

# DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SELECTOR AUTOMÁTICO DE RESIDUOS RECICLABLES

Jorge Anibal Jimenez Pabon, Pablo Alfonso Madera Hernández  
Universidad Antonio Nariño (pmadera75@uan.ed.co); Universidad Antonio Nariño  
(jojimenez@uan.ed.co)

**02 de Diciembre de 2019**

**Abstract:** The main objective of this project was the creation of an Automatic selector of recyclable waste prototype that allows us to classify and recycle it in a correct way. In a previous analysis we could realize the needed of an efficient waste separation in Antonio Nariño University in order to contribute to the environment, taking into account that this waste is not manage correctly in the ecological points, for that reason low recycling rates have been found in the country.

This problem affects all social environments, also, it generates environmental degradation and health problems. This project not only pretends the efficient waste separation; it also pretends to create a conscious mind about contamination and the correct manage of waste. For that reason, a prototype has been done in the process of technological investigation in order to identify and classify waste like plastic, paper and metal. On the first hand a use of sensors in the ecological points of the university has been determined in order to identify a sample of the most common waste. On the other hand, a system of automatic control has been designed in each one of the institutional containers. Finally, the implementation of the system with its respective tests is carried out and its effectiveness is established.

**Keywords—** Recyclable, waste, selector, sensors.

**Resumen—** El objetivo principal de este proyecto fue el desarrollo de un prototipo de un selector automático de residuos reciclables que permita clasificar correctamente los residuos para su posterior reciclaje, logrando reemplazar la manera tradicional; ya que en el análisis previo se identificó en la Universidad Antonio Nariño la necesidad de realizar una separación de residuos eficiente que aporte al medio ambiente un sistema de control automático para la clasificación de materiales reciclables, teniendo en cuenta que actualmente la disposición de estos residuos no se maneja de forma correcta en los puntos ecológicos y por ello se encontró bajos índices de reciclaje en todo el país. Esta problemática afecta a todos los entornos sociales, además de generar degradación ambiental y de salubridad. Con este sistema no solo se pretende brindar la correcta clasificación de los **residuos** sino también generar educación y concientización para la eficiente disposición de los mismos; para esto, se realizó un prototipo y durante el proceso de investigación tecnológica se realizó el análisis de requerimientos, diseño e implementación del sistema para la identificación y correcta clasificación de materiales reciclables tales como plástico, papel y metal. Partiendo de la investigación de las tecnologías existentes para la clasificación de residuos, se determina el uso de sensores para lograr la identificación de una muestra de los residuos más comunes que se encuentran en los puntos ecológicos de la universidad. Por otra parte, se diseña el sistema de control automático para la colocación de los residuos en los diferentes contenedores. Finalmente se realiza la implementación del sistema con sus respectivas pruebas y se establece la eficacia de este.

**Palabras clave—** Reciclables, residuos, selector, sensores.

### 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el aumento de residuos sólidos y su deficiente disposición final, ha provocado graves problemas medio ambientales y de salubridad por lo tanto manejar de manera adecuada el tema de los desechos es fundamental.

Una mala disposición de los residuos sólidos no solo ocasiona daños al medio ambiente, como contaminación del suelo, el agua superficial, subterránea, y el aire, contribuye al efecto invernadero sino también a la salud humana.

De acuerdo con la Organización Panamericana de la Salud, esto puede generar daños en el sistema respiratorio y propagar enfermedades como dengue y cólera entre las personas que habitan cerca de los rellenos.

De igual manera, el biogás que se produce puede ser nocivo y causar problemas toxicológicos [1].

Gran parte de estos residuos son artículos de un solo uso como plásticos, pitillos, botellas y bolsas que, acogiendo los principios de la economía circular y haciendo una debida disposición y separación en la fuente, podrían reutilizarse.

Lo mismo podría hacerse con los desechos orgánicos, los cuales podrían aprovecharse haciendo compostaje.

El país está lejos de cumplir con una meta de reutilización de residuos que esté al nivel de otras regiones del mundo.

En la mayoría de países de la Unión Europea se aprovecha hasta el 67 % de los residuos generados.

Actualmente, en Colombia se generan aproximadamente 11,6 millones de toneladas de residuos sólidos al año. De estos, cerca de 40% podrían aprovecharse, pero según la Misión de Crecimiento Verde del Departamento Nacional de Planeación (DNP), solamente se recicla alrededor de 17%. Además, las autoridades estiman que, si el consumo de los colombianos se mantiene al ritmo vigente, la generación de residuos aumentará 20% en los próximos 10 años. [2].

El Gobierno Nacional ha planteado la necesidad de contar con un enfoque preventivo, donde se aumente la correcta separación en la fuente para lograr disminuir que los residuos aprovechables ingresen de manera incorrecta a los sistemas de disposición final y se establezcan adecuados hábitos de desecho con el fin de aumentar el porcentaje de material reciclable.

De acuerdo con lo anterior, el CONPES 3874 de 2016 surge como una política enfocada a la priorización de estrategias de minimización, reúso, reciclaje y aprovechamiento de residuos sólidos. [3].

El mismo Ministerio de Ambiente demostró que reduciendo la cantidad de basura en los rellenos sanitarios, se pueden alcanzar reducciones significativas en la producción de gases de efecto invernadero.

En Nariño la generación de residuos sólidos es en promedio de 569 toneladas/diarias presentadas al servicio público de aseo, de las cuales el 97,58% son dispuestas adecuadamente y el 2,42% son dispuestas a cielo abierto.

Del 97,58% (193.469 Ton/año) de los residuos dispuestos adecuadamente solamente el 4,44% son aprovechados por apenas 16 municipios de los 64 que conforman el Departamento de Nariño. [4].

Si bien la cantidad de residuos aprovechados en el departamento es baja, con la nueva normatividad y la actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos se busca incentivar el aprovechamiento de los recursos reutilizables, por lo tanto es fundamental la implementación de estrategias tecnológicas tendientes a disminuir el impacto negativo que genera el manejo inadecuado de desechos.

El manejo adecuado de los residuos sólidos se ha convertido en una necesidad, es una problemática de interés general, sin embargo, es oportuno afirmar que no se ha consolidado una cultura de conservación que se soporte en unas buenas políticas públicas para el manejo de los residuos sólidos. Nariño está llamado a fortalecer e implementar métodos y esquemas de gestión que permitan que las personas se eduquen y concienticen de los riesgos que el manejo inadecuado de los residuos puede tener para las personas y el medio ambiente. [5].

Aun así el existente ritmo de vida no permite que las personas dediquen el tiempo necesario a la correcta separación de residuos en la fuente y esto agrava el problema medio ambiental.

Por lo tanto el presente trabajo de grado tuvo como finalidad el desarrollo y la construcción de un sistema de control automático para la gestión de los residuos sólidos reciclables mediante un selector dotado de sensores que identifica y separa los desechos como papel, metal y plástico y permite su correcta clasificación para de esta forma evitar la deficiente disposición final, beneficiando a los usuarios que ya no deben tomarse el tiempo de identificar cada tipo de residuo con su respectivo contenedor, de igual manera se beneficia el personal de recolección de residuos al no tener que seleccionar manualmente cada uno de los desechos, y finalmente a toda la comunidad al obtener estos residuos clasificados para posteriormente realizar el adecuado proceso de reciclaje, y de esta manera contribuir a la preservación del medio ambiente.

## 2. MÉTODO

Se estableció una metodología conformada por tres etapas, cada una de ellas estuvo acompañada por sus respectivas actividades:

### 2.1. ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN

Teniendo en cuenta que este proyecto está enfocado en automatizar la selección de residuos es importante conocer acerca del reciclaje y las normas vigentes.

Con el reciclaje se previene el desuso de materiales potencialmente útiles, se reduce el consumo de nueva materia prima, además de reducir el uso de energía, la contaminación del aire (a través de la incineración) y del agua (a través de los vertederos), así como también disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con la producción de plásticos. [6].

En Colombia son numerosas las leyes, decretos, resoluciones y normas, que normalizan la gestión de residuos. Específicamente hablando de la separación en la fuente de residuos y acotando la población a Bogotá, se encuentra la resolución 799 del 31 de diciembre de 2012, que establece el conjunto de materiales reciclables y no reciclables para la debida separación de residuos sólidos en la fuente. También, se encuentra la guía técnica colombiana del Icontec GTC-24 del 20 de mayo de 2009, la cual es una guía técnica para la separación en la fuente de materiales no peligrosos con potencial de reciclaje y brinda orientaciones para la recolección selectiva de los mismos. [7].

En la primera etapa se recolectó la información acerca de todos los actores del sistema. Se tuvo en cuenta los siguientes criterios para la separación en la fuente:

Tipo de Residuo	Sector	Clasificación
Residuos no peligrosos	Industrial, comercial, institucional y de servicios	Aprovechables

Clasificación	Ejemplos	Contenedor
Aprovechables	Cartón y papel	Gris
	Vidrio	Blanco
	Plástico	Azul
	Metal	Café Oscuro

Tabla 1. Clasificación de residuos para separación en la fuente

Se observaron los diferentes residuos encontrados en los puntos ecológicos de la Universidad Antonio Nariño, se procedió a realizar el estudio estadístico y se definió la muestra de trabajo para posteriormente investigar los diferentes sensores encontrados en el mercado y realizar las pruebas correspondientes de identificación.

### 2.2. DISEÑO Y ESTRUCTURACIÓN

En la segunda etapa, de acuerdo con los resultados obtenidos en la etapa de análisis e investigación se elaboró el diseño estructural y lógico del sistema, se realizó la investigación para seleccionar los sensores y motores que se van a utilizar de acuerdo a la muestra definida, y se realizó el diseño de flujo y el sistema electrónico del sistema.

