

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecatrónica

Tesis

**Diseño y desarrollo de un sistema automatizado
enfocado en el reconocimiento y clasificación de
residuos sólidos para una mejor gestión**

Jhamir Beltran Montero
Jhei Quintana Martinez

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Mecatrónico

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

AGRADECIMIENTOS

La presente investigación es el resultado del trabajo constante por los investigadores. Mediante este trabajo se pudo aprovechar la competencia y la experiencia de muchas personas que se desea agradecer en este apartado.

En primer lugar, al maestro de Taller de Investigación Quispe Cabana Roberto, se ofrece el más amplio agradecimiento por las clases impartidas y por su guía durante todo el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Al asesor, quien fortaleció nuestro ímpetu en investigación.

A nuestros docentes, por brindarnos sus conocimientos y experiencias de manera incondicional y paciente.

Finalmente, un eterno agradecimiento a la prestigiosa Universidad Continental, la cual nos facilitó con el uso de sus aulas para nuestro aprendizaje, formándonos como personas que contribuyen a la sociedad y preparándonos para las exigencias de este mundo competitivo.

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado a nuestros padres, por su esfuerzo, dedicación y apoyo incondicional al logro de nuestro desarrollo profesional, siendo ellos el principal motor de superación.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	II
DEDICATORIA	III
LISTA DE TABLAS.....	VII
LISTA DE FIGURAS	VIII
RESUMEN.....	X
ABSTRACT	XI
INTRODUCCIÓN	XII
CAPÍTULO I:.....	14
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1 Descripción de la situación problemática.....	14
1.2 Formulación del problema	17
1.3 Objetivos de la investigación	17
1.4 Justificación e importancia de la investigación	18
1.4.1. Justificación Teórica	18
1.4.2. Justificación Práctica	18
1.4.3. Justificación Metodológica.....	18
1.4.4. Importancia	19
CAPÍTULO II:.....	20
MARCO TEÓRICO.....	20
2.1 Antecedentes de la investigación.....	20
2.2 Bases teóricas.....	22
2.3 Definición de términos básicos	34
CAPÍTULO III:.....	36
METODOLOGÍA	36
3.1. Metodología aplicada para el desarrollo de la Solución.....	36
3.1.1. Primera Etapa: Definición de requerimientos	37
3.1.2. Segunda Etapa: Diseño de sistemas	37
3.1.3. Tercera Etapa: Dominio específico del diseño.....	37
3.1.4. Cuarta Etapa: Integración de sistemas	37
3.1.5. Quinta Etapa: Verificación/Validación.....	38
3.1.6. Sexta Etapa: Modelado y análisis del modelo.....	38

3.1.7. Séptima Etapa: Producto	38
CAPÍTULO IV:	39
ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN.....	39
4.1. Estado del Arte.....	39
4.2. Identificación de Requerimientos	42
4.2.1. Lista de Exigencias	42
4.2.2. Caja Negra.....	44
4.2.3. Estructura de Funciones	46
4.3. Análisis de la Solución	48
4.4. Diseño	56
4.4.1. Cálculos del Diseño	57
4.4.2. Diseño Electrónico:.....	60
4.4.3. Diseño Mecánico:	70
4.4.4. Diseño de Control:	78
CAPÍTULO V:.....	85
ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN.....	85
5.1. Construcción	85
5.1.1. Parte Mecánica	85
5.1.2. Parte Electrónica	88
5.1.3. Parte de Control	91
5.2. Pruebas y Resultados.....	93
5.2.1. Pruebas de la parte electrónica.....	93
5.2.2. Pruebas de la parte mecánica.....	96
5.2.3. Pruebas de la parte de Control	97
5.2.4. Pruebas de Eficacia	100
CONCLUSIONES	102
REFERENCIAS.....	104
ANEXOS.....	107
ANEXO A	108
MATRIZ DE CONSISTENCIA	108
ANEXO B	112
PLANO MECÁNICOS	112
ANEXO C	115
HOJA DE DATOS DE LOS DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS	115

ANEXO D	134
CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN.....	134

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1:</i> Producción Y Porcentaje Reciclado De Residuos Sólidos Por Departamento	15
<i>Tabla 2:</i> Clasificación De Residuos Sólidos Según Su Gestión	24
<i>Tabla 3:</i> Lista De Modelos De Sensor Mq	28
<i>Tabla 4:</i> Lista De Exigencias Para El Diseño Del Clasificador Automático	42
<i>Tabla 5:</i> Matriz Morfológica Del Clasificador De Residuos Sólidos	49
<i>Tabla 6:</i> Evaluación Técnica De Los Conceptos De Solución	53
<i>Tabla 7:</i> Evaluación Económica De Los Conceptos De Solución	54
<i>Tabla 8:</i> Evaluación Económica De Clasificadores En El Mercado	55
<i>Tabla 9:</i> Requerimientos Para El Diseño Electrónico	60
<i>Tabla 10:</i> Comparación Entre Modelos De Sensores Inductivos	61
<i>Tabla 11:</i> Comparación Entre Modelos De Sensores Capacitivos	62
<i>Tabla 12:</i> Comparación Entre Modelos De Sensores Ópticos	63
<i>Tabla 13:</i> Comparación Entre Modelos De Sensores De Peso	64
<i>Tabla 14:</i> Comparación Entre Modelos De Sensores Ultrasónicos	65
<i>Tabla 15:</i> Comparación Entre Modelos De Servomotores	66
<i>Tabla 16:</i> Comparación Entre Modelos De Motores Paso A Paso	67
<i>Tabla 17:</i> Requerimientos Del Diseño Mecánico	70
<i>Tabla 18:</i> Comparación Entre Materiales Para La Estructura	71
<i>Tabla 19:</i> Resultado De Sensado Del Sensor Inductivo	79
<i>Tabla 20:</i> Resultado De Sensado Del Sensor Capacitivo	80
<i>Tabla 21:</i> Pruebas Del Sensor De Peso	80
<i>Tabla 22:</i> Pruebas Del Sensor De Óptico	82
<i>Tabla 23:</i> Lógica De Clasificación	83
<i>Tabla 24:</i> Pruebas De Componentes	94
<i>Tabla 25:</i> Pruebas De Comunicación	96
<i>Tabla 26:</i> Prueba De Componentes Mecánicos	96
<i>Tabla 27:</i> Pruebas De Eficacia	100

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1:</i> Reciclaje En El Mundo	15
<i>Figura 2:</i> Clasificación De Los Residuos Sólidos.....	23
<i>Figura 3:</i> Sensor Inductivo Lj12a3-4-Z/Bx	26
<i>Figura 4:</i> Principio De Inducción Electromagnética	27
<i>Figura 5:</i> Variación De Flujo De Corriente De Inducción.....	27
<i>Figura 6:</i> Sensor De Gas Mq-02.....	28
<i>Figura 7:</i> Sensor Capacitivo Ljc18a3-10-Z/By.....	30
<i>Figura 8:</i> Principio De Condensador De Placa Ideal.....	30
<i>Figura 9:</i> Clasificación Tecnológica De Los Sistemas De Control	31
<i>Figura 10:</i> Estructura Interna De Un Microcontrolador	32
<i>Figura 11:</i> Clasificación De Los Transductores.....	33
<i>Figura 12:</i> Accionadores	33
<i>Figura 13:</i> Modelo En Forma De V En El Nivel Macro.....	36
<i>Figura 14:</i> Estructura Modular Del Clasificador Automático	38
<i>Figura 15:</i> Clasificador Móvil Mss 1000e.....	39
<i>Figura 16:</i> Máquina Clasificadora Óptica De Clarity Demolición	40
<i>Figura 17:</i> Clasificador Pop Up Con Ruedas Gts Series	41
<i>Figura 18:</i> Máquina Clasificadora Óptica Sortex B	42
<i>Figura 19:</i> Caja Negra Del Clasificador De Residuos.....	45
<i>Figura 20:</i> Diagrama De Funciones Del Clasificador De Residuos Sólidos	47
<i>Figura 21:</i> Concepto De Solución 1.....	51
<i>Figura 22:</i> Concepto De Solución 2.....	52
<i>Figura 23:</i> Concepto De Solución 3.....	53
<i>Figura 24:</i> Evaluación Técnica Vs Evaluación Económica	55
<i>Figura 25:</i> Diseño Mecatrónico Del Clasificador	57
<i>Figura 26:</i> Sensor Inductivo Pr30-15dp.....	62
<i>Figura 27:</i> Sensor Capacitivo Cr30-15dp.....	63
<i>Figura 28:</i> Sensor Infrarrojo Tcrt5000	64
<i>Figura 29:</i> Sensor De Peso Sen0160.....	65
<i>Figura 30:</i> Sensor Ultrasónico Hc-Sr04	66
<i>Figura 31:</i> Servomotor Mg995	67

<i>Figura 32:</i> Motor Paso A Paso Nema 17.....	68
<i>Figura 33:</i> Diagrama Electrónico Del Clasificador Automático	69
<i>Figura 34:</i> Diagrama De La Placa Impresa	69
<i>Figura 35:</i> Vista Frontal De La Estructura	72
<i>Figura 36:</i> Vista Superior De La Estructura	72
<i>Figura 37:</i> Vista Lateral De La Estructura	73
<i>Figura 38:</i> Vista De Detalle Del Punto A.....	73
<i>Figura 39:</i> Vista Isométrica De La Estructura Raíz	74
<i>Figura 40:</i> Vista Frontal De La Cabina De Sensado	75
<i>Figura 41:</i> Vista Superior De La Cabina De Sensado	75
<i>Figura 42:</i> Simulación Del Esfuerzo De La Cabina De Sensado	77
<i>Figura 43:</i> Simulación Del Esfuerzo De Las Varillas De Acero Inoxidable.....	77
<i>Figura 44:</i> Arduino Mega 2560 Mini Pro.....	78
<i>Figura 45:</i> Análisis De Las Pruebas Del Sensor De Peso.....	81
<i>Figura 46:</i> Análisis De Las Pruebas Del Sensor De Óptico.....	82
<i>Figura 47:</i> Diagrama De Flujo Del Proceso De Clasificación	84
<i>Figura 48:</i> Implementación De La Estructura Del Clasificador	86
<i>Figura 49:</i> Implementación Del Motor De Paso A Paso	86
<i>Figura 50:</i> Implementación De Los Rodamientos	87
<i>Figura 51:</i> Implementación De La Cabina De Sensado	87
<i>Figura 52:</i> Desarrollo Final Del Clasificador Automático.....	88
<i>Figura 53:</i> Placa Impresa Del Clasificador, Vista Inferior	88
<i>Figura 54:</i> Placa Impresa Con Los Componentes.....	89
<i>Figura 55:</i> Implementación De La Cabina De Sensado, Vista Superior.....	90
<i>Figura 56:</i> Implementación De La Cabina De Sensado, Vista Inferior	90
<i>Figura 57:</i> Código De Programación Del Arduino	91
<i>Figura 58:</i> Compilación Del Código De Programación Antes De Subir Al Arduino ...	92
<i>Figura 59:</i> La Placa De Arduino Uno R3 Acoplado A La Placa Impresa Del Clasificador.....	95
<i>Figura 60:</i> Pruebas Con El Clasificador Automático	97
<i>Figura 61:</i> Lógica De Control Del Clasificador Automático	98
<i>Figura 62:</i> Prueba Del Código De Programación	99
<i>Figura 63:</i> Prueba Del Nivel De Los Contenedores	99
<i>Figura 64:</i> Prueba De Eficacia.....	100

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo diseñar y desarrollar un sistema automatizado enfocado en el reconocimiento y clasificación de residuos sólidos con la finalidad de optimizar procesos de reciclaje y reutilización de los residuos. La metodología empleada fue la de diseños mecatrónicos, la Norma VDI 2206, tomando en cuenta abstracción del problema desde un enfoque sistemático, donde se desarrollaron distintas etapas, inicialmente la definición de requerimientos, seguido del diseño de sistemas, el dominio específico del diseño, la integración de sistemas, verificación y validación de las mismas, modelado y análisis para culminar finalmente con el producto., los resultados mostraron en la parte mecánica, que la estructura fue capaz de soportar hasta 0,8798 MPa, en la parte electrónica se pudo implementar todos los sensores sin que interfieran entre ellos, siendo capaz de identificar el residuo hasta con un 93% de precisión y en la parte control, se estableció de manera correcta la comunicación entre el el Arduino UNO, los sensores y actuadores. Se concluyó que el diseño del clasificador de residuos sólidos automatizado cumplió lo establecido en los requerimientos.

Palabras clave: Clasificador de residuos, residuos sólidos, identificación de residuos.

ABSTRACT

The objective of this research is to design and develop an automated system focused on the recognition and classification of solid waste in order to optimize recycling and reuse processes. The methodology used was that of mechatronic designs, the VDI 2206 Standard, taking into account the abstraction of the problem from a systematic approach, where different stages were developed, initially the definition of requirements, followed by system design, the specific design domain, system integration, verification and validation of the same, modeling and analysis to finally culminate with the product, The results showed in the mechanical part, that the structure was able to withstand up to 0.8798 MPa, in the electronic part it was possible to implement all the sensors without interfering with each other, being able to identify the residue with up to 93% accuracy and in the control part, the communication between the Arduino UNO, sensors and actuators was correctly established. It was concluded that the design of the automated solid waste sorter met the requirements.

