor, las capacidades de los contenedores, entre otras.

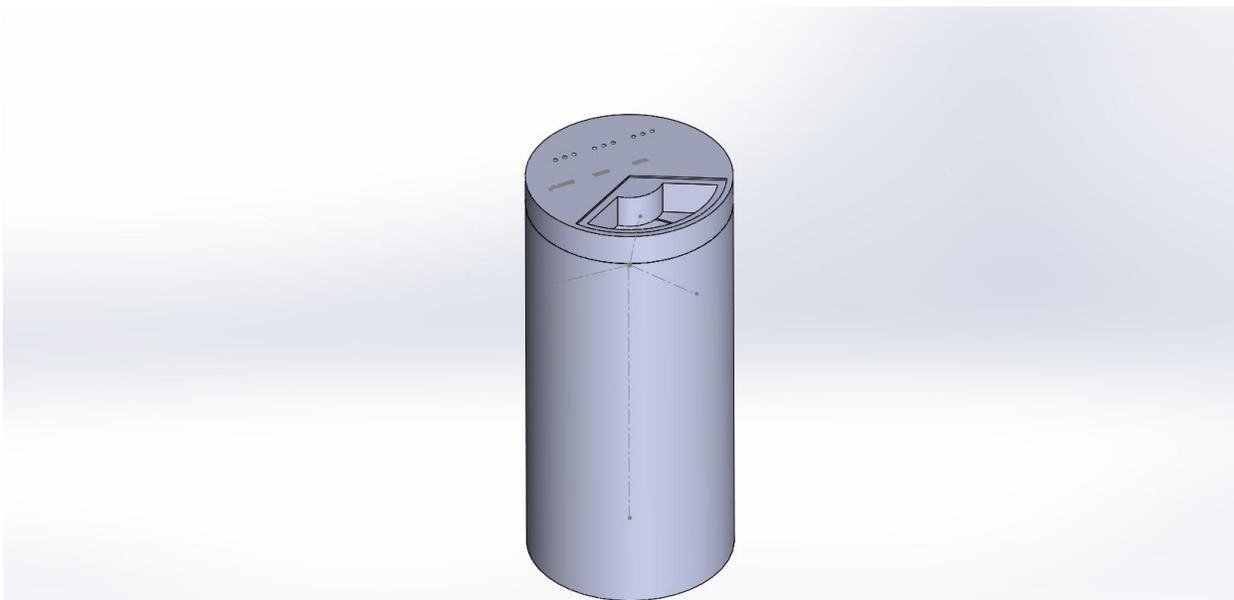


Figura 5. Dispositivo en 3D

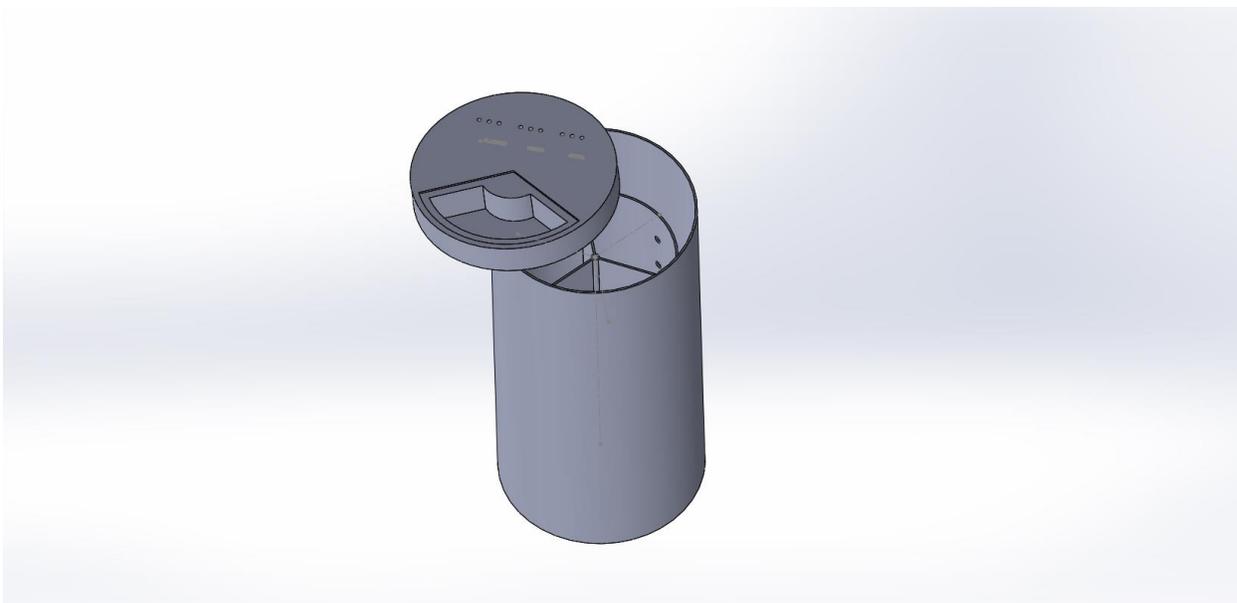


Figura 6. Dispositivo en 3D tapa abierta

El dispositivo tiene una capacidad de hasta 5 kilos por clasificación, dando un total de 15 kilos de capacidad, sin embargo, el volumen de los residuos es algo a tomar en cuenta.

En la parte superior se encuentra la cubierta del dispositivo el cual contiene un indicador de nivel de cada contenedor que recibe la información por medio de sensores de proximidad para señalar si el contenedor está disponible, a mitad de contenido o lleno.

El dispositivo no es completamente exacto con sus resultados ya que varía dependiendo de cada residuo, sin embargo, se les asignó un rango de valores para cada clasificación y así abarcar la mayor cantidad de posibilidades posibles. En caso de colocar un residuo que no pertenece a ninguna de las tres clasificaciones indicadas, el dispositivo no realizará ninguna acción más que indicar con un led rojo que existe un error, por eso es importante especificar que este dispositivo es para uso doméstico, o bien, presentar un corto instructivo al usuario antes de usarse.

A continuación, se mostrará una tabla con los porcentajes de los resultados de las pruebas finales realizadas.

	Plástico	Metal	Vidrio
<b>1</b>	✓	✗	✗
<b>2</b>	✓	✓	✗
<b>3</b>	✗	✓	✓
<b>4</b>	✗	✓	✓
<b>5</b>	✓	✓	✓
<b>6</b>	✓	✓	✓
<b>7</b>	✓	✓	✓
<b>8</b>	✓	✓	✓
<b>9</b>	✓	✓	✓
<b>10</b>	✓	✓	✓
<b>Aciertos</b>	8	9	8
<b>Errores</b>	2	1	2
<b>% error</b>	20%	10%	20%
<b>% aciertos</b>	80%	90%	80%

**Tabla 1. Resultados**

Con estos resultados podemos analizar que el dispositivo aún contiene un rango de error, esto se debe a la colocación del objeto, ya que los sensores inductivo y capacitivo permiten tener un mejor análisis del residuo y colocarlo en el contenedor apropiado.