Entre los diferentes sensores encontramos los denominados sensores primarios, los cuales generan una señal de transducción de acuerdo a la magnitud física medible y se clasifican en sensores térmicos, sensores de flujo y de caudal, sensores de nivel, sensores de presión y los sensores de fuerza y par; por lo tanto analizamos algunos factores a considerar para elegir los adecuados en este proyecto. [8]

<b>Magnitud a medir</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Margen de medida</li> <li>- Resolución</li> <li>- Exactitud deseada</li> <li>- Estabilidad</li> <li>- Ancho de banda</li> <li>- Tiempo de respuesta</li> <li>- Magnitudes interferentes</li> <li>- Límites posibles de magnitud a medir</li> </ul>
<b>Características de salida</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sensibilidad</li> <li>- Tipo: tensión, corriente, frecuencia</li> <li>- Forma señal: unipolar, flotante, diferencial</li> <li>- Impedancia</li> <li>- Destino: presentación analógica, conversión digital.</li> </ul>
<b>Características de alimentación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Corriente</li> <li>- Potencia disponible</li> <li>- Frecuencia (si alterna)</li> <li>- Estabilidad</li> </ul>
<b>Características ambientales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Margen de temperaturas</li> <li>- Humedad</li> <li>- Vibraciones</li> <li>- Agentes químicos</li> <li>- Atmosfera explosiva</li> <li>- Entorno electromagnético</li> </ul>
<b>Otros factores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peso</li> <li>- Dimensiones</li> <li>- Vida media</li> <li>- Coste de adquisición</li> <li>- Disponibilidad</li> <li>- Tiempo de instalación</li> <li>- Longitud de cable necesaria</li> <li>- Tipo de conector</li> <li>- Situación en caso de fallo</li> <li>- Coste de verificación</li> <li>- Coste de mantenimiento</li> <li>- Coste de sustitución</li> </ul>

Tabla 2. Criterios para selección de sensores.

**Sensor Capacitivo:** Este sensor basa su funcionamiento en la estimulación y variación del campo eléctrico generado por sí mismo. Esta variación hace que su estabilidad tenga un cambio de acuerdo con la estimulación que el elemento censado realice sobre el campo magnético generado por el mismo sensor. Normalmente este elemento es utilizado para la detección de materiales metálicos y no metálicos. La forma de detección del material analizado se da de la siguiente manera; se verifica el cambio de capacitancia de acuerdo con la constante dieléctrica que posea dicho material y además de estas constantes, la masa, tamaño y distancia son factores que repercuten a la hora de clasificar algún material.

El principio de funcionamiento de los sensores capacitivos es parecido al de los sensores inductivos, en este caso los elementos sensibles es el capacitor del circuito oscilante LC. [9]

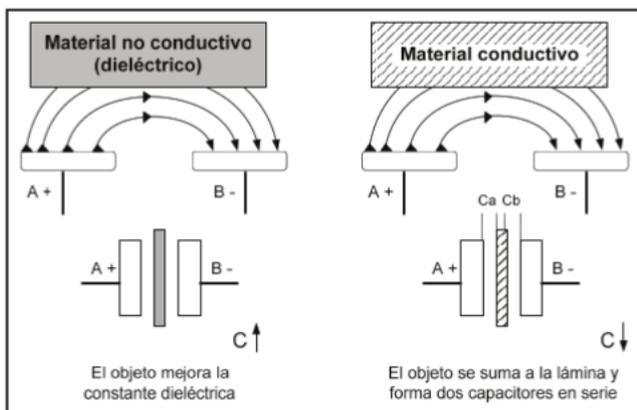


Fig. 1: Comportamiento del campo eléctrico del sensor capacitivo.

Cuando algún objeto o material es detectado, en la zona sensible se altera el campo eléctrico, variando la capacitancia y, por tanto, la frecuencia del oscilador. Para los materiales no metálicos se incrementa el campo eléctrico ya que se intensifica la constante dieléctrica CD.

Para los elementos metálicos el campo eléctrico disminuye, ya que en su reacción se forman dos capacitores en serie. Estos sensores se ven afectados por el grado de humedad ambiental existente y directamente por la composición del material. Los sensores capacitivos se utilizan normalmente para la detección de materiales no metálicos tales como:

Vidrio, cerámica, plástico, madera, aceite, cartón, papel.

**Sensor Inductivo:** Se utilizan eventualmente para la detección de materiales ferrosos a una distancia determinada por la referencia del sensor. Usualmente son usados en la industria para aplicaciones de posición, detección o ausencia de materiales metálicos. Este tipo de sensores sirven para la detección de presencia de objetos o materiales metálicos en un rango de distancias que va desde 1 mm a unos 30 mm, aproximadamente, con una resolución del orden de décimas de milímetro. [10]

Para la detección de materiales el sensor inductivo maneja dos estados donde varía la amplitud y frecuencia de la señal detectada:

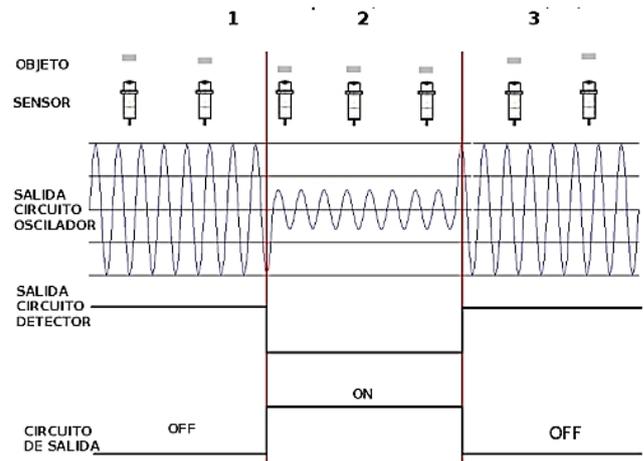


Fig. 2: Estados del sensor inductivo

**Sensor Óptico:** También llamado fotoeléctrico es capaz de detectar la presencia a una distancia "x" a través del cambio de intensidad de luz. La detección se logra mediante la reflectividad que realice el haz emitido por el sensor sobre el material censado; y se produce cuando existe un haz de luz el cual es interrumpido o reflejado por algún objeto que se pretende sensar. Existen fundamentalmente dos tipos:

**Reflexión:** Estos dispositivos lo conforman un cabezal que tiene inmerso el emisor de luz y el led receptor de detección, de esta forma se logra la reflexión del haz sobre el objeto.

**Barrera:** El segundo dispositivo trabaja en modo barrera, con estos la fuente o haz de luz es independiente del detector y surgen para mayores distancias [11].

Es posible detectar varios tipos de materiales como vidrio, metal, plástico, madera y líquidos.

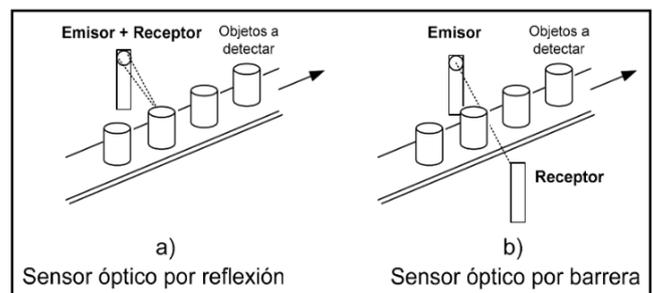


Fig. 3: Sensores ópticos por reflexión y por barrera.

Los sensores ópticos normalmente son utilizados como emisores LED en altas frecuencias luminosas en gamas de infrarrojos y luz modulada a fin de lograr una gran inmunidad a otras fuentes de luz ambientales.

**Actuadores:** Se definen como un dispositivo con la capacidad de generar una fuerza que ejerce un cambio de posición, velocidad o estado de algún tipo sobre un elemento mecánico, a partir de la transformación de energía. [12].

Los actuadores generalmente se pueden clasificar dependiendo del tipo de energía utilizada o por el tipo de movimiento que genera, cuando se habla del tipo de energía que utilizan los actuadores se pueden clasificar de acuerdo al siguiente diagrama:

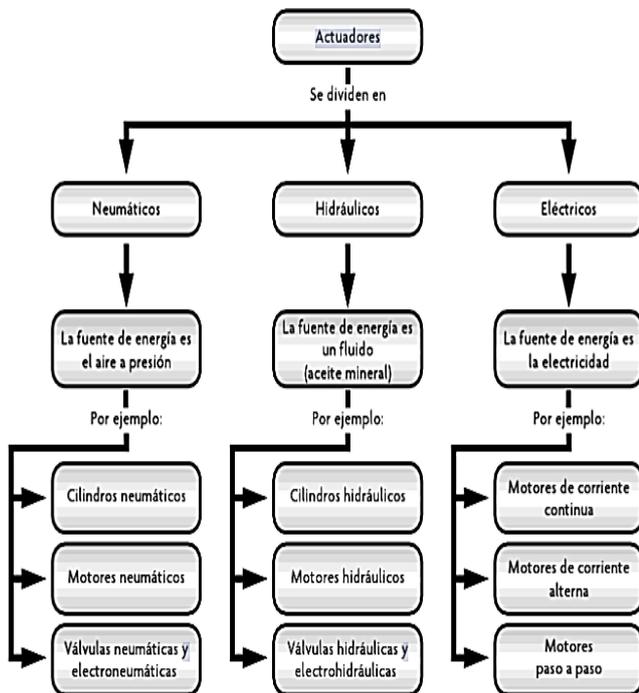


Fig. 4: Diagrama de clasificación de actuadores.

**Motores:** Se denominan usualmente como un elemento sistemático de una máquina o proceso que es capaz de brindar un funcionamiento constante a un conjunto de equipos conectados directa o indirectamente dentro de un sistema. Este sistema podría hacer funcionar cualquier elemento mediante la transformación de energías eléctricas, combustible, etc. en energía netamente mecánica. Dentro de las características generales más importantes de este tipo de motores se encuentran:

- Rendimiento.
- Velocidad nominal o de poco giro.
- Potencia
- Estabilidad

**Servomotor:** Es un dispositivo pequeño que puede ser controlado tanto en velocidad como en posición, así mismo este tiene un eje de salida, que puede colocarse en diferentes posiciones angulares predefinidas, las cuales son especificadas al servo mediante señales codificadas.