Keywords: Waste sorter, solid waste, waste identification.

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de tesis se describe el diseño y desarrollo de un prototipo de clasificador automatizado para residuos sólidos, esto enfocado a espacios públicos con cierto nivel de seguridad, como lo son las universidades, con la finalidad de contrarrestar los inconvenientes y problemas que conlleva el desechar residuos sólidos sin clasificar. Para el diseño se emplea una guía metodológica basada en la norma alemana VDI 2206 que toma en cuenta un enfoque más general.

Este presente trabajo de investigación consta de 5 capítulos; en el primer capítulo, se describe la situación problemática, se plantea los objetivos y se describe la justificación teórica, práctica, metodológica y ambiental del proyecto, esto con la finalidad de esclarecer y comprender más a profundidad los problemas que tiene que abordar y cubrir el diseño del clasificador automático.

En el segundo capítulo, se presenta los antecedentes del proyecto tanto a nivel nacional como internacional; además, se presenta el marco teórico con la información necesaria sobre las variables del proyecto.

En el tercer capítulo, se propone la metodología VDI 2206 para guiar el diseño del proyecto, elaborando el esquema de la caja negra, definiendo entradas y salidas del sistema se elabora el esquema de funciones y la matriz morfológica, luego se da un análisis técnico y económico de las propuestas de solución, se prosigue con el diseño del sistema del clasificador automático, para ello se formuló y calculó el parámetro del sistema, para ello se emplea el software de Inventor Autodesk como herramienta de diseño para la estructura y parte mecánica, para la parte electrónica se emplea el software de Proteus Design Suite para el diseño del circuito y placa impresa del clasificador automático y en cuanto a la parte de control se emplea la plataforma de Arduino para la programación del sistema de control.

En el cuarto capítulo se realiza el análisis y diseño de la solución; este apartado se inicia con la identificación de los requerimientos, seguido del análisis de la solución, para luego realizar los cálculos y el diseño de la solución.

Por último, en el quinto capítulo se describe la simulación de los dominios: mecánico, electrónico y control; como también se detallan los resultados obtenidos en planos mecánicos, lista de equipos y materiales con sus respectivos costos.

Luego de diseñar los dominios del sistema se procedió con la simulación de cada uno de estos, obteniendo un diseño funcional y práctico, el cual puede ser modificable dependiendo algunas especificaciones adicionales. Finalmente se presenta la elaboración de los planos, listas de datos técnicos de los componentes electrónicos empleados.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

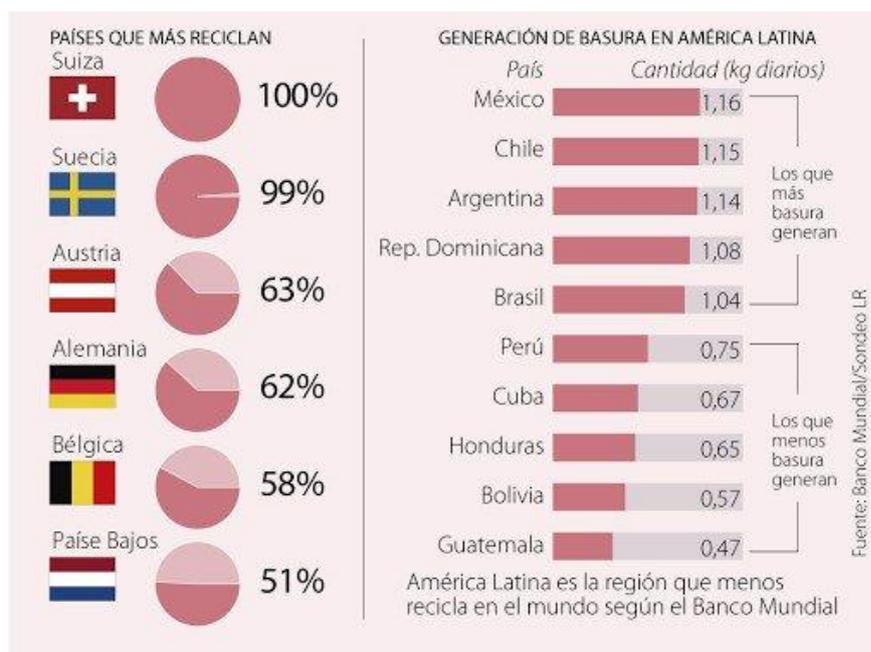
1.1 Descripción de la situación problemática

En los últimos años, en diversos países se han ido implementando varios sistemas de control para la gestión de residuos mediante el fortalecimiento del marco legal, tomando gran énfasis en la prevención. A pesar de ello, la generación de residuos sólidos a nivel mundial ha ido aumentando progresivamente, que cada vez se hace más alarmante y difícil de controlar, lo cual está generando una problemática con el medio ambiente imposible de ignorar, ya sea con la contaminación de suelos o incluso también perjudicando con el bienestar de los seres vivos.

Todo el aumento de residuos sólidos puede deberse a diversos motivos como el aumento de industrias, una mayor demanda de diversos productos que generan desperdicios, etc. Sin embargo, también es muy sabido que existen algunas formas de realizar tratamientos a dichos residuos. Pero para ello se requiere esencialmente que los residuos sólidos estén correctamente clasificados, ya que no todos los residuos se pueden tratar de la misma manera. Aquí es donde radica el mayor problema al momento de reciclar y tratar con residuos sólidos.

De acuerdo con el Ministerio del Ambiente (MINAM), solo se reciclan el 1.9% de los residuos sólidos, de todos los residuos generados en el territorio Peruano (1); en la Figura 1 se observa que en varios países europeos se recicla más del 50% de los residuos sólidos que se genera.

Figura 1: Reciclaje en el Mundo



Fuente: Banco Mundial/Sondeo LR.

“En el Perú, se genera un promedio de 21 mil toneladas de residuos municipales al día, producidas por los 30 millones de habitantes. Lo que equivale a 0,8 kilogramos de generación de residuos por persona al día” (2). Por otro lado, en el Perú se recicla el 1.9% del total de residuos sólidos reaprovechables (1). En la Tabla 1 se especifica la producción y porcentaje reciclado de residuos sólidos por departamento.

Tabla 1: Producción y Porcentaje Reciclado de Residuos Sólidos por Departamento

	DEPARTAMENTO	PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS (ton/año)	PORCENTAJE DE RECICLAJE (%)
1	Prov. Const. Del Callao	331 933,21	57,10
2	Ica	223 097,17	42,90
3	Pasco	41 600,87	41,40
4	Junín	274 577,20	40,70
5	Piura	440 872,96	40
6	Lima	3 162 032,10	39,50
7	Cusco	228 104,01	33
8	Lambayeque	291 092,74	31,60
9	Tumbes	53 514,59	30,80
10	Ancash	221 728,94	30,70

11	Huancavelica	38 218,78	29,90
12	Cajamarca	151 538,90	29,40
13	La Libertad	427 510,05	28,90
14	Puno	174 247,74	27,80
15	Amazonas	54 454,82	26,60
16	Ayacucho	125 842,05	23,70
17	San Martín	181 296,60	23,00
18	Huánuco	106 885,65	22,40
19	Arequipa	359 304,60	20,80
20	Apurímac	66 827,02	20,30
21	Moquegua	39 133,33	20
22	Loreto	38 758,78	20
23	Madre de Dios	38 758,78	18,20
24	Tacna	72 180,88	14,80
25	Ucayali	122 458,53	6,70

Nota: Tomado del Instituto Nacional de Estadística e Informática, Organismo autónomo de Perú, 2018.

Debido a su composición, los residuos son, en su mayor parte residuos orgánicos, como alimentos y desperdicios parecidos (47%), plásticos (9,48%), residuos peligrosos (6,37%), también están otros tipos de residuos, pero en menor proporción: papeles, cartones, metales, vidrios, residuos electrónicos, entre otros.

A partir de la ley General de Residuos Sólidos establecida en Perú, los encargados de administrar y guiar a la población en relación al manejo de los residuos sólidos generados son los gobiernos locales. Y esto puede ser mediante implementación de proyectos integrales que promuevan la educación acerca de la generación, clasificación y procesos de reciclaje de los residuos sólidos.

Como la clasificación de los residuos es necesaria para realizar el reciclaje de los mismos, se detalla a continuación algunos problemas que se presentan en las personas al momento de clasificar sus residuos son:

- Insuficiente información para clasificar correctamente cada residuo.
- Límite de depósitos o contenedores mediante tipos donde alojar los residuos.
- Falta de cultura al reciclar, por parte de las personas.

- Demora en tiempo para identificar y colocar el residuo en el contenedor correcto.
- Falta de motivación al momento de reciclar.
- Falta de conocimiento de procesos de tratamiento de los residuos.
- Perdida de espacios considerables donde estén los depósitos por tipos.

Para la clasificación de los residuos sólidos hay que tener en cuenta varios criterios para su correcta clasificación, lo cual puede provocar molestias al momento de depositar los residuos en el contenedor adecuado. Y los espacios que requieren los contenedores es considerable, ya que se pueden dividir en 5 tipos. Tomando en cuenta que requiere de tiempo para la identificación del residuo, se hace más complicado desarrollar una cultura de clasificación en las personas.

1.2 Formulación del problema

Problema general

¿Cómo reconocer y clasificar de forma automatizada los residuos sólidos para una mejor gestión?

Problemas específicos

- ¿Cómo desarrollar un sistema electrónico que permita el reconocimiento y la clasificación de residuos sólidos de una forma totalmente automatizada?
- ¿Cuál sería el material adecuado para el sistema estructural del clasificador de residuos sólidos?
- ¿Qué tipo de instrumentación se usará para un buen reconocimiento de cada tipo de residuo sólido?
- ¿Cómo desarrollar el sistema de control que permita la colocación de los residuos sólidos en su contenedor correspondiente?

1.3 Objetivos de la investigación

Objetivo general

Diseñar y desarrollar un sistema automatizado enfocado en el reconocimiento y clasificación de residuos sólidos con la finalidad de optimizar procesos de reciclaje y reutilización de los residuos.

Objetivos específicos

- Diseñar sistema electrónico que permita el reconocimiento y la clasificación de residuos sólidos de una forma totalmente automatizada.
- Evaluar el sistema estructural del clasificador de residuos sólidos.
- Analizar y determinar la instrumentación que se usará para un buen reconocimiento de cada tipo de residuo sólido.
- Desarrollar el sistema de control que permita la colocación de los residuos sólidos en su contenedor correspondiente.

1.4 Justificación e importancia de la investigación

1.4.1. Justificación Teórica

La investigación se desarrolla con el propósito de contribuir al conocimiento que se tiene acerca de la clasificación de los residuos sólidos según su gestión, para ello se tomó en cuenta la Actual Norma Técnica Peruana 900.058:2019 de la Gestión de Residuos Sólidos en la cual se resalta la correcta y adecuada clasificación de estos mismos residuos según su gestión.

1.4.2. Justificación Práctica

Teniendo en cuenta que en el Perú la tasa de reciclaje es de aproximadamente el 1.9% del total de residuos sólidos reaprovechables (1); se plantea este proyecto para cambiar esta situación; por lo tanto, el presente trabajo consiste en diseñar un clasificador automatizado de residuos sólidos para lugares públicos de la ciudad de Huancayo.

La investigación brindará muchos beneficios a la hora de reciclar, puesto que, el tener los residuos sólidos clasificados es de gran ayuda para el reciclaje. Con lo cual se busca beneficiar a las instituciones de la ciudad.

A su vez el proyecto contribuirá no solo con las instituciones, sino también con toda la población; ya que un mejor reciclaje beneficia a todos los pobladores de la ciudad de Huancayo.

1.4.3. Justificación Metodológica

Este trabajo de investigación permitirá conseguir una validación con respecto a la aplicación de la metodología desarrollada por los investigadores, para el desarrollo de un clasificador automático de residuos sólidos; esta metodología se basa en la estructura de diseño según la Norma VDI 2206.

1.4.4. Importancia de la Investigación

En el presente proyecto de investigación adquiere una gran importancia tomando en cuenta un enfoque general considerando un conflicto ambiental como lo es la contaminación por la producción excesiva de residuos sólidos, a su vez teniendo énfasis en el manejo adecuado de estos mismos. El estudio ayuda con procesos de reconocimiento y clasificación de forma correcta de los residuos sólidos, lo que ayuda y facilita su gestión para un posterior tratamiento de cada tipo de residuo.

1.5 Viabilidad de la Investigación

El proyecto tiene viabilidad técnica; puesto que, cuenta con dos investigadores de la carrera Profesional de Ingeniería Mecatrónica, los cuales, están preparados para diseñar y desarrollar un prototipo funcional; logrando este resultado sin causar algún daño a un individuo, población, ni medio ambiente; por el contrario, buscando una mejora en el medio ambiente y la sociedad; por ello también cuenta con una viabilidad ambiental.