### *Conclusiones*

Los resultados obtenidos son satisfactorios, ya que el dispositivo cumple la función principal, sin embargo, existen mejoras para el dispositivo, incluso añadiendo otras problemáticas como más clasificaciones de residuos, mejora en la exactitud de detección, rediseño físico para hacerlo ergonómico o adaptarlo a diferentes áreas.

### *Recomendaciones*

Para realizar trabajos a futuro se puede tomar en cuenta la implementación de recursos para la detección de más elementos, como las redes neuronales para la toma de decisiones o el aumento de tamaño para lugares como oficinas o centros comerciales.

Para dar un correcto funcionamiento a este dispositivo en específico, se recomienda adaptar un instructivo o aviso donde se especifique que sólo permite clasificar entre tres categorías distintas de residuos, que son vidrio, plástico y metal, ya que si se introduce otro material, el dispositivo no funcionará correctamente de acuerdo a la función establecida, también es importante no sobrepasar los niveles de kilogramos y dimensiones establecidas ya que de igual manera el dispositivo no tendrá una correcta función e incluso puede dejar de funcionar.

### **Referencias**

- M. R. Baños and A. L. G. Anaya, "Prevención de la generación de residuos en el marco de una economía ecológica y solidaria: un análisis del manejo de residuos en los municipios de México", *Sociedad y Ambiente*, no. 21, pp. 7–31, 2019.
- C. L. E. M. DE CALIDAD, "Norma ambiental para el distrito federal nadf-020-ambt-2011, que establece los requerimientos mínimos para la producción de composta a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, agrícolas, pecuarios y forestales, así como las especificaciones mínimas de calidad de la composta producida y/o distribuida en el distrito federal."
- P. Aruna and A. Begum, "lot based perceptive garbage segregation with lenet architec-ture," *Studies in Indian Place Names*, vol. 40, no. 60, pp. 3927–3933, 2020.