El funcionamiento del servo viene dado por algunos circuitos de control y un potenciómetro el cual está conectado al eje de salida, para el óptimo funcionamiento del circuito de control es necesaria una señal de control modulada como lo es PWM (Modulación por ancho de pulsos). [13]

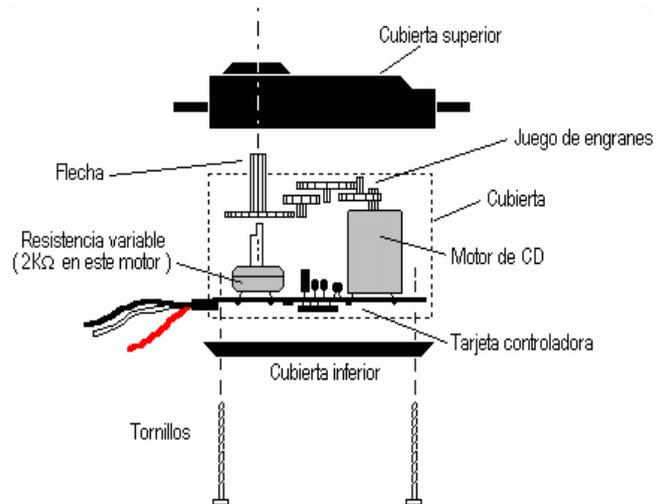


Fig. 5: Estructura Mecánica Servo

Dentro de la estructura lógica del servo se logra ver que este recibe una señal de entrada PWM la cual tiene que ser procesada por el circuito electrónico y este a su vez tiene que enviarle una señal legible al motor DC.

El eje de dicho motor se encuentra acoplado a un potenciómetro el cual permite la generación de un divisor de voltaje. Este voltaje de salida varía en función de la posición del eje del motor DC, lo que permite que el circuito de control pueda realimentarse con la posición del motor en un momento dado. [14]

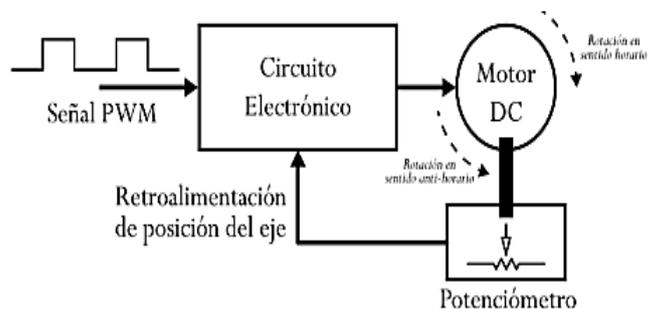


Fig. 6: Diagrama de Bloques Servo

### 2.3. DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN

En la etapa final se ejecuta el montaje físico de acuerdo con el diseño predefinido en la etapa anterior, se construye la estructura de soporte para el sistema de entrada y transporte y sus respectivos contenedores para la etapa de almacenamiento, se realiza la transcripción del diagrama de flujo a un lenguaje de programación propio del controlador.

3. RESULTADOS

3.1. ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN

Se observó los diferentes residuos depositados comúnmente en los puntos ecológicos de la Universidad Antonio Nariño. Esta actividad tuvo como objetivo adquirir la información para posteriormente determinar una muestra de trabajo.



Fig. 7: Punto ecológico Universidad Antonio Nariño



Fig. 9: Identificación de residuos en contenedor de orgánicos



Fig. 10: Identificación de residuos en contenedor de cartón y papel



Fig. 8: Identificación de Residuos en contenedor para plástico

Con los resultados de la información obtenida en la actividad de observación, se realizó un análisis estadístico de los residuos encontrados en los puntos ecológicos y se definió la muestra de trabajo, teniendo en cuenta el material que compone los residuos.

Tipo de Residuo	Cantidad	Porcentaje
Papel	30	50%
Metal	10	16,67%
Plástico	11	18,34%
Basura Común	6	10%
Vidrio	1	1,67
Total	60	100%

Tabla 3: Estadística de residuos

De acuerdo con estos resultados se eligió como muestra de trabajo los tres principales desechos que se encuentran en la universidad, descartando la basura común y el vidrio por su bajo porcentaje de incidencia.

Una vez definida la muestra de trabajo se procedió a analizar la información encontrada en el mercado acerca de los posibles sensores que se pueden utilizar para identificar metal, plástico y papel.

De acuerdo con las anteriores actividades se determinaron los requisitos del sistema, se realizó la selección y se decidió adquirir estos sensores por costes, a pesar de que en el mercado se encuentran otros más eficientes para lograr el objetivo de este proyecto, su costo es elevado.

Estos sensores vienen predeterminados para reconocer objetos compuestos por los diferentes materiales, por lo cual no es necesario una programación previa.

Se realizaron las pruebas correspondientes con estos sensores para conocer sus respectivas respuestas.

➤ *Sensor inductivo TLW5MC1*

Se utilizó este sensor, características incluidas en el Anexo 1.

Para verificar el funcionamiento del sensor se realizó el siguiente procedimiento, se alimentó con una fuente de corriente continua de 12v, el sensor tiene dos cables para alimentación y un cable para enviar la señal de variación de voltaje que se conectó al voltímetro.

Al realizar las pruebas correspondientes con los diferentes materiales definidos en la muestra, se observó que solo hay variación de señal con los objetos compuestos por cualquier tipo de material metálico, como aluminio y hojalata.

Al aproximar estos objetos, hasta una distancia de 5mm, el sensor encendió una luz y emitió una señal.

Por lo cual se decidió utilizar este sensor para la clasificación de residuos de materiales metálicos.



Fig. 11: Prueba sensor con metal

➤ *Sensor capacitivo LJC18A-3-B-2/BX*

Se utilizó este sensor, características incluidas en el Anexo 2.

Para realizar las pruebas correspondientes con este sensor, se lo conectó a la fuente de corriente continua de 12v, el sensor tiene dos cables para alimentación, un cable para enviar la señal de variación de voltaje que se conectó al voltímetro, y posee una perilla para variar la sensibilidad de los materiales y la distancia que puede ser máximo 7mm.

Al aproximar los objetos se demostró que el sensor no detecta papel, la variación de voltaje y la luz se enciende cuando detecta vidrio y plástico.

Por la baja incidencia en la universidad de residuos compuestos por vidrio se decidió utilizar este sensor para detectar los desechos clasificados como plástico.



Fig. 12: Prueba sensor con papel



Fig. 13: Prueba sensor con plástico



Fig. 14: Prueba sensor con vidrio

Se probó cada sensor con 4 tipos de materiales, plástico, vidrio, metal y papel obteniendo los siguientes resultados:

<b>Sensor</b>	<b>Capacitivo</b>	<b>Inductivo</b>
<b>Material</b>		
<b>Plástico</b>	Si detecta	No detecta
<b>Vidrio</b>	Si detecta	No detecta
<b>Papel</b>	No detecta	No detecta
<b>Metal</b>	Si detecta	Si detecta

Tabla 4: Resultados pruebas con sensores

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluyó:

- ✓ Cuando el sensor capacitivo detecta un residuo entonces lo clasificamos como plástico.
- ✓ Cuando los dos sensores detectan un residuo entonces el material clasificado como metálico
- ✓ Cuando ninguno de los sensores detecta un residuo el material es clasificado como papel.

➤ *Sensor infrarrojo CNY70*

Para realizar las pruebas con este sensor se procedió de igual manera que con los sensores anteriores, entre sus características se destaca que es apto para detectar cualquier tipo de material, por lo cual se tomó un total de 5 muestras para cada tipo de residuo, los resultados se observa en las tablas a continuación:

Muestra	1	2	3	4	5
Papel	1,5	1,5	1,53	1,46	1,5
Metal	1,46	1,5	1,5	1,4	1,4
Vidrio	1,5	1,6	1,56	1,5	1,5
Plástico	1,53	1,5	1,46	1,48	1,5

Tabla 5: Resultados prueba eficacia sensor infrarrojo (voltios)

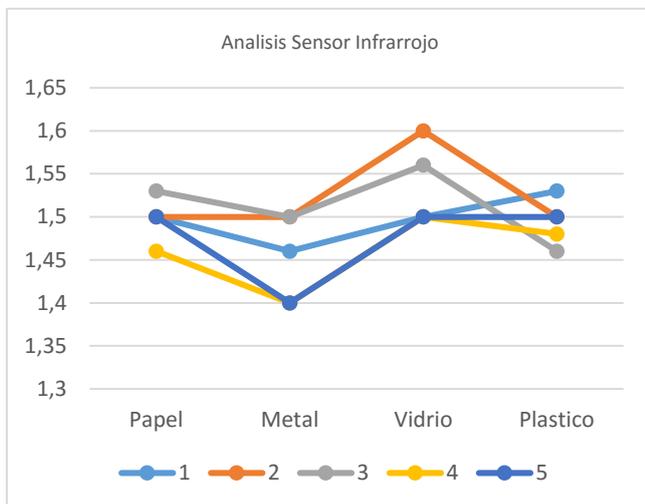


Fig. 15: Análisis resultados

Con el sensor infrarrojo se esperaba encontrar un patrón diferenciador de cada material sin embargo de acuerdo a los resultados de los gráficos no se encontró ningún patrón de clasificación, debido a que los valores obtenidos en todos los materiales de los residuos son similares, por lo tanto este sensor fue descartado.

➤ *Tarjeta Laser KY008*

Esta tarjeta está especialmente diseñada para Arduino, emite de forma fácil, rápida y precisa un láser producido por este componente. Es un Diodo Emisor de Laser que funciona a 5V y que emite a una longitud de onda de 650nm.

➤ *Tarjeta con Fotorresistencia LDR KY018*

También conocidas como resistencias dependientes de la luz (LDR), son dispositivos sensibles a la luz que se usan con más frecuencia para indicar la presencia o ausencia de luz, o para medir la intensidad de la luz.