Además, el proyecto será viable en el ámbito financiero, por medio de recursos monetarios de los investigadores. Este recurso nos facilitara el acceso a los materiales requeridos para el desarrollo del prototipo.

CAPÍTULO II:

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Bonnot Diego en el año 2016, desarrolla la implementación de una planta de separación y clasificación de residuos sólidos urbanos en la localidad de Concepción de Uruguay, con el objetivo de incrementar el porcentaje de separación de residuos urbanos y la calidad de estos, a su vez disminuir la cantidad de residuos que se destinan diariamente en los vertederos semicontrolados. Para ello, analiza características del entorno, la relación entre la población y producción de residuos en la localidad. Para ponderar la importancia y el impacto emplea una matriz dividida en 2 secciones, en las cuales se encuentran las acciones de cada etapa y los factores impactados. Dando como resultado teórico que la planta de reciclaje puede llegar a tener una capacidad de reaprovechamiento de hasta 14,1 toneladas al día (3).

En 2018, Salazar de la Rosa, en su investigación acerca del manejo de residuos sólidos en las empresas alimentarias, expone la importancia del tratamiento de cada etapa del ciclo de vida de los residuos sólidos, esto con la finalidad de eliminar o minimizar los impactos generados por los residuos en el medio ambiente y la salud de la población. Para ello, toma un modelo de clasificación de residuos sólidos basado en la ley general de residuos sólidos del MINAN 2000. Analizando aspectos del manejo los residuos sólidos como almacenamiento, recolección, aprovechamiento, etc. Llegando a identificar puntos críticos en la minimización, segregación y almacenamiento temporal de residuos. Resaltando los principales residuos de algunos sectores, siendo paños y textiles contaminados, el segundo

mayor residuo producido, con un 21,08% y en primer lugar, la escoria de procesos productivos con un 38,4%. Dando como recomendaciones la implementación de tecnológicas emergentes como respuesta a los cambios tecnológicos, apoyando al desarrollo de nuevos productos que ayuden a la clasificación de residuos (4).

Olugboja Adedeji en 2019, menciona en su investigación acerca de un sistema inteligente de clasificación de residuos usando aprendizaje profundo de red neuronal convencional, acerca de la problemática que está afectando el entorno medioambiental y social, consecuente con la producción y acumulación de diferentes tipos de residuos en el mundo, proponiendo de esta manera un sistema basado en redes neuronales para la clasificación de estos. Para ello, en la etapa de preprocesamiento del sistema, el método que emplea es el de aumento de datos por imágenes en base al modelo pre-entrenado ResNet-50, esta técnica incluye escalado aleatorio de imágenes, corte de imágenes, búsqueda de imágenes y traducción de imágenes. Dando como resultados que el sistema propuesto es capaz de separar diferentes residuos sólidos con un 87% de precisión empleando herramientas de aprendizaje de máquinas, de esta forma reduciendo la intervención humana, previniendo infecciones y contaminación (5).

Sonali Dubey, propone un sistema de gestión de residuos domésticos relacionado con el IoT basado en el aprendizaje automático en el año 2020, el cual tiene como objetivo hacer que la sociedad sea más eficiente con la recolección y descomposición de los desechos de manera inteligente para que maximice el beneficio y los desechos se minimicen. La técnica que se emplea es el aprendizaje automático KNN, el que genera mensajes de alerta de varias combinaciones de valores de tres tipos de sensores, nivel de residuos biodegradables, nivel de residuos no biodegradables y la concentración de gases venenosos. Radicando el impacto general en la mejora de las tecnologías verdes al reducir los contaminantes, conservar y reutilizar la energía. Dando como resultado que el modelo propuesto es muy útil para mantener la salud, la higiene y el medio ambiente limpio, también agrego que la precisión general del modelo KNN es del 93,3% (6).

En 2017, Sathish Paulraj Gundupalli, describe el desarrollo de un sistema de clasificación de materiales múltiples de residuos sólidos municipales, menciona que existe una necesidad de segregación automatizada de materiales reciclables en

los países en desarrollo, con su investigación logro demostrar la posibilidad de utilizar la técnica de imágenes térmicas para la identificar el tipo de residuos y un sistema robótico para la clasificación de los reciclables en un paso del proceso. El sistema de clasificación reportado produce una precisión en el rango de 85-96% y es comparable con otras técnicas de clasificación. También menciona que el sistema creado basado en imágenes térmicas puede surgir como una tecnología de clasificación a gran escala viable y económica en plantas de reciclaje (7).

En 2017, Sathish Paulraj Gundupalli, también da a conocer su revisión sobre la clasificación automatizada de residuos sólidos municipales, enfatiza en las técnicas de clasificación automatizada para mejorar la eficiencia general del proceso de reciclaje. En el artículo revisa los avances hasta el 2016 en procesos físicos, sensores y actuadores utilizados, así como cuestiones relacionadas con el control y la autonomía en el área de clasificación y reciclaje automatizado de residuos sólidos. Destacando que la mayor parte de la investigación avanzada en el área de sistemas automatizados de clasificación de residuos han tenido lugar en países desarrollados. También menciona desafíos técnicos que deben de abordarse para lograr un manejo automatizado de residuos como la fusión de sensores, ya que debido a la naturaleza mixta de los residuos, la recuperación automatizada de materiales reciclables es muy difícil (8).

2.2 Bases teóricas

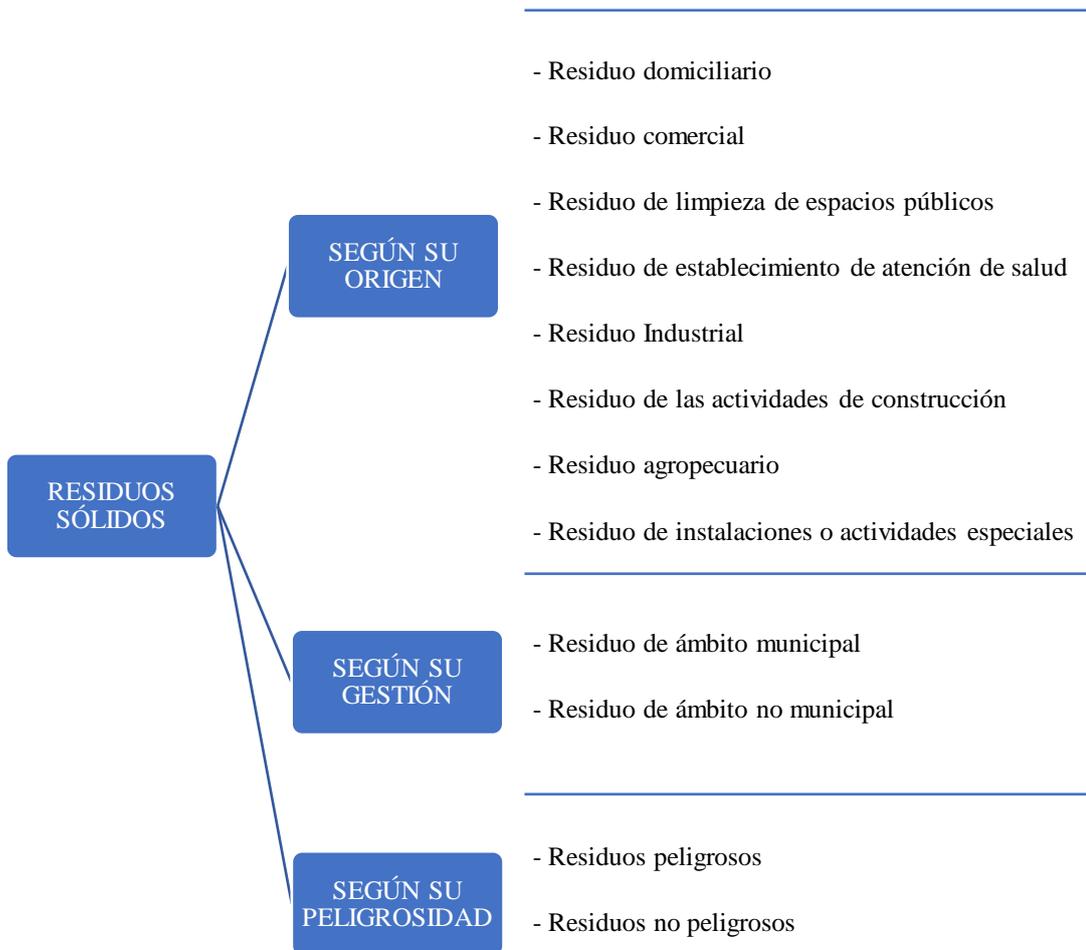
Residuos Sólidos

“Son residuos sólidos aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional” (9); estos se pueden generar por diversas actividades y necesidades, también se esto puede deberse al uso de algún bien o servicio en el cual el usuario se desprenda de materiales o residuos, ya sea por decisión u obligación.

- **Clasificación de residuos sólidos**

Debido a la naturaleza de los residuos se pueden clasificar de diversas formas, en la Figura 2 se observa la clasificación de los residuos sólidos según su origen, su gestión y su peligrosidad.

Figura 2: Clasificación De Los Residuos Sólidos



Fuente: Adaptado de la Sociedad Peruana de Derecho Ambiental, 2009.

En la clasificación de residuos sólidos según su gestión, se presenta subdivisiones; en la Tabla 2 se detalla las sustancias o productos que se encuentran en cada subdivisión de los residuos sólidos.

Tabla 2: Clasificación de Residuos Sólidos Según su Gestión

Residuos de ámbito municipal	Reaprovechables	Metales	Latas de conserva, café, leche, gaseosas, cerveza, tapas de metal, envases de alimentos y bebidas, etc.
		Vidrio	Botellas de bebidas, gaseosas, licor, cerveza, vasos, envases de alimentos, perfumes, etc.
		Papel y cartón	Periódicos, revistas, folletos, catálogos, impresiones, fotocopias, papel, sobres, cajas de cartón, guías telefónicas, etc.
		Plástico	Envases de yogurt, leche, alimentos, etc. Vasos, platos y cubistas descartables. Botellas de bebidas gaseosas, aceite, detergente, shampoo, empaques o bolsas de fruta, verduras, huevos, entre otros.
		Orgánico	Restos de la preparación de alimentos, residuos de comida, de jardinería y similares.
	No reaprovechables	Todo lo que no se puede reciclar y no sea catalogado como residuo peligroso: restos de limpieza y aseo personal, toallas higiénicas, pañales desechables, colillas de cigarrillos, trapos de limpieza, cuero, zapatos, entre otros.	
De ámbito no municipal	Peligrosos	<ul style="list-style-type: none"> • Industriales • Hospitalarios • De construcción y demolición • Radiactivos • Otros 	
	No peligrosos	<ul style="list-style-type: none"> • Industriales • Residuos de aparatos eléctricos - RAEE • De construcción y demolición 	

Fuente: Adaptado de la NTP 900.058 PERUANA 2005.

Potencia Eléctrica

El trabajo al contar con un sistemas electronico llega a requerir de un suministro de energia electrica, para determinar su consumo de energia primero se tiene que determinar el consumo induvidual de cada componente, para ello se emplea la formula de potencia electrica, veasé la ecuación 1.

$$P = V \times I \dots \dots \dots (1)$$

La formula anterior se emplea para determinar la potencia electrica, apartir de ella tambien se puede determinar el consumo de energia de un sismtema, la potencia electrica se mide en vatios (W), sin embargo es muy comun verla representada en kilovatios (kW), esto debido a alto consumo de energia electrica en la actualidad. En la formula de potencia electrica (P) es equivalente al producto del voltaje en voltios (V) y la corriente en amperios (A).

Duración de baterías

Para determinar el tiempo de duración que una bateria nos puede proporcionar un suministro de energia electrica es directamente proporciona al consumo de potencia electrica que tiene una maquina, sistema o aparato en especifico al cual se quiera conectar, para ello primero se determina la potencia electrica total que consume dicho sistema en vatios (W), adicionalmente se especifica la capacidad de la bateria o la potencia electrica que proporciona esta, en vatios/hora (W/h), y se divide la potencia suministrada de la bateria entre la potencia consumida del sistema, vease la ecuación 2.

$$Tb = \frac{Pb}{Pc} \dots \dots \dots (2)$$

Detección de distancias mediante ondas

Para determinar una distancia a partir de rayos luminos o ondas ultronicas que pueden ser emitidas por diversos tipos de sensores, es necesario emplear la fórmula de distancia, vease la ecuación 3.

$$d = v \times \frac{t}{2} \dots \dots \dots (3)$$

Donde la distancia es equivalente al producto de la velocidad por el tiempo, ahora para poder determinarlo mediante las ondas emitidas por un sensor, es necesario establecer la velocidad de dichas ondas, en el caso particular de que sean onde

ultrasonicas, la velocidad del sonido es de 344 m/s; en otro caso al ser rayos de luz, la velocidad de la luz es 300.000 km/s.; los sensores cuentan tanto con un emisor de estos como un receptor, y se puede determinar el tiempo que demora en llegar la onda o el rayo desde la emisión hasta la recepción del mismo, ya que este retornara al impactar contra algun objeto en ambos casos.