Estas tarjetas fueron utilizadas en el sistema para que al cortar la luz infrarroja se reinicia el sistema tanto al detectar cuando se introduce un desecho en el módulo de entrada, como en cada uno de los contenedores.

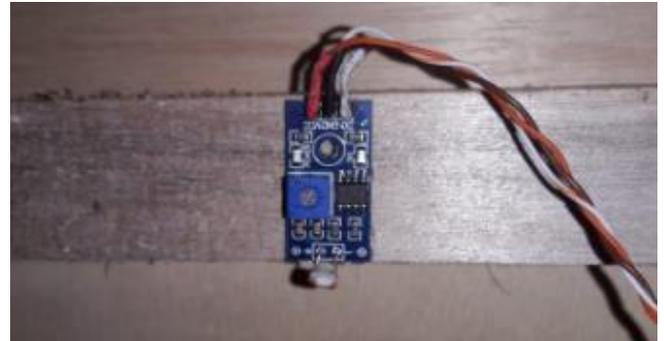


Fig. 16: Tarjeta con fotorresistencia

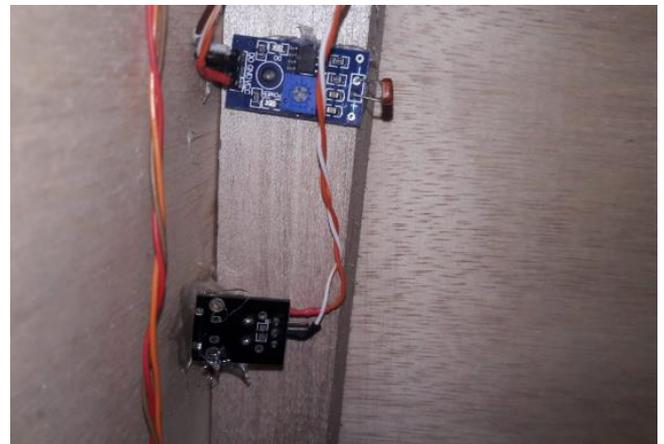


Fig. 17: Sistema Laser módulo de entrada

➤ *Servomotor de rotación continua 4.8-7.2v 13Kg/cm*

Se conectó a 5v, tiene 3 conductores que se conectan a la alimentación, a tierra y a la señal que sale del micro, cuando hay señal en el micro el motor se activa.

Se eligió el servomotor de rotación continua porque es el más preciso para controlar la velocidad del giro, por lo cual es más fácil controlar las compuertas, a diferencia de otros servomotores que controlan el ángulo a una velocidad constante.

Utilizamos uno de 13kg porque no sabíamos que fuerza se necesitaba exactamente para asegurar la apertura de la compuerta, se eligió este para asegurar el correcto funcionamiento.



Fig. 18: Servomotor de rotación continua

**3.2. DISEÑO**

De acuerdo con los resultados de la etapa de análisis e investigación se elaboró el diseño físico y lógico del sistema:

Se procedió a realizar el diseño estructural del sistema como prototipo en el programa Solidworks, es decir toda la parte física.

Es una estructura de forma cubica diseñada en triplex para el recubrimiento exterior y listones de madera para la estructura, este diseño cuenta con un módulo de entrada de forma cuadrada que permite que se introduzcan objetos de diferentes tamaños y presentaciones y que posee una tarjeta laser que se activa cuando un objeto ha sido colocado para indicar que debe ser identificado, luego de que los sensores correspondientes identifican el tipo de material que compone el residuo introducido se activa la compuerta móvil del módulo de entrada para que el residuo se desplace por acción de la gravedad sobre el módulo de transporte que está diseñado en láminas de triplex y finalmente como respuesta al material identificado por el sensor se activa el acople del servomotor de la compuerta auxiliar que de acuerdo a la clasificación abre la compuerta correspondiente de cada uno de los módulos de almacenamiento como plástico, metal, papel para depositar el residuo en el módulo de almacenamiento adecuado y finalmente almacenarlo.



Fig. 20: Prototipo Externo Solidwork

Se diseñaron los acoples en solidworks para imprimir en formato 3D, estos abren las compuertas en acción con su respectivo servomotor luego de ser identificado el residuo por el sensor en el módulo de entrada.

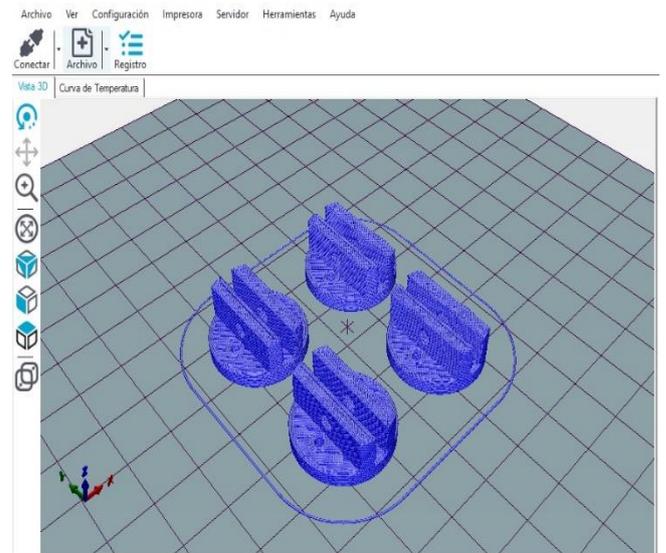


Fig. 21: Diseño 3D acoples

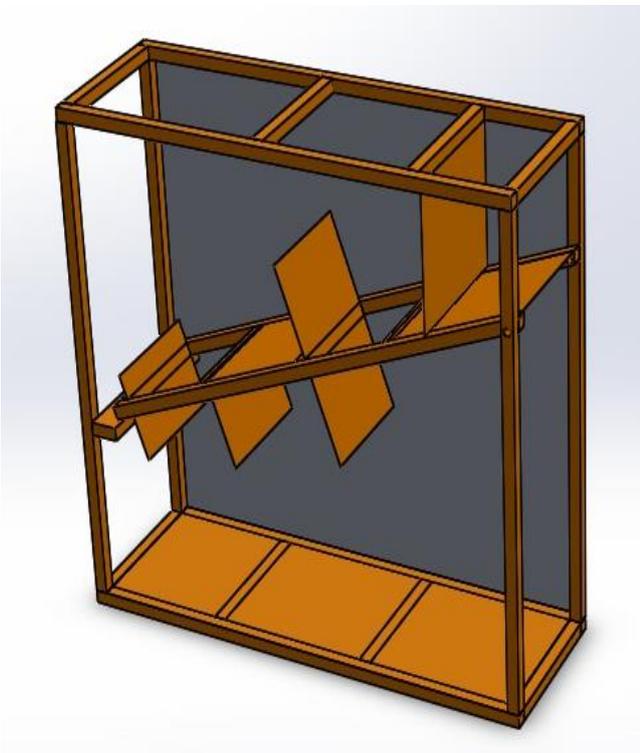


Fig. 19: Prototipo Interno Solidworks

Se realizó el diagrama de flujo del sistema con el fin de establecer la rutina de trabajo del sistema para posteriormente realizar la programación de este.

En el diseño del sistema, se elaboró un diagrama de flujo donde se ilustra las diferentes decisiones y procesos que debe tener el sistema:

Inicia el proceso con un sensor laser el cual identifica el acceso de un residuo al módulo de entrada, a continuación se realiza la identificación del residuo por medio de los sensores capacitivo e inductivo, al identificar el residuo se abre la compuerta de acceso al módulo de transporte y la compuerta donde se encuentra el contenedor del residuo identificado.

En la entrada a cada contenedor se encuentra un sensor laser el cual tiene como función identificar si el residuo ingresa, de lo contrario se dará 4 segundos para volver al inicio y el sistema no se bloquee.

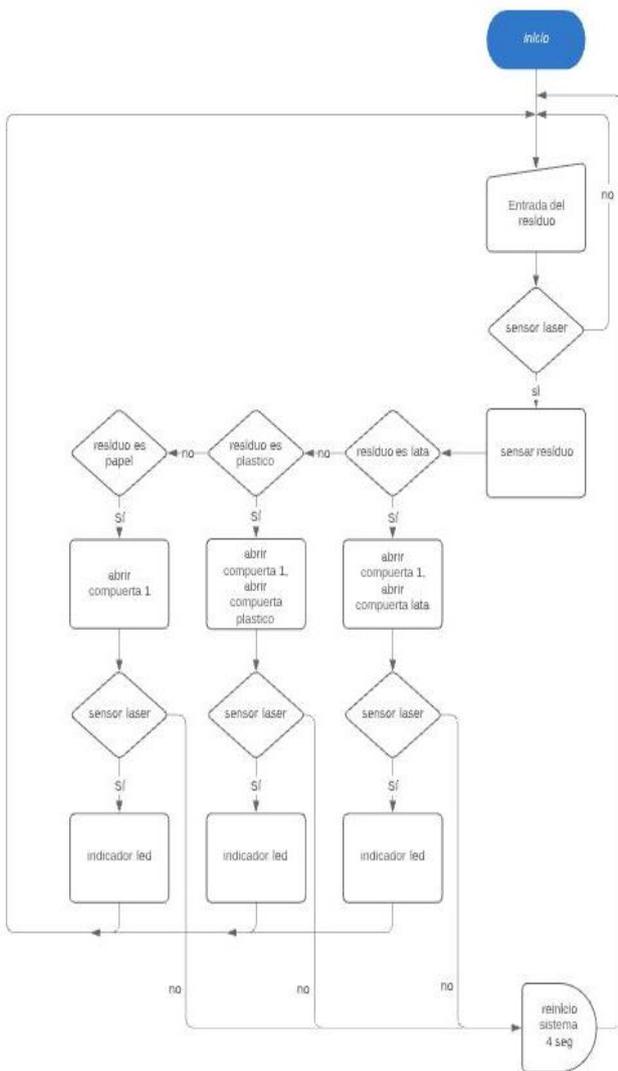


Fig. 22: Diagrama de flujo

Se elaboró el diseño esquemático de la tarjeta con los componentes correspondientes para posteriormente realizar el diseño electrónico teniendo en cuenta los diferentes componentes de entrada y salida del sistema, también se tiene en cuenta los componentes pasivos necesarios para el acondicionamiento de señales.

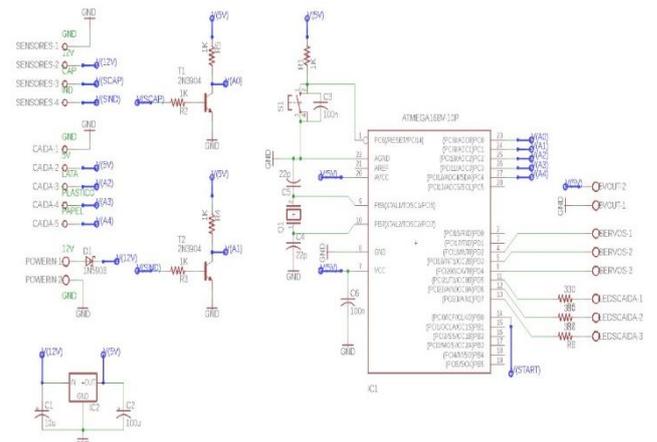


Fig. 23: Diseño esquemático del controlador

La fase de regulación se manejó de la siguiente forma: el sensor capacitivo y sensor inductivo se alimentan con 12 voltios, para el proceso de regulación se utiliza una resistencia y un transistor para cada sensor. El acondicionamiento para los demás elementos se realiza por medio del regulador que enviara una señal de 5 voltios.

Para la fase de control se utilizó un chip microcontrolador el cual se encarga del procesamiento de todas las señales emitidas por los elementos de control, los servomotores se alimentan con 5 voltios, serán los encargados de abrir las compuertas de entrada y de los contenedores, los sensores laser también se alimentaran con 5 voltios, serán los encargados de indicar la entrada de los residuos al módulo de entrada y a los contenedores. Los sensores capacitivo e inductivo enviaran las señales digitales, para metal de 1 0, para plástico 1 1, para papel 0 1, respectivamente.

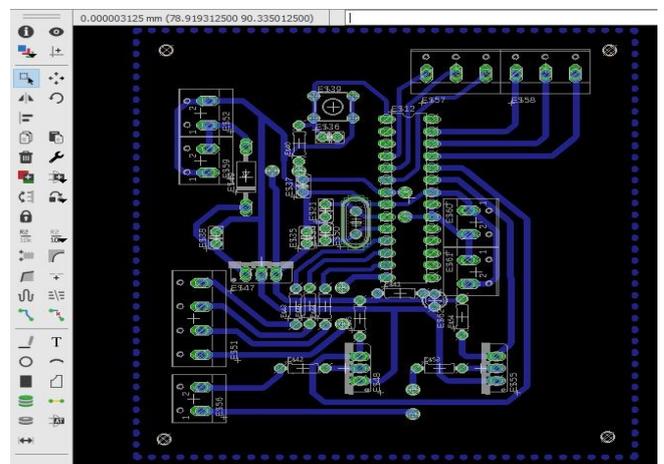


Fig. 24: Diseño electrónico del controlador

### 3.3. DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN

Finalmente se realizó el montaje físico del sistema de acuerdo con el diseño predefinido en la etapa anterior:

Se realizó la construcción estructural para el módulo de entrada, la adecuación de este módulo con los diferentes sensores para la identificación de los materiales y del sistema de compuerta para la colocación del residuo en el contenedor, para el sistema de transporte se realizó el montaje de la rampa con sus respectivas compuertas para cada contenedor, y se adecuó el módulo de almacenamiento con cada uno de los contenedores para almacenar cada tipo de residuo de acuerdo a la clasificación definida por los sensores en el módulo de entrada.



Fig. 25: Construcción estructural



Fig. 26: Construcción estructural compuertas



Fig. 27: Instalación de sensores

Para la adecuación de los servomotores con las compuertas se realizó el diseño de acoples en el programa solidworks y se imprimió en formato 3D.

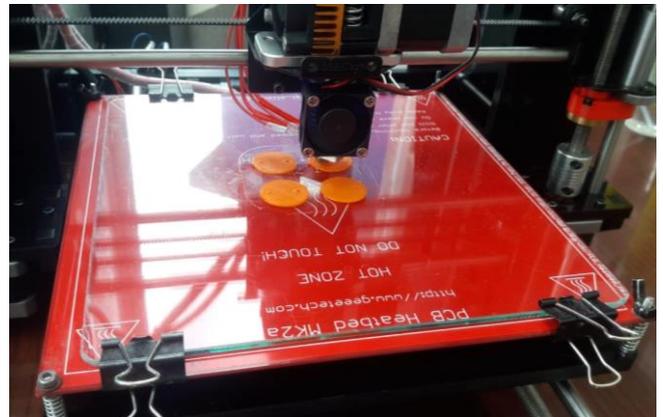


Fig. 28: Impresión acoples



Fig. 29: Instalación de servomotores

El diseño y elaboración del controlador se realizó en el programa Eagle para posteriormente realizar la impresión en papel fotográfico y utilizando una tarjeta virgen se plasmó el circuito impreso por medio de planchado en esta, para luego sumergirla en ácido férrico y proceder a la instalación de los respectivos componentes electrónicos.

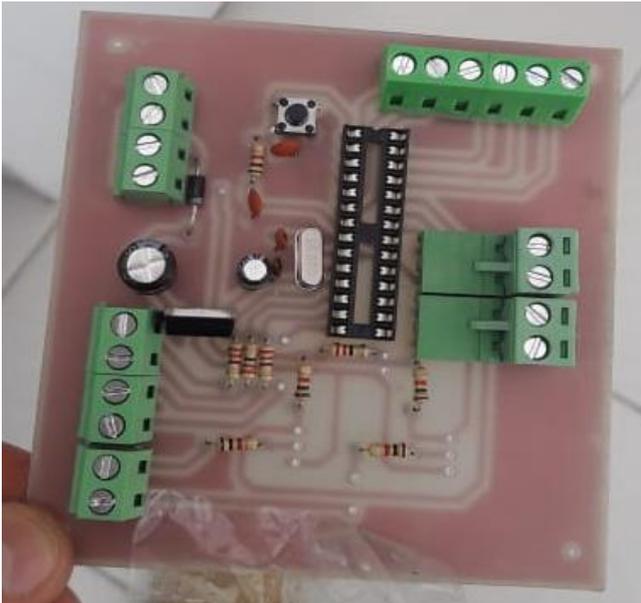


Fig. 30: Desarrollo del controlador

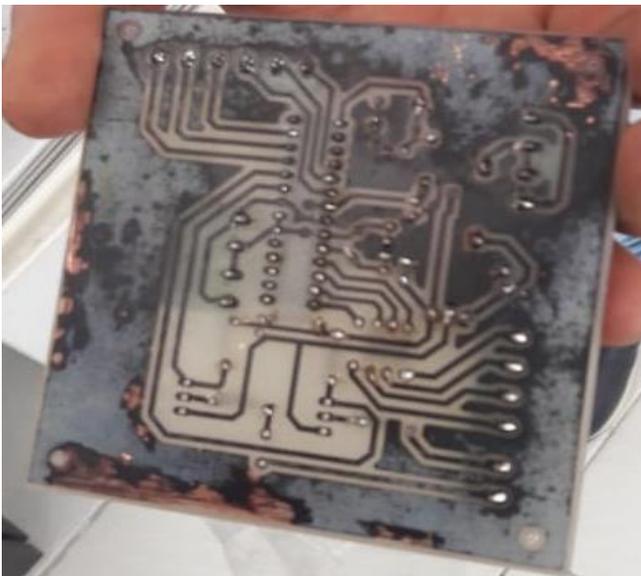


Fig. 31: Desarrollo físico del controlador

Se desarrolló la transcripción del diagrama de flujo realizado en la etapa de diseño, a un lenguaje de programación propio del controlador definido.

El lenguaje de programación se encuentra en el Anexo 3.

#### 4. COSTOS

CANTIDAD	MATERIAL	VR. UNIT.	VR TOTAL
2	Triplex	20.000	40.000
6	Varenga 3 x 3	3.500	21.000
5	Bisagras	1.300	6.500
3	Contenedor residuo	8.600	25.800
100	Tornillos	30	3000
1	Juego rodachines	7.000	7.000
3	Servomotor rotación continua	22.000	66.000
1	Atmega 328	16.000	16.000
1	Regulador de voltaje	4.200	4.200
4	Capacitores electrolíticos	250	1.000
1	Cristal 16 Mhz	400	400
30	Capacitor cerámico	50	1.500
1	Pulsador	300	300
1	Resistencia de 1 kΩ	200	200
1	Suiche	8.600	8.600
1	Kit termiencogible	22.000	22.000
1	Plaqueta virgen	3.400	3.400
2	Bornera desarmable 5p	1.500	3.000
10	Diodo rectificador	200	2.000
4	Tarjeta con fotorresistencia	5.000	20.000
4	Tarjeta laser	10.000	40.000
3	Led	100	300
2	Ventiladores	4.000	8.000
3	Resistencia 220 Ω	200	600
1	Sensor capacitivo	48.000	48.000
1	Sensor inductivo	35.000	35.000
1	Fuente suicheada	50.000	50.000
2	Bornera desarmable 2p	800	1.600
1	Estaño, pomada, fotográfico, ácido, impresión.	20.000	20.000
1	Impresión de plotter	80.000	80.000
3	Aerosoles	10.500	31.500
1	Montaje	200000	200000
	<b>TOTAL</b>		<b>766.900</b>

Tabla 6: Costos del Proyecto

### 5. PRUEBAS

Finalmente, se realizaron:

✓ *Pruebas de funcionalidad del sistema de control y sensores:*

Con el sensor inductivo no hubo ningún inconveniente ya que este no cuenta con ajuste de sensibilidad, porque reconoce inmediatamente los residuos compuestos por materiales metálicos.