Detección de Residuos Metálicos

En cuanto a la detección de residuos sólidos reaprovecharles de tipo metálicos se emplea diversos métodos, como lo son los sensores inductivos, un ejemplo de estos sensores se muestra en la Figura 3, estos pueden ser capaces de detectar la presencia de objetos metálicos sin contacto físico alguno. Una forma de clasificar los sensores inductivos es según su funcionamiento, de oscilación de alta frecuencia, magnético con uso de imán, y de aprovechamiento de variaciones eléctricas (10).

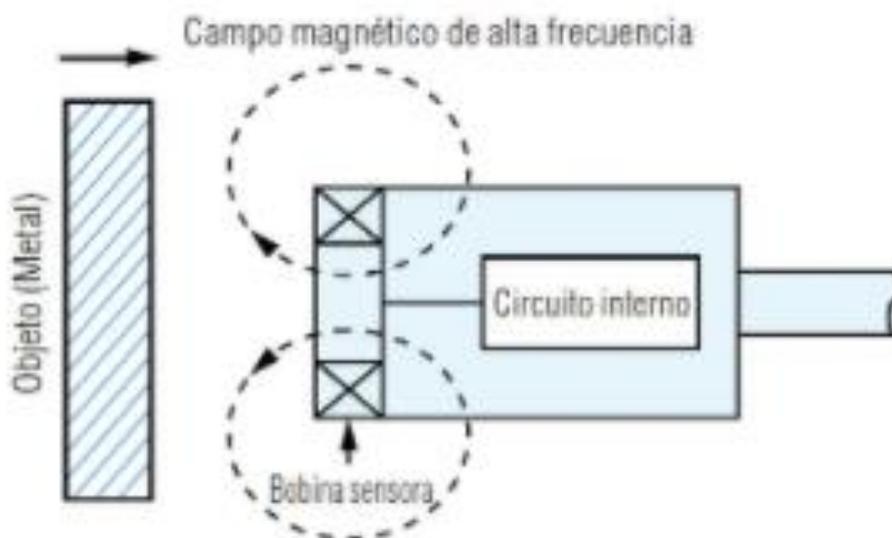
Figura 3: Sensor Inductivo LJ12A3-4-Z/BX



Fuente: Recopilado de la Web Electromania

El principio de funcionamiento que emplean los sensores inductivos en general es similar, se crea un campo magnético mediante una bobina en el sistema de oscilación, y al momento de aproximar un objeto metálico se crea un flujo de corriente de inducción, por la inducción electromagnética como se observa en la Figura 4.

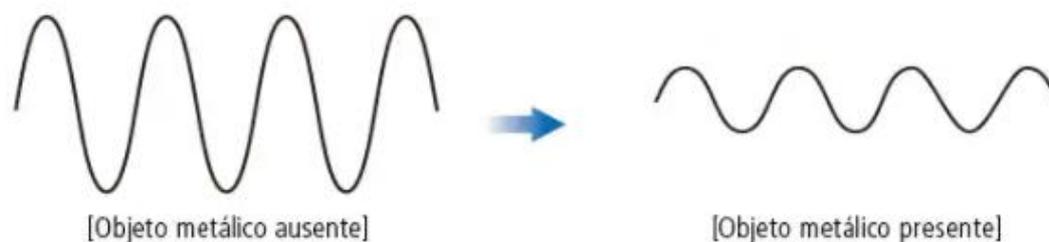
Figura 4: Principio de Inducción Electromagnética



Fuente: Recopilado de la Web Perspectivas de Automatización - Jack Moermond.

A medida que un objeto se aproxima crece el flujo de corriente de inducción, esto a su vez provoca que el estado de oscilación decrezca como se observa en la Figura 5 (10).

Figura 5: Variación de flujo de corriente de inducción



Fuente: Recopilado de la Web Perspectivas de Automatización - Jack Moermond.

Detección de Residuos Orgánicos

Al tratar con residuos orgánicos se puede resaltar algunas características particulares que poseen estos, por ejemplo, la generación de gases principalmente el dióxido de carbono (CO_2) y metano (CH_4). Estos gases se pueden detectar, específicamente con sensores MQ o también llamados sensores de gas, se muestra un ejemplo en la Figura 6. Los sensores MQ están diseñados para la detección de

distintos de tipos de componentes químicos en el aire. Existen una gran variedad de estos tipos de sensores y cada uno especializado en distintas sustancias (11).

Figura 6: Sensor de Gas MQ-02



Fuente: Recopilado de la Web Luis Llamas.

Los sensores MQ están compuesto de un sensor electroquímico que al estar en contacto con alguna sustancia especifica tiende a variar su resistencia, esta variación de voltaje se puede convertir a una señal para analizar y determinar el nivel de presencia de la sustancia. Estos sensores disponen de un calentador el cual se emplea para que sus mismos materiales adquieran una mayor sensibilidad al incrementar la temperatura. A continuación, en la Tabla 3 se da a conocer una lista modelos de los sensores MQ más comerciales y los gases que detecta cada uno, junto con otras características (12).

Tabla 3: Lista de modelos de sensor MQ

SENSOR	VOLTAJE DE CALEFACTOR	S. DETECTADAS
MQ-2	5V	METANO
		BUTANO
		GLP
		HUMO
MQ-3	5V	ALCOHOL
MQ-303A	0.9V	ETANOL
		HUMO
		METANO
MQ-4	5V	METANO
		GAS NATURAL
MQ-5	5V	GAS NATURAL
		GLP
MQ-6	5V	BUTANO

		GLP
MQ-306A	5V	BUTANO
		GLP
MQ-7	ALTERNADO 5V Y 1.4V	CO
MQ-307A	ALTERNADO 0.2V Y 0.9V	CO
MQ-8	5V	HIDROGENO
MQ-9	ALTERNADO 5V Y 1.5V	GASES INFLAMABLES
		CO
MQ-309A	ALTERNADO 0.2V Y 0.9V	GASES INFLAMABLES
		CO
MQ-131	6V	OZONO
MQ-135	5V	BENCENO
		ALCOHOL
		HUMO
		CALIDAD DE AIRE
MQ-136	5V	ÁCIDO SULFHÍDRICO
MQ-137	5V	AMONICO
MQ-138	5V	BENCENO
		TOLUENO
		ALCOHOL
		ACETONA
MQ-214	5V	METANO
		GAS NATURAL
MQ-216	6V	GAS NATURAL
		GAS CARBONO
MQ-811	6V	CO2
AQ-104	6V	CALIDAD DE AIRE
AQ-2	6V	GASES INFLAMABLES
		HUMO
AQ-3	6V	ALCOHOL
		BENCENO
AQ-7	6V	CO

Nota: CO: monóxido de carbono; CO2: monóxido de carbono; GLP: gas licuado de petróleo; V: volts.
Tomado de la web Luis Llamas, Zaragoza-Gara, 2019.

DetECCIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS

Al momento de detectar residuos plásticos, como envases plásticos, botella, bolsas, etc. Se puede emplear sensores capacitivos, véase Figura 7, estos sensores son especialmente adecuados para efectuar una identificación de diversos objetos en espacios muy pequeños con una excelente exactitud (13).

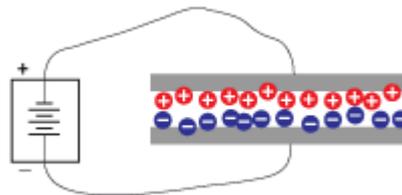
Figura 7: Sensor capacitivo LJC18A3-10-Z/BY



Fuente: Recopilado de la Web EECOL Electric.

Los sensores capacitivos funcionan de una forma sencilla con el principio de condensador de placa ideal. Esto se puede describir como 2 placas conductores con un espacio entre ellos, al aplicarles un voltaje se genera un campo eléctrico entre ellos, véase Figura 8. Si un objeto entra al campo cambia la distancia entre las 2 placas lo cual es captable y medible (14).

Figura 8: Principio de condensador de placa ideal



Fuente: Recopilado de la Web LION PRECISIÓN.

Para que los sensores capacitivos logren detectar objetos, las placas acumulan una cantidad de carga (Q). Y los sensores captan la capacitancia (C), que es la relación entre la tensión eléctrica (V) generada por las placas y la cantidad de carga. Como se aprecia en la fórmula (a) (14).

$$C = \frac{Q}{V} \dots \dots \dots (a)$$

C: Capacitancia

Q: Carga eléctrica almacenada

V: Diferencia de potencial aplicada

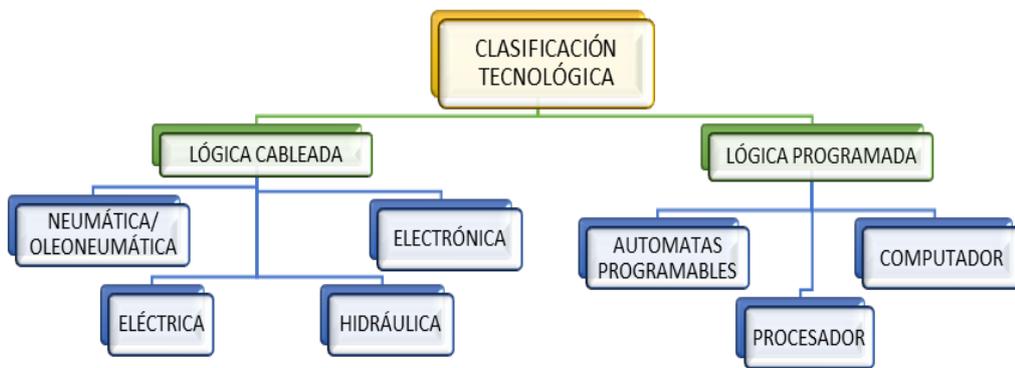
Automatización De Procesos

• **Sistema De Control**

La parte de Control o Mando es el sistema encargado de coordinar de los distintos sistemas subsiguientes encaminadas a mantener una operación estable y controlado de un determinado proceso preestablecido en los conceptos iniciales del diseño (15).

Para el desarrollo del sistema de control se debe determinar la tecnología con la que se trabajara en el desarrollo del diseño; en la Figura 9 se observa la clasificación tecnológica para el sistema de control.

Figura 9: Clasificación Tecnológica de los Sistemas de Control



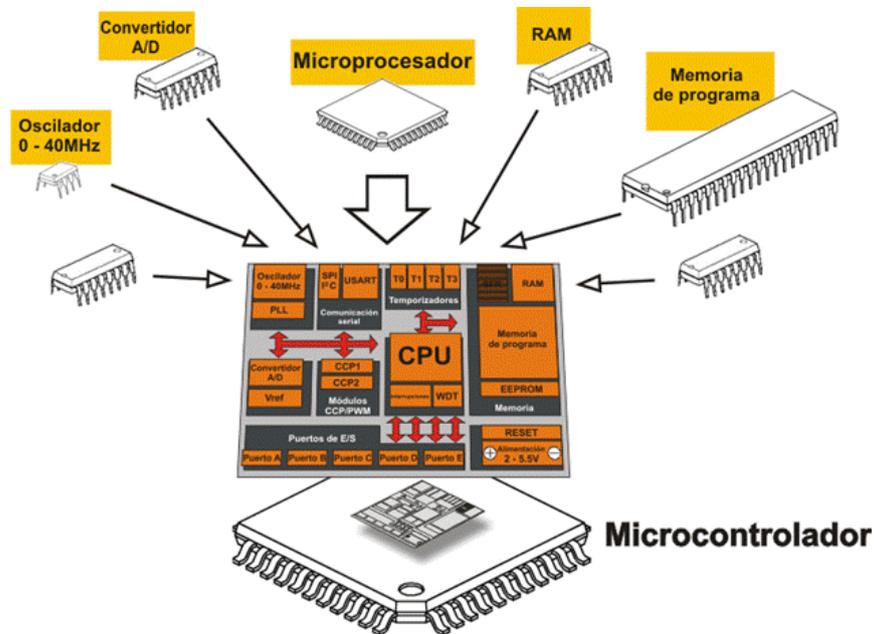
Fuente: Automatización de Procesos Industriales - Universidad Politécnica de Valencia.

• **Microcontroladores**

Un microcontrolador es un dispositivo el cual se puede programar y tiene la capacidad de realizar ordenes o comandos establecidos por el usuario. Un microcontrolador está compuesto de una unidad principal de procesamiento, es donde analiza y procesa el programa; unidad de memoria (RAM), es donde se

almacena la programación y por último esta los periféricos de entradas/salidas, es de donde se captan la información y por donde dirige las ordenes o acciones, véase la Figura 10 (16).

Figura 10: Estructura interna de un microcontrolador



Fuente: Recopilado del Blog Microcontroladores Introducción – Adel.