El sensor capacitivo se tuvo que realizar ajustes de sensibilidad, según especificaciones del fabricante reconoce cualquiera de los materiales definidos en la muestra, a pesar de ello se tuvo que realizar los ensayos de sensibilidad para lograr identificar plástico, pero no fue posible ajustar la sensibilidad para reconocer el papel.

Los sensores laser con su respectiva fotorresistencia debieron ser alineados correctamente para no alterar el funcionamiento normal del sistema.

No hubo dificultades en la programación porque solo se debe implementar la librería, darle la escritura de la velocidad y el giro que se desea.

Se observaron dificultades en la implementación mecánica, hay que tener en cuenta el correcto acople del eje del motor con las láminas para no quebrar la unión con alguna fuerza mal hecha, y se debió diseñar la pieza porque no hay una pieza comercial que se adapte a las necesidades.

✓ *Pruebas de rutina:*

En esta actividad se probaron diferentes escenarios para determinar posibles fallas en los algoritmos del sistema.

Se realizaron las pruebas con materiales diferentes a los seleccionados en la muestra de trabajo para analizar las respuestas del sistema y se obtuvieron los siguientes resultados:

Material	Contenedor
Vidrio	Plástico
Tetra pack	Metal
Cartón	Papel
Biodegradables	Plástico
Madera	Plástico
Botella plástica con contenido líquido	Plástico

Se concluyó que los residuos no clasificados como madera, vidrio y biodegradables, son clasificados en el contenedor de plástico debido a que el sensor capacitivo identifica efectivamente la mayoría de residuos.

Los residuos compuestos principalmente por materiales metálicos se identifican correctamente al igual que los compuestos por papel en su respectivo contenedor.

✓ *Prueba de eficacia:* Esta actividad tuvo como objetivo definir el porcentaje de efectividad en la identificación de los diferentes tipos de residuos definidos en la muestra de trabajo.

Se realizaron tres pruebas de eficacia y se obtuvieron los siguientes resultados:

Material	Cantidad	Correctos	Efectividad
Metal	10	6	60%
Plástico	10	3	30%
Papel	10	5	50%

Tabla 7: Prueba 1

Se identificó que el módulo de entrada no era tan eficiente debido a que por la ubicación de los sensores los residuos deben ser colocados en distancias específicas, y el tamaño del modulo entrada permitía que los residuos se desplacen hacia el fondo, por lo cual se rediseño para lograr que los residuos sean correctamente identificados.

Se observó que la velocidad con la que se abre la compuerta de cada contenedor estaba muy rápida por lo cual los residuos a pesar de ser identificados no se depositaban correctamente en el contenedor.

En el caso del papel se analizó que cuando este residuo está impregnado con líquidos el sensor capacitivo lo detecta como plástico.

Se procedió a configurar la programación de la velocidad del giro de los servomotores para realizar el ajuste correspondiente.

Material	Cantidad	Correctos	Efectividad
Metal	10	8	80%
Plástico	10	6	60%
Papel	10	7	70%

Tabla 7: Prueba 2

Luego de corregidas las fallas en el prototipo se observó un mayor porcentaje de efectividad, sin embargo se analizó que el sistema empezaba a fallar después de algunos minutos porque los componentes electrónicos del sistema se sobrecalentaban, por lo cual fue necesario instalar unos ventiladores.

Material	Cantidad	Correctos	Efectividad
Metal	10	10	100%
Plástico	10	8	80%
Papel	10	9	90%

Tabla 7: Prueba 3

A pesar de las correcciones realizadas se observó que algunos de los residuos compuestos por plástico no son detectados debido a la capacitancia dieléctrica de los materiales.

## 6. CONCLUSIONES

De acuerdo a la información recolectada, sobre los diferentes tipos de sensores que se encuentran en el mercado, se concluye que para realizar la detección de los residuos reciclables (papel, plástico y metal); los sensores digitales capacitivo e inductivo son los más adecuados para realizar dicho proceso.

En el diseño del prototipo se realiza inicialmente la estructura física, para luego incluir correctamente los componentes electrónicos y de recolección, obteniendo como resultado un sistema con transporte, clasificación y de fácil acceso para extraer los contenedores.

El prototipo seleccionador automático de residuos reciclables realiza la clasificación automática, pero para lograr buenos resultados va a depender del buen uso por parte de los usuarios; en cuanto a su funcionamiento se concluye que debido a sus componentes electrónicos el consumo de energía va a ser mínimo.

## 7. TRABAJOS FUTUROS

Después del desarrollo de este prototipo hemos analizado para trabajos futuros el mejoramiento del selector automático de residuos incluyendo en el sistema la posibilidad de ampliar el tipo de residuos reciclados separando vidrio y basura común.

Durante el transcurso del diseño estructural se plantea la posibilidad de construir un sensor capaz de identificar residuos de manera más precisa y que sea de bajo costo respecto de los que se encuentran en el mercado.

## 8. AGRADECIMIENTOS

A todos los profesores de la Universidad Antonio Nariño, los cuales a lo largo de estos años han compartido con nosotros sus conocimientos; especialmente al Ing. Guillermo Hidalgo quien nos ha acompañado a lo largo de este trabajo de grado, por su orientación y dedicación en cada etapa.

A los jurados asignados a este proyecto por sus aportes para mejorar el desarrollo de este trabajo.

A nuestras familias, amigos, compañeros que a lo largo de estos años han formado parte de este sueño.

A Elizabeth Benavides, por creer en mí, por permitirme soñar y apoyarme a pesar de los tropiezos. Anibal Jimenez

A mis padres por darme siempre su apoyo, por su cariño y alentarme a seguir adelante. Pablo Madera

## 9. REFERENCIAS

- [1]<https://sostenibilidad.semana.com/impacto/articulo/manejo-de-residuos-en-colombia-es-una-bomba-a-punto-de-estallar/40963>
- [2]<https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/colombia-podria-aprovechar-cerca-de-40-de-los-116-millones-de-toneladas-de-residuos-que-genera-al-ano-2813141>
- [3]INFORME DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS – 2017, Edición No. 10, diciembre 2018, Bogotá D.C., pág. 53.
- [4]PLAN DE GESTION AMBIENTAL REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO PGAR 2016-2036, 08 de noviembre 2017, pág. 235.
- [5]PLAN DE GESTION AMBIENTAL REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO PGAR 2016-2036, 08 de noviembre 2017, pág. 233.
- [6]<https://es.wikipedia.org/wiki/Reciclaje>
- [7]<http://cuon.io/UMafr> > [citado en 15 de septiembre de 2018. CONTRALORÍA DE BOGOTÁ. Procedimiento manejo integral de residuos
- [8]PALLAS, Ramon. Sensores y acondicionadores de señal. Barcelona (España): Marcombo S.A, 2003, P.3.
- [9]DANERI, Pablo A., PLC: automatización y control industrial, Editorial Hispano Americana HASA, 2008.
- [10]DANERI, Pablo A., PLC: automatización y control industrial, Editorial Hispano Americana HASA, 2008. P58
- [11] DANERI, Pablo A., PLC: automatización y control industrial, Editorial Hispano Americana HASA, 2008. P.64
- [12] CORONA, Leonel, ABARCA, Griselda, CARREÑO, Jesús. Sensores y Actuadores aplicaciones con Arduino. México: Grupo editorial Patria, 2014, P.25.
- [13] ALONSO, German, Motores Servo, P.1, [en línea] <http://arduinoobot.pbworks.com/w/page/10175781/Motores%20Servo>
- [14] GARCÍA, Antony, ¿Qué es y cómo funciona un servomotor?, 2016, [, [en línea] <<http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor/>>

10. ANEXOS

Anexo 1



Miniature Inductive Prox

TL-W

Subminiature, Flat-Pack DC Sensor  
Fits Tight Spaces

- Watertight construction conforms to IP67
- Space-saving mounting area, as small as 10 x 27 mm (0.39 x 1.06 in), is ideal for conveyor wall mounting
- Mounts directly onto metal base or rail
- Rugged diecast metal or low-profile plastic housing models available
- Choose NPN or PNP output models
- Ready to use: Prewired with 2 m (6.56 ft) length cable and mounting bracket included with TL-W3M sensors



Ordering Information

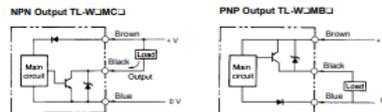
Body type	Shielded	Unshielded			
Body material	Diecast aluminum	ABS plastic			
Nominal detecting distance	5 mm (0.20 in)	3 mm (0.12 in)	5 mm (0.20 in)	20 mm (0.79 in)	
Part number	NPN-NO output	TL-WSE1	TL-W3MC1	TL-W5MC1	TL-W20ME1
	NPN-NC output	TL-WSE2	TL-W3MC2	TL-W5MC2	TL-W20ME2
	PNP-NO output	TL-WF1	TL-W3MB1	TL-W5MB1	—
	PNP-NC output	TL-WF2	—	—	—