Entre los microcontroladores más utilizados en nuestro medio se encuentran:

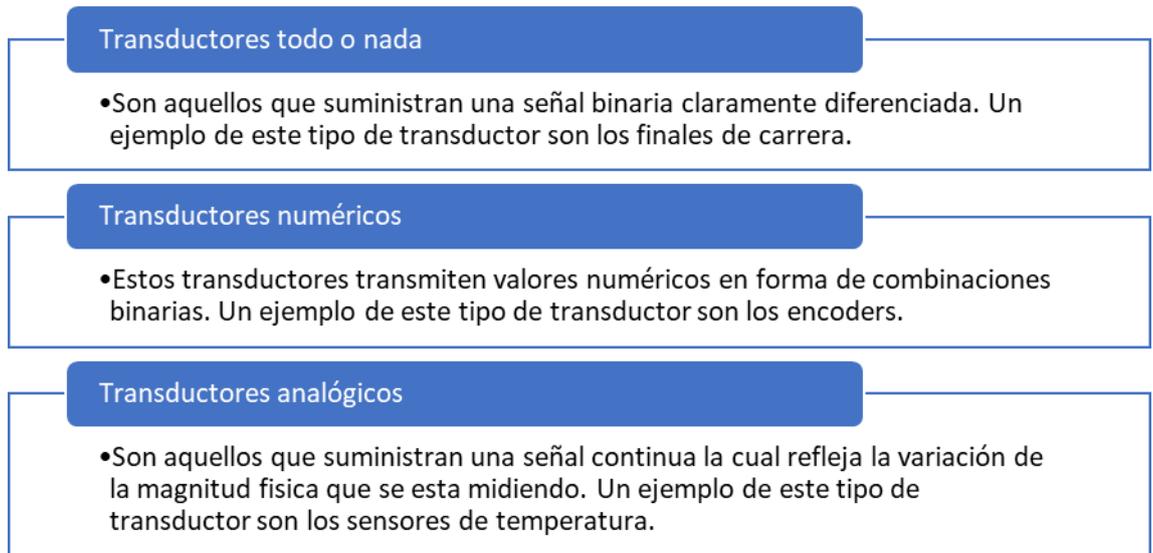
- PIC
- FPGA
- ATmega
- PLC
- ARDUINO

- **Detectores y captadores**

Para un sistema de automatización se requieren transductores, estos son capaces de detectar factores del entorno, para un posterior procesamiento de esta información obtenida (17).

Estos transductores se pueden clasificar en 3 tipos según la respuesta que suministran al detectar una determinada información, en la Figura 11 se observa esta clasificación y un ejemplo de cada tipo.

Figura 11: Clasificación De Los Transductores



Fuente: Adaptado de la página web de AIESA.

- **Actuadores y Pre-actuadores**

Un actuador es el dispositivo final en un proceso de control, ya que está en función de la señal de mando recepcionada de los diferentes sensores, el controlador mostrara las tareas programadas sobre los actuadores o variables de un proceso (17) . En la Figura 12 se detalla su funcionamiento, clasificación y los accionadores más utilizados en la industria.

Figura 12: Accionadores



Fuente: Adaptado de la página web de AIESA.

“Los Pre-actuadores tienen una unidad de mando, la cual se encarga de conmutar las diversas conexiones de existen dentro de los cables o conductores del circuito de potencia, ya sean estas conexiones eléctricas, neumáticas o hidráulicas” (17).

- **Lenguaje De Programación**

El lenguaje de programación es el lenguaje que permite a un programador poder escribir una serie de instrucciones, las cuales serán realizadas por un computador, procesador o controlador. Entre los lenguajes de programación más utilizados en nuestro medio se encuentran:

- Python
- Java
- JavaScript
- C#
- C++
- PHP
- Matlab

2.3 Definición de términos básicos

- **Automatización:** Uso tanto de elementos y sistemas de control con el fin de optimizar procesos con la mínima necesidad de la intervención humana, con la finalidad de disminuir costos de producción, mejorar condiciones de trabajo a los operarios, incrementando productividad, etc. Es aplicado comúnmente en ámbitos de fabricación, robótica y cualquier área referente a la tecnología (18).
- **Prototipo:** Es la conceptualización física inicial de un primer dispositivo desarrollado, con el propósito visualizar el modelo o muestra. Es utilizado como prueba antes de proseguir con futuros avances y modificaciones que se realice al dispositivo (19).
- **Modelo Matemático:** Es una estructura de un análisis realizado de parámetros, variables y relaciones de operaciones, expresadas de manera matemática, con el propósito de estudiar variaciones, comportamientos de sistemas complejos (20).
- **Sensores:** son dispositivos los cuales son capaz de captar y medir magnitudes físicas y químicas del entorno, para posteriormente transformarlos en señales eléctricas que se pueden emplear en un sistema de control (21).

- **Control:** En un entorno de automatización, hace referencia al conjunto de dispositivos que conforman un sistema encargado de recibir señales, para actuar o regular otros sistemas, con la finalidad de obtener resultados óptimos (22).
- **Gestión:** referente a los residuos sólidos, es todo tipo de actividad en el que se aplica ya sea planes o estrategias de acción con un correcto manejo de estos, para un futuro reaprovechamiento o reciclaje.

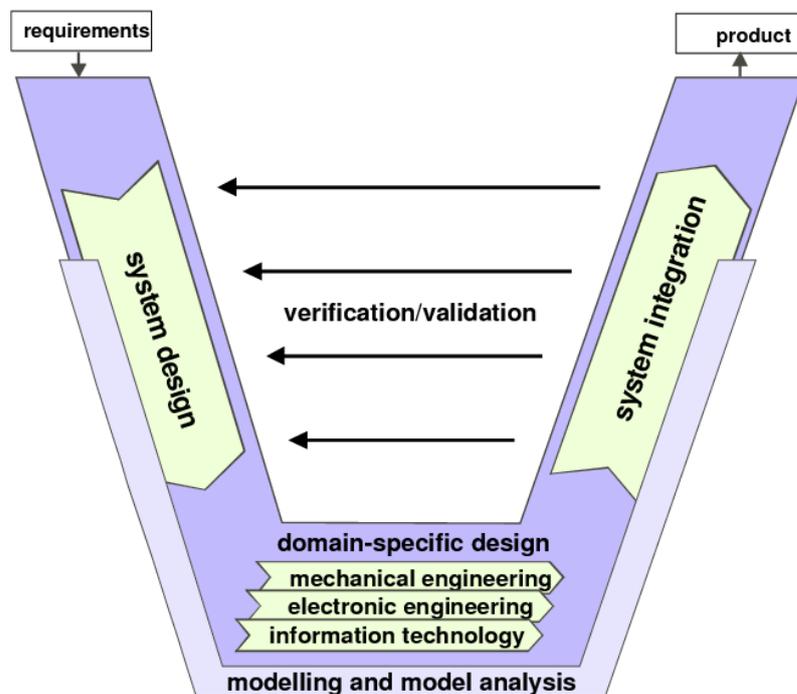
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Metodología aplicada para el desarrollo de la Solución

En cuanto al desarrollo del proyecto de investigación se está tomando en cuenta la metodología de diseños mecatrónicos, la Norma VDI 2206, esta norma fue creada en Alemania tomando en cuenta la abstracción del problema desde un enfoque sistemático (23).

Esta norma establece un modelo en V, con el propósito de describir una secuencia de tareas en posteriores ciclos. Figura 13.

Figura 13: Modelo en forma de V en el nivel macro



Fuente: Gausemeier, Jürgen y Moehringer, Stefan 2003.

3.1.1. **Primera Etapa:** Definición de requerimientos

Esta primera etapa es de gran relevancia, ya que en ella determinaremos la lista de exigencias o requisitos para el diseño del clasificador automático, estos requisitos se basan en el análisis del entorno productivo y el entorno social.

Esta etapa sufre algunas modificaciones durante el proceso de diseño, puesto que se va analizando en cada etapa la aceptación de los requisitos planteados

3.1.2. **Segunda Etapa:** Diseño de sistemas

En la segunda etapa se realiza la definición de la estructura de funciones y sus determinadas subfunciones que tendrá el clasificador de residuos sólidos automático, esto describiendo características físicas y lógicas que tendrá en un futuro el sistema. A cada función y subfunción se les asigna principios de trabajo adecuados o elementos de solución, teniendo en cuenta la constante verificación del cumplimiento de los requerimientos.

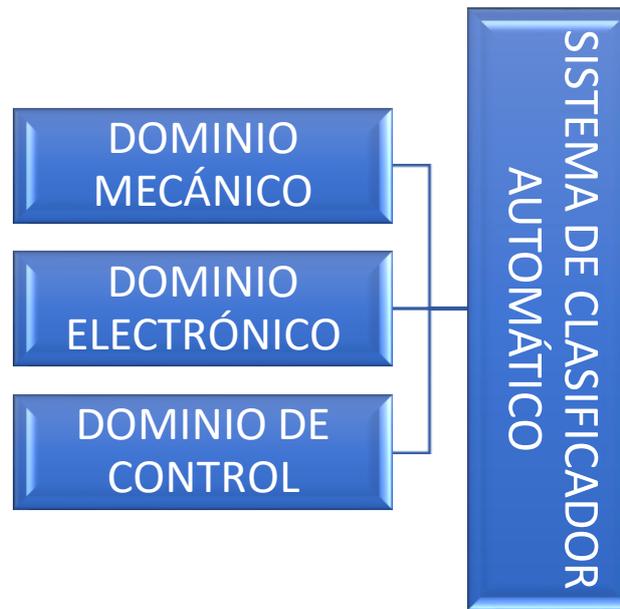
3.1.3. **Tercera Etapa:** Dominio específico del diseño

En la tercera etapa se determina la solución a las funciones del sistema determinadas en la etapa anterior, para ello se debe diseñar como el mayor grado de detalle cada uno de sus dominios, teniendo presente cálculos que garanticen un rendimiento funcional del sistema.

3.1.4. **Cuarta Etapa:** Integración de sistemas

En la cuarta etapa hace referencia a la integración de sistemas al sistema general, resultado de las soluciones de las funciones o dominios, con la finalidad de analizar la interacción entre estos. Para el presente desarrollo del proyecto, el clasificador automático cuenta con 3 dominios fundamentales, como se observa en la Figura 14.

Figura 14: Estructura modular del clasificador automático



Fuente: Adaptado de la norma alemana VDI 2206

3.1.5. **Quinta Etapa:** Verificación/Validación

En la quinta etapa se realiza verificaciones al progreso del diseño, estos deben ser controlados continuamente con la lista de requerimientos planteados en la primera etapa, también se debe tener en cuenta con las especificaciones de concepto de solución, para asegurar que las características reales del sistema coincidan con lo requerido.

3.1.6. **Sexta Etapa:** Modelado y análisis del modelo

En la sexta etapa se refinan y desarrollan los arreglos preliminares para conseguir un arreglo definitivo; obteniendo así los diagramas y bosquejos con los que se elaborara el clasificador automático.

3.1.7. **Séptima Etapa:** Producto

En esta última etapa se realiza la documentación del producto, la cual tendrá las instrucciones de operación y producción.

Luego, de terminar las 7 etapas del proceso de Diseño se pasa a la Elaboración del Producto Tecnológico.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

4.1. Estado del Arte

- **Clasificador móvil MSS 1000 E**

El MSS 1000 E es un clasificador de residuos metálicos específicamente aceros inoxidable, los separa de materiales ligeros transportados por el aire (fluff), la clasificación lo hace mediante un sistema por inducción que atrae los aceros, además contiene un sensor de metal. Esta máquina es de tipo móvil, según sus especificaciones es automática, y su mayor aplicación lo tienen en procesos de reciclaje. En la Figura 15, se observa el modelo de máquina.

Figura 15: Clasificador móvil MSS 1000E



Fuente: Tomado de la página web de Direct Industry. Por Hammel, 2016.

- **Máquina clasificadora óptica Clarity Demolition**

Esta es una maquina desarrollada por la empresa Binder+Co, para el tratamiento rentable de residuos, ofrece su tecnología especializada de cribado y procesamiento por vía húmeda, esto permite que la clasificación basada en los sensores a efectos de la separación de impurezas hace que la recuperación de materiales reciclables sea eficaz. Esta máquina automática es de tipo óptico, está diseñada principalmente para residuos de construcción, y por eso su mayor aplicación es en estos mismos. En la Figura 16 se aprecia la máquina de Clarity Demolición.

Figura 16: Máquina clasificadora óptica de Clarity Demolición



Fuente: Tomado de Direct Industry. Binder, 2018.

- **Clasificador Pop Up con ruedas GTS series**

Este clasificador cuenta de rodillos de discos de la serie GTS, los cuales pueden girar para impulsar la vibración de los residuos sólidos. Entre los rodillos existe un espacio para poder clasificar el material adecuado de acuerdo con el tamaño y peso de los residuos, dependiendo del ancho se pueden instalar de 15 a 20 discos de cribado en un rodillo, estos giran de forma sincrónica. Al estar los discos del rodillo en una rotación continua no son fácilmente bloqueables por residuos húmedos. Este es un clasificador automático y su principal aplicación es con procesos de reciclaje en general. En la Figura 17 se observa el modelo de la máquina.

Figura 17: Clasificador Pop Up con ruedas GTS series



Fuente: Tomado de la página web de Direct Industry. Gep Ecotech, 2017.

- **Máquina clasificadora óptica Sortex B**

La clasificadora óptica SORTEX B está diseñada para la clasificación de algunos residuos orgánicos y plásticos, esto lo hace mediante la detección de color claro u oscuro, tiene una capacidad de hasta 2,4 toneladas por hora. Esta clasificadora es muy robusta, con componentes herméticos y de larga vida, también es muy versátil debido a la posibilidad de configuración que da para cumplir con requerimientos que se requiera. Sus componentes están sellados para la protección contra suciedad y polvo, en cuanto a piezas de fácil desgaste ya sea como la iluminación de banda ancha o eyectores, estos están dispuestos por módulos, lo que facilita su separación o reemplazo, minimizando tiempos de parada. Al ser una clasificadora óptica automática, tiene diversos sectores de aplicación como la industria agroalimentaria, proceso de reciclado de plásticos y orgánicos. En la Figura 18, se muestra el modelo de la clasificadora.

Figura 18: Máquina clasificadora óptica Sortex B



Fuente: Tomado de la página web Direct Industry. Buhler, 2018.

4.2. Identificación de Requerimientos

4.2.1. Lista de Exigencias

Según la metodología planteado para el presente trabajo, se debe realizar una lista de exigencias, especificando algunos requerimientos básicos con los que deberá contar la máquina para su diseño. A continuación, se muestra la lista de exigencias en la Tabla 4.

Tabla 4: Lista de Exigencias para el diseño del Clasificador Automático

LISTA DE EXIGENCIAS	
PROYECTO: Diseño y Desarrollo de un Clasificador Automatizado de Residuos Sólidos	
CLIENTE: Espacios públicos con cierto nivel de seguridad	
DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN
Función Principal	Clasificar los diversos tipos de residuos sólidos en diversos contenedores (Papeles, vidrios, plásticos, metales, residuos orgánicos)
Geometría	<ul style="list-style-type: none">• Estructura de reposo.• Altura (1.1m aprox.)• Estructura regular.• Capacidad de reconocer residuos de volúmenes de hasta 15x15x40cm.

Cinemática	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad de giro de 60r pm. • Capaz de girar a velocidad constante para una adecuada clasificación y distribución en el contenedor correspondiente.
Fuerzas	El clasificador debe soportar el peso de los residuos sólidos (1 kg max.)
Energía	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe tener una salida DC de 5V para dispositivos electrónicos. • Se debe tener una salida DC de 6V para dispositivos electrónicos. • Se debe tener una salida DC de 12V para actuadores.
Material	<ul style="list-style-type: none"> • Debe ser de un material que no dificulte el trabajo del sensado de los residuos sólidos. • Debe soportar las cargas del mecanismo. • Debe soportar condiciones del medio ambiente.
Señales	<ul style="list-style-type: none"> • Contar con indicadores de funcionamiento. • Contar con indicadores de los contenedores, para saber cuándo están llenos.
Control Y Electrónica	<ul style="list-style-type: none"> • Debe ser capaz de identificar el peso de los diversos residuos. • Debe ser capaz de diferenciar cada clase de residuos. (Orgánicos, papeles, metales, vidrios, plásticos). • Capacidad de reconocimiento del residuo a corta distancia. • Debe contar con unas frecuencias de respuesta alta. • Debe ser de reducido tamaño. • Debe haber un control del nivel para cada contenedor. • El traslado del residuo sólido de la cabina de sensado al contenedor correspondiente debe ser automático.
Software	La optimización del proceso debe ser implementada a través de un software de programación.
Comunicaciones	Uso de una interfaz básica que sea amigable e intuitiva.
Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Control de nivel en los contenedores, para impedir el mal funcionamiento del sistema por un exceso de residuos en algún contenedor. • Indicador de funcionamiento del clasificador. • Protección para impedir que el encargado sufra daños mientras retira los residuos sólidos clasificados.

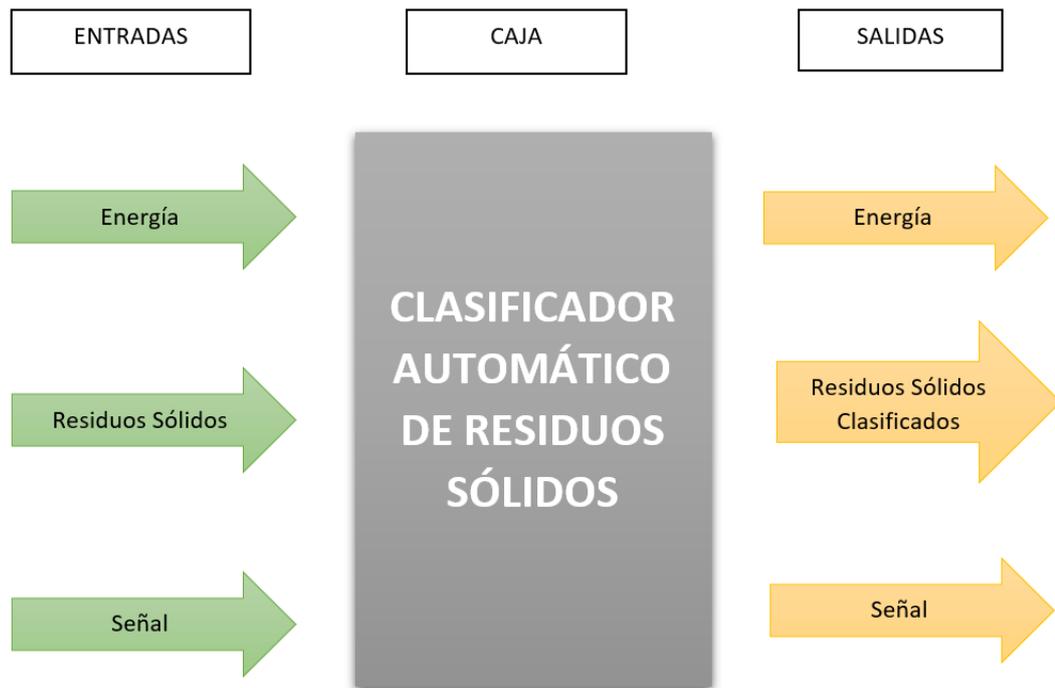
Ergonomía	<ul style="list-style-type: none"> • Facilidad de uso por parte los usuarios. • Facilidad de acceso para el mantenimiento o cambio de piezas. • Facilidad para el retiro de los residuos sólidos clasificados.
Fabricación	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción en talleres locales. • Tolerancia máxima de 2mm.
Montaje	<ul style="list-style-type: none"> • Se utilizará materiales accesibles para su adquisición. • El equipo no podrá ser desmontado, trabajará como un solo elemento; pero tendrá un compartimiento para poder realizar actualizaciones en la programación.
Transporte	El traslado del clasificador desde el taller de fabricación hasta su ubicación donde será implementado debe ser realizado de manera cuidadosa.
Uso	Simple de usar tanto por las personas que dejen sus residuos sólidos; como también, por los encargados que retirar los residuos sólidos clasificados.
Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • De fácil y rápido mantenimiento. • Preventivo y calibraciones (una vez al año). • Cambio de componentes que empiecen a fallar por su uso.

Nota: Modelo de lista de exigencias adaptado de la norma VDI 2206, Nuevos lineamientos para el diseño de sistemas mecatrónicos. Gausemeler y Moehring, 2002.

4.2.2. Caja Negra

Para determinar con la estructura de funciones del diseño del clasificador automático, previamente se realiza una caja negra o también llamada black-box, con la finalidad de definir adecuadamente las magnitudes tanto de entrada como de salida del sistema como se detalla en la Figura 19. Posteriormente se detallará la estructura de funciones.

Figura 19: Caja negra del clasificador de residuos



Fuente: Adaptado de la norma VDI 2206.

ENTRADAS:

- **Energía**
 - Energía eléctrica para accionar el clasificador, alimentando así el controlador y las partes que lo requieran.
 - Energía Mecánica para el movimiento del cilindro receptor de los residuos sólidos,
 - Energía humana para encender la máquina.
- **Residuos Sólidos**
 - Vidrios
 - Papeles
 - Metales
 - Plásticos
 - Residuos orgánicos
- **Señales**
 - Señal de encendido de la máquina
 - Señal de recepción por los sensores.

SALIDAS:

- **Energía**
 - Energía Sonora, térmica y luminosa
- **Residuos Sólidos Clasificados**
 - Cada residuo en su contenedor correspondiente
- **Señales**
 - Señal de orden para los servomotores, motor y diodos leds.

4.2.3. Estructura de Funciones

Todas las funciones que realizara el sistema se agrupan en 3 dominios generales: mecánico, electrónico y control.

DOMINIO MECÁNICO:

- Generar movimiento
- Transporte de residuo

DOMINIO ELECTRÓNICO:

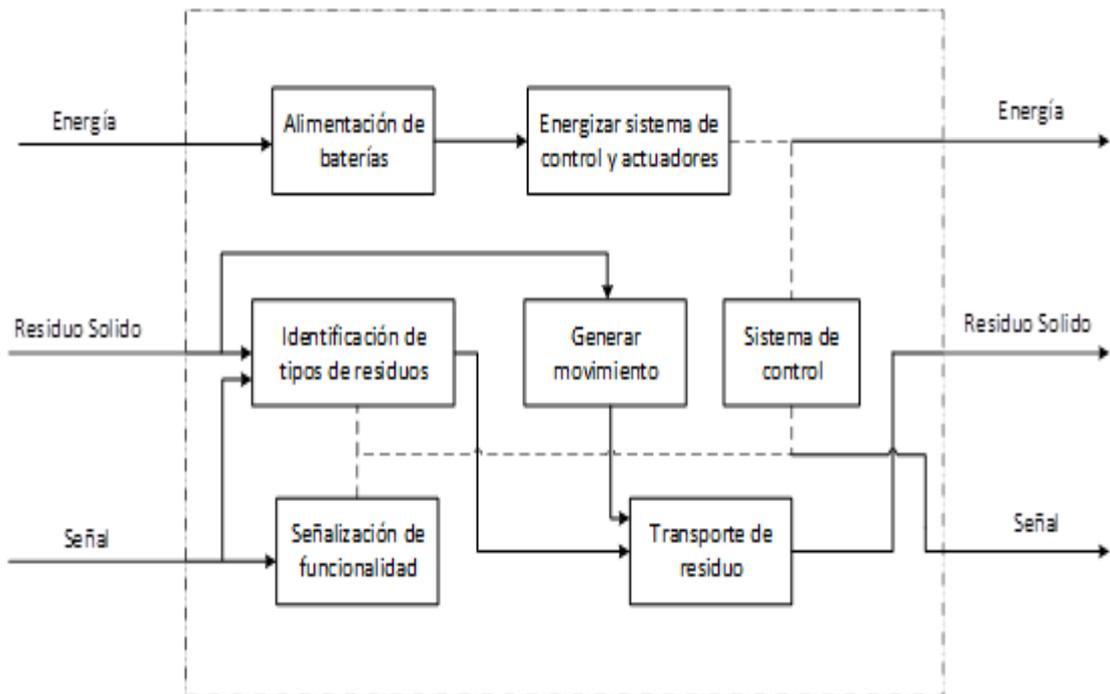
- Alimentación de baterías
- Energizar sistema de control y sensores
- Identificación de tipos de residuos
- Señalización de funcionalidad

DOMINIO DE CONTROL:

- Sistema de control

Al tener definidas las funciones con las que va contar cada dominio, se realiza un diagrama de funciones como apoyo visual para una mejor comprensión de la relación entre funciones. A continuación, se presenta el diagrama de funciones en la Figura 20.

Figura 20: Diagrama de funciones del clasificador de residuos sólidos



Fuente: Adaptado de la Norma VDI 2206.

FUNCIONES

- **Alimentación de baterías**

Esta función se encarga de captar energía y suministrar corriente eléctrica a la batería del sistema, en caso de que no tenga baterías, se encarga de alimentar los actuadores y componentes electrónicos del clasificador automático.

- **Energizar sistema de control y actuadores**

Esta función se encarga de energizar tanto actuadores, como componentes eléctricos y electrónicos del sistema; para así poner en funcionamiento el clasificador automático.

- **Generar movimiento**

Esta función es la encargada de generar movimiento en toda la máquina ya sea por diversos tipos de actuadores.

- **Identificación de tipos de residuos**

Esta función se encarga de identificar adecuadamente los residuos sólidos que ingresan al clasificador para una posterior selección, esto lo puede realizar mediante distintas técnicas de identificación y selección.

- **Transporte de residuo**

La función de transporte de residuos se toma en cuenta la identificación previa del residuo para luego transportar el residuo a su contenedor correspondiente.

- **Señalización de funcionalidad**

Al ser una maquina cerrada requiere de un sistema de señalización para indicar si el clasificador está en operación, también para resaltar si algún contenedor ya está casi lleno.