■ SHIELDED, METAL BODY SENSORS

Part number		TL-WSE1J	TL-WF1J
Sensor type		Inductive	
Body	Size	Flat, rectangular	
	Type	Shielded	
Supply voltage		10 to 30 VDC, maximum ripple 10% peak-to-peak	
Current consumption		15 mA max. at 24 VDC	
Detectable object type		Metal objects	
Effective maximum detecting distance (with standard object)		0 to 4 mm (0 to 0.16 in)	
Standard target size (mild steel, LxWxH)		18 x 18 x 1 mm (0.71 x 0.71 x 0.04 in)	
Differential travel		10% max. at effective maximum detecting distance	
Control output	DC solid-state	Type	NPN-NO (TL-WSE1) with pull-up resistor NPN-NC (TL-WSE2) with pull-up resistor
		Max. load	200 mA max.
		Max. on-state voltage drop	2.0 V max.
Response frequency		300 Hz	
Circuit protection	Output short-circuit	Not provided	
	DC power supply reverse polarity	Provided	
Indicators		Target present (red LED)	
Materials	Housing	Diecast aluminum	
	Sensing face	Plastic (ABS)	
	Cable sheath	Oil-proof vinyl	
Mounting		Bottom surface with 2 through holes	
Connections	Prewired	3-conductor cable, 2 m (6.56 ft) length	
Weight with cable		70 g (2.5 oz.)	
Enclosure ratings	UL	—	
	NEMA	1, 2, 3, 4X, 6, 12, 13	
Approvals	IEC 144	IP67	
Approvals	UL	—	
Approvals	CSA	—	
Ambient operating temperature		-25° to 70°C (-13° to 158°F)	
Vibration		10 to 55 Hz, at 1.5 mm in X, Y, and Z directions, double amplitude for 2 hours	
Shock		Approx. 50 G, three hours	

Operation

■ OUTPUT CIRCUIT DIAGRAMS

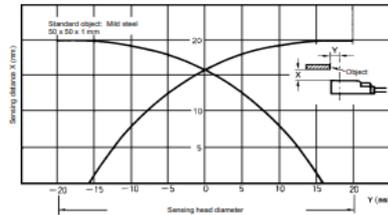


**Specifications**

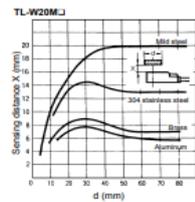
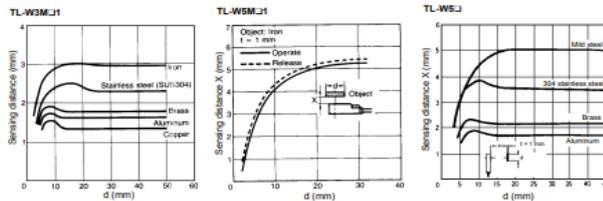
■ **UNSHIELDED, PLASTIC BODY SENSORS**

Part number	TL-W3MJJ	TL-W5MJJ	TL-W20MEJ	
Sensor type	Inductive			
Body	Size	Flat, rectangular		
	Type	Unshielded		
Supply voltage	10 to 30 VDC, maximum ripple 10% peak-to-peak			
Current consumption	15 mA max.	10 mA max.	15 mA max.	
Detectable object type	Metal objects			
Effective maximum detecting distance (with standard object)	0 to 27 mm (0 to 0.11 in)	0 to 4.5 mm (0 to 0.18 in)	0 to 16 mm (0 to 0.63 in)	
	Standard target size (mild steel, LxWxH)	12 x 12 x 1 mm (0.47 x 0.47 x 0.04 in)	18 x 18 x 1 mm (0.71 x 0.71 x 0.04 in)	50 x 50 x 1 mm (1.97 x 1.97 x 0.04 in)
	Differential travel	10% max. of effective maximum detecting distance		
Control output	DC solid-state	Type	NPN-NO (TL-WJMC1) PNP-NO (TL-WJMB1)	
		Max. load	100 mA max. 50 mA max. at 12 VDC 100 mA max. at 24 VDC	
Max. on-state voltage drop	1.0 V max.	NPN-NO (TL-W20ME1) with pull-up resistor NPN-NC (TL-W20ME2) with pull-up resistor		
		Response frequency	600 Hz	500 Hz
Circuit protection	Output short-circuit	Not provided		
	DC power supply reverse polarity	Provided		
Indicators	Target present (red LED)			
Materials	Housing	Plastic (ABS)		
	Sensing face	Plastic (ABS)		
	Cable sheath	Oil-proof vinyl		
Mounting	Bottom surface with 1 through hole, or mounting bracket supplied	Bottom surface with 2 through holes		
	Connections	3-conductor cable, 2 m (6.56 ft) length		
Weight with cable	30 g (1.06 oz.)	45 g (1.59 oz.)	180 g (6.35 oz.)	
Enclosure ratings	UL	—		
	NEMA	1, 2, 3, 4X, 6, 12, 13		
Approvals	IEC 144	IP67		
	UL	—		
Ambient operating temperature	-25° to 70°C (-13° to 158°F)			
Vibration	10 to 55 Hz, at 1.5 mm in X, Y, and Z directions, double amplitude for 2 hours			
Shock	Approx. 50 G, three times			

**TL-W20MEJ**

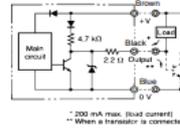


■ **SENSITIVITY**

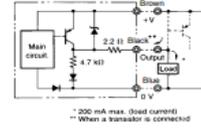


**OUTPUT CIRCUIT DIAGRAMS (continued)**

**NPN Output TL-WSEJ, TL-W20MEJ**



**PNP Output TL-WSFJ**



■ **TIMING CHARTS**

**TL-W3M, TL-W5M**



**NPN Output TL-WSEJ, TL-W20MEJ**

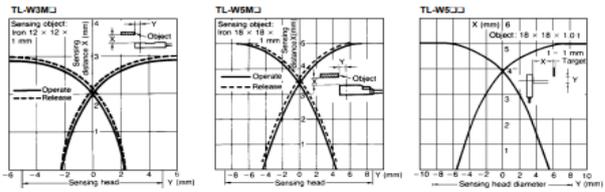


**PNP Output TL-WSFJ**

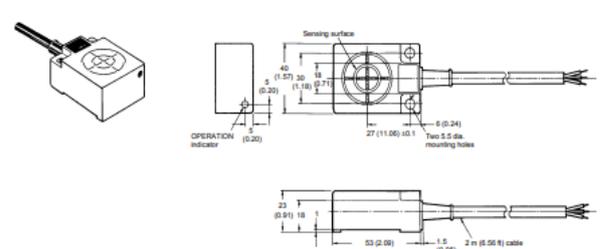


**Engineering Data**

■ **OPERATING RANGE**



**TL-W20MEJ**

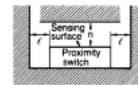


**Precautions**

■ **INFLUENCE OF SURROUNDING METALS**

When mounting the proximity sensor flush with a metallic panel, be sure to allow a minimum distance as shown in the table below. If the other side is open, the value of "F" is zero.

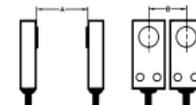
Distance	* F *	in
TL-W3M	3 mm (0.12 in)	12 mm (0.47 in)
TL-W5M	5 mm (0.20 in)	20 mm (0.79 in)
TL-W20M	25 mm (0.98 in)	100 mm (3.94 in)



■ **MUTUAL INTERFERENCE**

When mounting two or more sensors of the same type face to face or side by side, be sure to provide a minimum distance as shown in the table below.

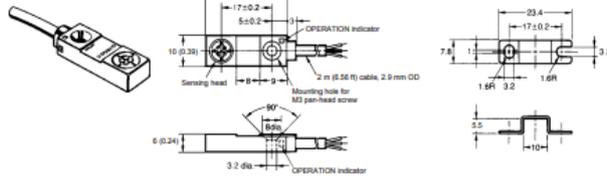
Distance	A	B
TL-W3M	90 mm (3.54 in)	30 mm (1.18 in)
TL-W5M	120 mm (4.72 in)	60 mm (2.36 in)
TL-W5J	50 mm (1.97 in)	35 mm (1.38 in)
TL-W20M	200 mm (7.87 in)	200 mm (7.87 in)



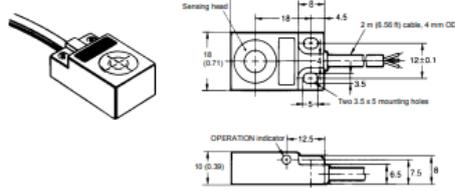
**Dimensions**

Unit: mm (inch)

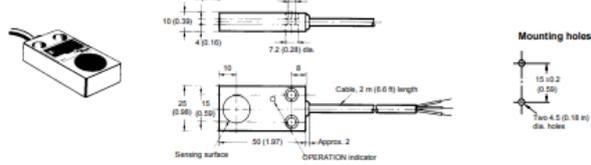
**TL-W3M-L1**



**TL-W5M-L1**



**TL-W5E, TL-W5F**



Conductive Proximity Switch Series



Dimension		M12-1		M18-1		M24-1.5		M30-1.5	
Mounting way		Screen shield type	Non-screen shield type						
Type	DC Type	NO	LJC12A3-2-Z-BX	LJC18A3-5-Z-BX	LJC24A3-8-Z-BX	LJC30A3-10-Z-BX	LJC38A4-20-Z-BX	LJC60A4-40-Z-BX	LJC80A4-60-Z-BX
		NC	LJC12A3-2-Z-AX	LJC18A3-5-Z-AX	LJC24A3-8-Z-AX	LJC30A3-10-Z-AX	LJC38A4-20-Z-AX	LJC60A4-40-Z-AX	LJC80A4-60-Z-AX
		NO-NC	LJC12A3-2-Z-BY	LJC18A3-5-Z-BY	LJC24A3-8-Z-BY	LJC30A3-10-Z-BY	LJC38A4-20-Z-BY	LJC60A4-40-Z-BY	LJC80A4-60-Z-BY
		NC	LJC12A3-2-Z-AY	LJC18A3-5-Z-AY	LJC24A3-8-Z-AY	LJC30A3-10-Z-AY	LJC38A4-20-Z-AY	LJC60A4-40-Z-AY	LJC80A4-60-Z-AY
	AC Type	NO		LJC18A3-5-J-EZ	LJC24A3-8-J-EZ	LJC30A3-10-J-EZ	LJC38A4-20-J-EZ	LJC60A4-40-J-EZ	LJC80A4-60-J-EZ
		NC		LJC18A3-5-J-DZ	LJC24A3-8-J-DZ	LJC30A3-10-J-DZ	LJC38A4-20-J-DZ	LJC60A4-40-J-DZ	LJC80A4-60-J-DZ
		NO-NC							
		Three wire type							
	Detection range		20mm ± 10%	30mm ± 10%	50mm ± 10%	70mm ± 10%	100mm ± 10%	150mm ± 10%	200mm ± 10%
	Set distance		0-1.5mm	0-8mm	0-8mm	0-8mm	0-7mm	0-15mm	0-8mm
	Standard detection object		Iron Φ10-15mm	Iron Φ10-15mm	Iron Φ10-15mm	Iron Φ10-15mm	Iron Φ10-15mm	Iron Φ10-15mm	Iron Φ10-15mm
	Response frequency		DC 0.5Hz AC 20Hz	DC 0.5Hz AC 20Hz	DC 0.5Hz AC 20Hz	DC 0.5Hz AC 20Hz	DC 0.5Hz AC 20Hz	DC 0.5Hz AC 20Hz	DC 0.5Hz AC 20Hz
Illustration		Chart 110	Chart 111	Chart 113	Chart 114	Chart 115	Chart 116	Chart 117	