- **Sistema de control**

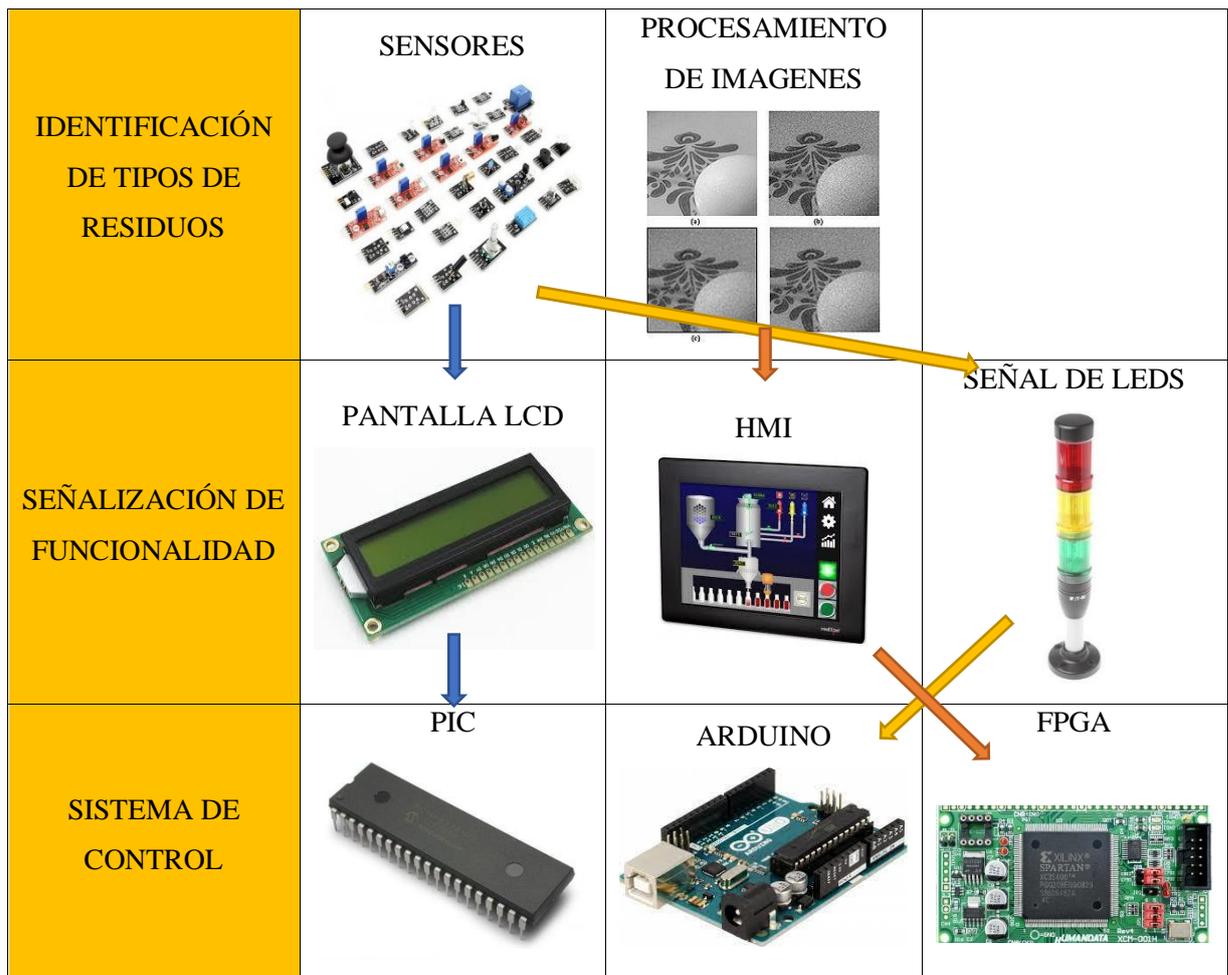
El sistema de control es la función encargada de controlar todos los actuadores y componentes del sistema, este tiene que recibir señales de entrada de los residuos, analizarlas y enviar una señal de acción de salida.

4.3. Análisis de la Solución

Una vez establecida la estructura de funciones, se pasa a realizar una matriz morfológica tomando en cuenta todas las funciones de los dominios del clasificador automático, con la finalidad de generar conceptos de solución, como se puede apreciar en la Tabla 5.

Tabla 5: Matriz morfológica del clasificador de residuos sólidos

FUNCIONES	ALTERNATIVAS		
	A1	A2	A3
GENERAR MOVIMIENTO	<p>MOTOR DC</p> 	<p>MOTOR DE PASO</p> 	<p>SERVOMOTOR</p> 
TRANSPORTE DE RESIDUO	<p>FAJA TRANSPORTADORA</p> 	<p>TRANSPORTE LINEAL BIDIRECCIONAL</p> 	<p>COMPUERTAS CONTROLADAS</p> 
ALIMENTACIÓN DE BATERIAS	<p>CARGADOR A CORRIENTE ALTERNA</p> 	<p>ENERGIA SOLAR</p> 	
ENERGIZAR SISTEMA DE CONTROL Y ACTUADORES	<p>BATERIAS</p> 	<p>CONEXIÓN DIRECTA</p> 	



Flechas Azules: C. Solución 1 Flechas Amarilla: C. Solución 2 Flechas Anaranjada: C. Solución 3

Nota: DC: corriente directa; PIC: circuito integrado programable; FPGA: matriz de compuestas lógicas programable; HMI: interfaz humano-máquina; LCD: pantalla de cristal líquido. Adaptado de la norma VDI 2206.

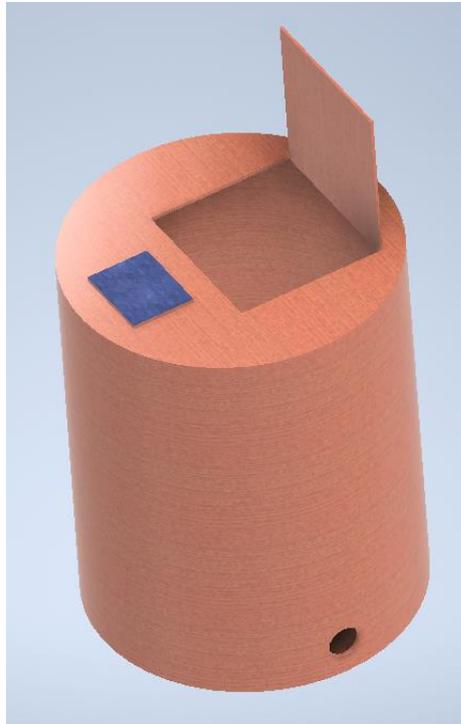
Después de realizar la matriz morfológica y analizar cada función, pasando por un filtro para observar la compatibilidad entre componentes, se obtiene 3 posibles soluciones o también llamados conceptos de solución. A continuación, se muestra un análisis más detallado de cada concepto de solución.

SOLUCIÓN 1:

Para la primera solución, se va contar con servomotores de 6V para generar movimiento en el sistema, en cuanto al transporte de los residuos sólidos que ingresan se realizara con compuertas controladas con estas mismas, en cuanto al energizado del sistema seria directo sin baterías y se suministraría a base de energía solar, para poder reconocer el residuos sólido y clasificarlo correctamente se emplearan diversos tipos de sensores y para señalar el correcto funcionamiento de la máquina se empleara una pantalla LCD,

todo esto será controlado por un PIC. En la Figura 21, se presenta el diseño del concepto de solución 1.

Figura 21: Concepto de solución 1

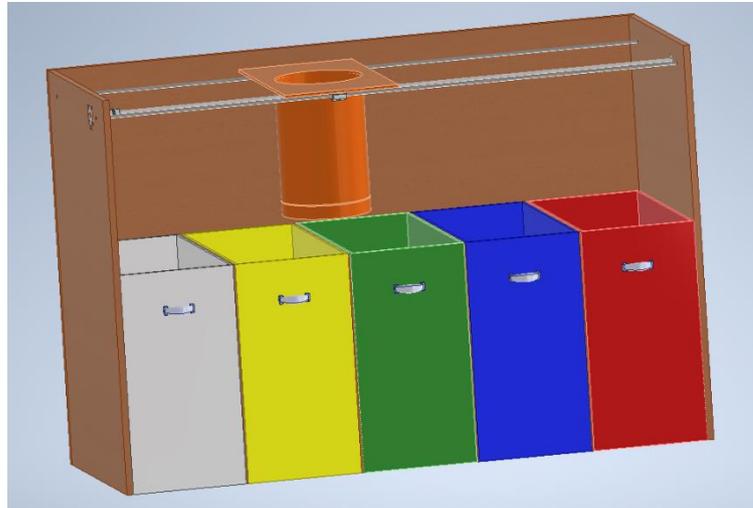


Fuente: Elaborado en el software de Inventor 2020

SOLUCIÓN 2:

En cuanto a la segunda solución, el encargado de generar movimiento será un motor de paso, se empleará un sistema de transporte lineal bidireccional como método de transporte de residuos sólidos, el sistema contara con baterías de Li-Po y estas serán recargadas con corriente alterna atreves de un transformador, para un reconocimiento de cada tipo de residuos sólido se emplearán diversos sensores, el método de señalización de funcionalidad sería mediante señales de LEDs, indicarán distintos tipos de estados, en cuanto al microcontrolador que se empleará para el sistema de control sería un Arduino. En la Figura 22, se presenta el diseño del concepto de solución 2.

Figura 22: Concepto de solución 2

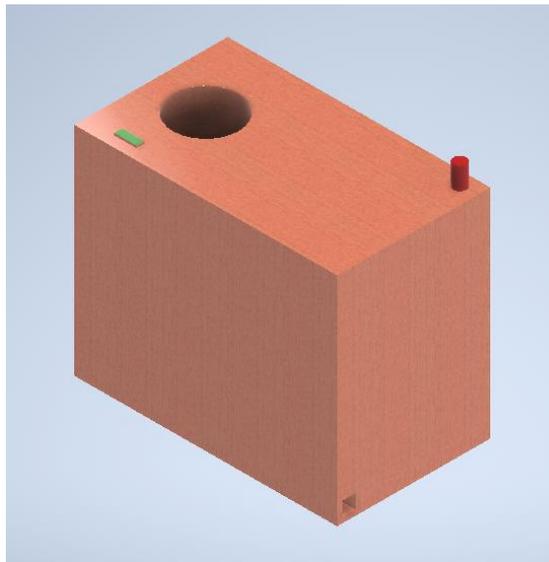


Fuente: Elaborado en el software de Inventor 2020

SOLUCIÓN 3:

Para la tercera solución, se va contar con un motor de corriente directa para la función de generar movimiento, respecto a transporte de residuos se empleará una faja transportadora, este sistema no contaría con baterías y sería a una conexión directa suministrada por un cargador conectado a corriente alterna, el método de reconocimiento de cada tipo de residuo vendría de ser el procesamiento de imágenes, para la función de señalización se emplearía un pantalla HMI y para control del sistema se utilizaría una placa FPGA. En la Figura 23, se presenta el diseño del concepto de solución 3.

Figura 23: Concepto de solución 3



Fuente: Elaborado en el software de Inventor 2020

De acuerdo con la metodología VDI 2206, se desarrolla la matriz morfológica que permitió obtener soluciones que cumplan con los requerimientos planteados. A continuación, se procede a realizar una valorización técnica y económica de cada solución como se observa en la Tabla 6 y la Tabla 7.

Tabla 6: Evaluación técnica de los conceptos de solución

Valor Técnico (Xi)								
p: Puntaje de 0 a 4 (Escala de valores según VDI 2225) 0=No satisface 1=Aceptable a las justas 2=Suficiente 3=Bien 4=Muy Bien (Ideal) g: Es el peso ponderado y se da en función de la importancia de los criterios de evaluación								
Criterios de Evaluación para las distintas soluciones en la consultoría								
Variantes de Concepto / Proyectos		"g"	Solución					
			S1		S2		S3	
Nº	Criterios de Evaluación	%	p	gp	p	gp	p	gp
1	La solución planteada podría solucionar todo el problema	20	2	0,4	3	0,6	3	0,4
2	Es viable la solución	30	2	0,6	2	0,6	2	0,6

3	Se podría plantear la solución en un corto tiempo	15	2	0,3	3	0,45	2	0,3
4	Es fácil conseguir los recursos para su implementación	20	3	0,6	4	0,8	2	0,4
5	Abarca al problema casi por completo	15	3	0,45	3	0,45	2	0,45
Puntaje total		100	12	2,35	13	2,9	11	2,15
Valor técnico Xi			0,6		0,65		0,55	

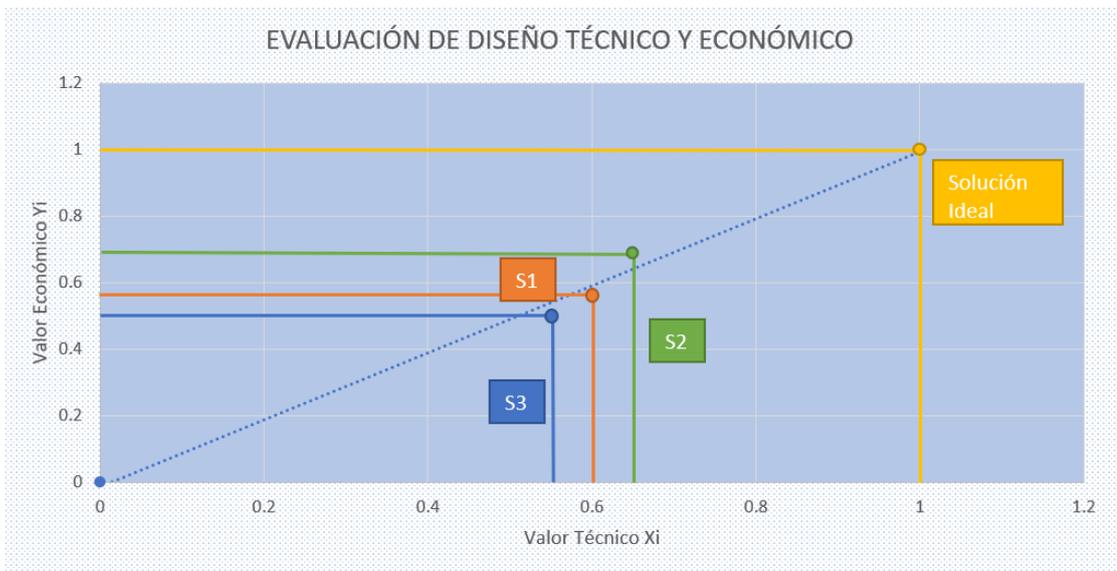
Nota: g: peso de ponderado; p: puntaje; gp: puntaje por el ponderado; 0: no satisface; 1: aceptable a las justas; 2: Suficiente; 3: Bien; 4: Muy bien; Xi: valor técnico. Adaptado de la norma alemán VDI 2225.