Dimension		9-20		9-34		M24-1.5		9-60-180-40	
Mounting way		Non-screen shield type							
Type	DC Type	NO	LJC20A4-10-Z-BX	LJC34A4-20-Z-BX	LJC60A4-20-Z-BX	LJC80A4-40-Z-BX	LJC180A4-40-Z-BX	LJC240A4-40-Z-BX	LJC360A4-40-Z-BX
		NC	LJC20A4-10-Z-AX	LJC34A4-20-Z-AX	LJC60A4-20-Z-AX	LJC80A4-40-Z-AX	LJC180A4-40-Z-AX	LJC240A4-40-Z-AX	LJC360A4-40-Z-AX
		NO-NC	LJC20A4-10-Z-BY	LJC34A4-20-Z-BY	LJC60A4-20-Z-BY	LJC80A4-40-Z-BY	LJC180A4-40-Z-BY	LJC240A4-40-Z-BY	LJC360A4-40-Z-BY
		NC	LJC20A4-10-Z-AY	LJC34A4-20-Z-AY	LJC60A4-20-Z-AY	LJC80A4-40-Z-AY	LJC180A4-40-Z-AY	LJC240A4-40-Z-AY	LJC360A4-40-Z-AY
	AC Type	NO	LJC20A4-10-J-EZ	LJC34A4-20-J-EZ	LJC60A4-20-J-EZ	LJC80A4-40-J-EZ	LJC180A4-40-J-EZ	LJC240A4-40-J-EZ	LJC360A4-40-J-EZ
		NC	LJC20A4-10-J-DZ	LJC34A4-20-J-DZ	LJC60A4-20-J-DZ	LJC80A4-40-J-DZ	LJC180A4-40-J-DZ	LJC240A4-40-J-DZ	LJC360A4-40-J-DZ
		NO-NC							
		Three wire type							
	Detection range		10mm ± 10%	25mm ± 10%	20mm ± 10%	40mm ± 10%	40mm ± 10%	40mm ± 10%	40mm ± 10%
	Set distance		0-2mm	0-2mm	0-18mm	0-20mm	0-20mm	0-20mm	0-20mm
	Standard detection object		Iron Φ10-15mm						
	Response frequency		DC 0.5Hz AC 20Hz						
Illustration		Chart 118	Chart 119	Chart 120	Chart 121	Chart 122	Chart 123	Chart 124	

Conductive Proximity Switch Series

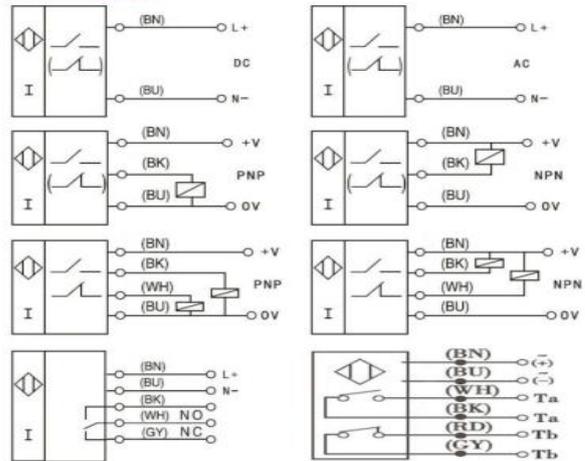
Chart 110	LJC12A3-2-□	Chart 111	LJC12A3-A-□
Chart 112	LJC18A3-5-□	Chart 113	LJC18A3-B-□
Chart 114	LJC24A3-8-□	Chart 115	LJC24A3-T-□
Chart 116	LJC30A3-10-□	Chart 117	LJC30A3-H-□
Chart 118	LJC20A4-10-□	Chart 119	LJC34A4-K-□
Chart 120	LJC38A4-20-□	Chart 121	LJC60A4-40-□

Specifications:

Product Name	Inductive Proximity Switch
Model	LJ18A3-8-Z/EX
Theory	Inductive Sensor
Wire Type	2 Wire Type (Brown, Blue)
Switch Appearance Type	Cylinder Type
Output Type	NO (Normal Open)
Detection Distance	8mm +/- 10%
Electrical Voltage	6-36V DC
Set Distance	0-7mm
Output Current (max)	200mA
Detect objects	Iron
Standard Detection Object	Iron 30x30x1mm
Response Frequency	DC 0.5kHz , AC 25Hz
Column Sensor Diameter	18mm
Thread Diameter	18mm
External Dimensions	M18x68
Cable Length	1.1m
External Material	Plastic, Alloy

Dimension		M18	
Detection Distance		8mm	
Dimensional Drawing			
Model	DC Type	NO	LJ18A3-8-Z/BX
		NPN NC	LJ18A3-8-Z/AX
		NO+NC	LJ18A3-8-Z/CX
		NO	LJ18A3-8-Z/BY
		PNP NC	LJ18A3-8-Z/AY
		NO+NC	LJ18A3-8-Z/CY
	AC Type	Two-wire NO	LJ18A3-8-Z/EX
		Two-wire NC	LJ18A3-8-Z/DX
		Three-wire NO	LJ18A3-8-J/EZ
		Three-wire NC	LJ18A3-8-J/DZ
		NO+NC	LJ18A3-8-J/EDZ
		NO+NC	LJ18A3-8-J/EDZ

Installation:



Código fuente.

```
#include <Servo.h>
#include <avr/wdt.h>
```

```
Servo MO;
Servo MLata;
Servo MPI;
```

```
//ENTRADAS
int Open=8;
int Scap=15;
int Sind=14;
int CaidaLata=16;
int CaidaPI=17;
int CaidaPa=18;
int Cap=1;
int Ind=1;
int L=0;
int PL=0;
int PA=0;
int S=1;
int Start=0;
```

```
//SALIDAS
```

```
int LedLata=5;
int LedPI=6;
int LedPa=7;
```

```
void setup() {
  wdt_enable(WDTO_4S);
  pinMode(Open,INPUT);
  pinMode(Scap,INPUT);
  pinMode(Sind,INPUT);
  pinMode(CaidaLata,INPUT);
  pinMode(CaidaPI,INPUT);
  pinMode(CaidaPa,INPUT);
  pinMode(LedLata,OUTPUT);
  pinMode(LedPI,OUTPUT);
  pinMode(LedPa,OUTPUT);
  MO.attach(4);
  MLata.attach(2);
  MPI.attach(3);
  MO.write(90);
  MLata.write(90);
  MPI.write(90);
}
```

```
void loop() {
  wdt_reset();
  digitalWrite(LedLata,LOW);
  digitalWrite(LedPI,LOW);
  digitalWrite(LedPa,LOW);
  MO.write(90);
```

```
MLata.write(90);
MPI.write(90);
S=digitalRead(Open);
if(S==1)
{
  Start=1;
  MO.write(0);
  MLata.write(180);
  MPI.write(180);
  delay(125);
}
while(Start==1)
{
  wdt_reset();
  Cap=digitalRead(Scap);
  Ind=digitalRead(Sind);
  delay(250);
  MO.write(90);
  MLata.write(90);
  MPI.write(90);
  Cap=digitalRead(Scap);
  Ind=digitalRead(Sind);
  for(int i=0;i<10;i++)
  {
    Cap=digitalRead(Scap);
    Ind=digitalRead(Sind);
    delay(50);
  }
  delay(750);
  //Cap=digitalRead(Scap);
  //Ind=digitalRead(Sind);
  if(Cap==1 && Ind==0 &&
Start==1)//Lata
  {
    delay(250);
    MO.write(180);
    delay(250);
    MLata.write(0);
    delay(200);
    MO.write(0);
    L=digitalRead(CaidaLata);
    while(L==0)
    {
      L=digitalRead(CaidaLata);
    }
    MO.write(90);
    MLata.write(180);
    delay(500);
    MLata.write(90);
    digitalWrite(LedLata,HIGH);
    delay(500);
    Start=0;
  }
}
```

```
if(Cap==1 && Ind==1 &&
Start==1)//Plastico
{
  delay(250);
  MO.write(180);
  delay(350);
  MPI.write(0);
  delay(250);
  MO.write(0);
  PL=digitalRead(CaidaPI);
  while(PL==0)
  {
    MPI.write(90);
    PL=digitalRead(CaidaPI);
  }
  MO.write(90);
  MPI.write(180);
  delay(500);
  MPI.write(90);
  digitalWrite(LedPI,HIGH);
  delay(500);
  Start=0;
}
if(Cap==0 && Ind==1 &&
Start==1)//Papel
{
  delay(250);
  MO.write(180);
  delay(350);
  MO.write(90);
  PA=digitalRead(CaidaPa);
  while(PA==0)
  {
    wdt_reset();
    PA=digitalRead(CaidaPa);
    delay(2000);
    PA=1;
  }
  MO.write(0);
  delay(350);
  digitalWrite(LedPa,HIGH);
  delay(650);
  Start=0;
}
}
```