Tabla 7: Evaluación económica de los conceptos de solución

Valor Económico (Yi)								
p: Puntaje de 0 a 4 (Escala de valores según VDI 2225)								
0=No satisface 1=Aceptable a las justas 2=Suficiente 3=Bien 4=Muy Bien (Ideal)								
g: Es el peso ponderado y se da en función de la importancia de los criterios de evaluación								
Criterios de Evaluación para las distintas soluciones en la consultoría								
Variantes de Concepto / Proyectos		"g"	Solución					
			S1		S2		S3	
Nº	Criterios de Evaluación	%	p	gp	p	gp	p	gp
1	Costo de su implementación	15	3	0,45	3	0,45	2	0,3
2	Costo de personal	10	2	0,2	3	0,3	2	0,3
3	La empresa cuenta con los recursos para su implementación	45	2	0,9	2	0,9	2	0,9
4	Costo - beneficio	30	2	0,6	3	0,6	2	0,6
Puntaje total		100	9	2,15	11	2,25	8	2,1
Valor Económico Yi			0,56		0,69		0,5	

Nota: g: peso de ponderado; p: puntaje; gp: puntaje por el ponderado; 0: no satisface; 1: aceptable a las justas; 2: Suficiente; 3: Bien; 4: Muy bien; Yi: valor técnico. Adaptado de la norma alemán VDI 2225.

Figura 24: Evaluación Técnica VS Evaluación Económica



Fuente: Elaborado en el software de Microsoft Excel 2019.

Según la Figura 24, se puede apreciar que de las tres soluciones planteadas la más óptima tanto económica como técnica es la solución número 2, se verifica la solución con todos los requerimientos iniciales y efectivamente esta es muy adecuada para el diseño del clasificador automático.

Adicionalmente se realizó un análisis económico entre el prototipo del clasificador con las maquinas presentadas en el estado del arte, este análisis se observa en la Tabla 8.

Tabla 8. Evaluación económica de clasificadores en el mercado

Valor Económico (Yi)												
p: Puntaje de 0 a 4 (Escala de valores según VDI 2225)												
0=No satisface 1=Aceptable a las justas 2=Suficiente 3=Bien 4=Muy Bien (Ideal)												
g: Es el peso ponderado y se da en función de la importancia de los criterios de evaluación												
Criterios de Evaluación para las distintas soluciones en la consultoría												
Variantes de Concepto / Proyectos		"g"	CLASIFICADORES									
			MSS 1000E		CLARITY		GTS SERIES		SORTEX B		PROTOTIPO	
Nº	Criterios de Evaluación	%	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Costo de su implementación	15	1	0,15	1	0,15	1	0,15	1	0,15	3	0,45

2	Costo de personal	10	2	0,2	3	0,3	3	0,3	3	0,3	3	0,3
3	La empresa cuenta con los recursos para su implementación	45	2	0,9	2	0,9	2	0,9	2	0,9	2	0,9
4	Costo - beneficio	30	2	0,6	2	0,6	3	0,9	2	0,6	3	0,9
Puntaje total		100	7	1,85	8	1,95	9	22,5	8	19,5	11	2,55
Valor Económico Yi			0,44		0,5		0,56		0,5		0,69	

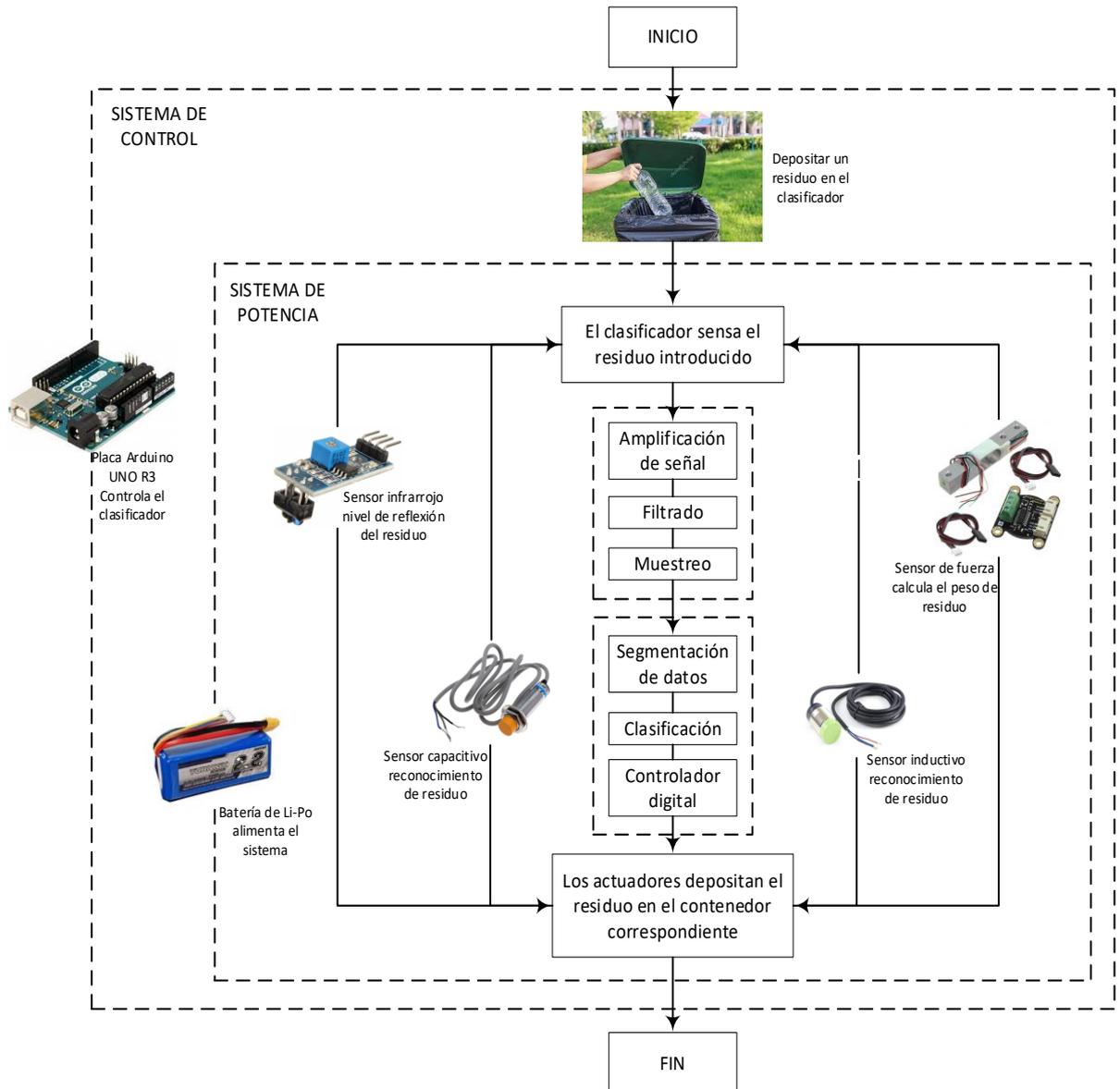
Nota: g: peso de ponderado; p: puntaje; gp: puntaje por el ponderado; 0: no satisface; 1: aceptable a las justas; 2: Suficiente; 3: Bien; 4: Muy bien; Yi: valor técnico. Adaptado de la norma alemán VDI 2225.

Como se muestra en el analisis economico de las Tabla 8, aunque hay maquinas clasificadoras de residuos en el mercado, estos economicamente hablando no son las mejores opciones, en comparación con el prototipo.

4.4. Diseño

Con la finalidad de poder definir el modelo de funcionamiento del clasificador, es necesario establecer una herramienta la cual ayude a comprender la integración de cada uno de los sistemas individuales, tanto del sistema de control como del sistema de potencia, para ello en la Figura 25, se presenta el diseño mecatrónico del clasificador automático.

Figura 25: Diseño mecatrónico del clasificador



Fuente: Elaborado en el software Microsoft Visio

4.4.1. Cálculos del Diseño

- Consumo de energía eléctrica

$$P = V \times I$$

P: Potencia eléctrica

V: Voltaje

I: Corriente

- Consumo de sensor ultrasónico

$$P = 5V \times 0,015A$$

$$P = 0,075W$$

El sistema va a contar con 2 sensores ultrasónicos:

$$P = 0,075W \times 2$$

$$P = 0,150W$$

- Consumo de diodos LED

$$P = 0,075W$$

El sistema va a contar con 5 diodos LED:

$$P = 0,075W \times 5$$

$$P = 0,375W$$

- Consumo del regulador 7505

$$P = 5,2V \times 0,008A$$

$$P = 0,0416W$$

- Consumo del Arduino UNO R3

$$P = 5V \times 0,22A$$

$$P = 1,1W$$

- Consumo del motor de paso

$$P = 5V \times 0,4A$$

$$P = 2,0W$$

- Consumo de servomotores

$$P = 6V \times 0,032A$$

$$P = 0,192W$$

El sistema va a contar con 2 servomotores:

$$P = 0,192W \times 2$$

$$P = 0,384W$$

- Consumo del sensor capacitivo

$$P = 12V \times 0,015A$$

$$P = 0,18W$$

- Consumo del sensor inductivo

$$P = 12V \times 0,02A$$

$$P = 0,24W$$

- Consumo del sensor de peso

$$P = 5V \times 0,01A$$

$$P = 0,05W$$

- Consumo del sensor óptico

$$P = 12V \times 0,02A$$

$$P = 0,24W$$

Consumo total de energía eléctrica del sistema

$$P = 0,150W + 0,375W + 0,0416W + 1,1W + 2,0W + 0,384W + 0,18W \\ + 0,24W + 0,05W + 0,24W$$

$$P_{total} = 4,7606W$$

El sistema del clasificador va a tener un consumo total de potencia de 5,5006 Watts (W).

Potencia de la batería

$$P = 12V \times 6A$$

$$P = 72W$$

Duración de la batería

$$Tb = \frac{Pb}{Pc}$$

Tb: Tiempo de duración de la batería (horas)

Pb: Potencia de la batería (W)

Pc: Potencia consumida (W/h)

$$Tb = \frac{72W}{4,7606W/h}$$

$$Tb = 15,1241W/h$$

Cálculo de fuerza del motor

$$T = F \times D$$

T: Torque (N-m)

F: Fuerza (N)

D: Distancia (m)

$$T = 4,9033N \times 0.2m$$

$$T = 0,98066N - m$$

Convertimos de N-m a Kg-cm

$$T = 0,98066N.m \times \frac{1kg}{9,8066N} \times \frac{100cm}{1m}$$

$$T = 10kg - cm$$

Cálculo de llenado de contenedor con sensor ultrasónico

$$d = v \times \frac{t}{2}$$

d: Distancia (cm)

v: Velocidad del sonido (0.034 cm/us)

t: Tiempo (us)

$$d = 0,034 \frac{cm}{us} \times \frac{t(us)}{2}$$

$$d = 0,017cm \times t$$

Al reducir la ecuación inicial de la distancia, tenemos que la distancia será igual al tiempo multiplicado por una constante que es 0,017.

4.4.2. Diseño Electrónico:

En base a los requerimientos que observamos en la Tabla 9, se requiere seleccionar componentes para el reconocimiento de cada tipo de residuos sólidos, para medir el nivel de contenido de cada deposito, movimiento y traslado automático de los residuos.

Tabla 9: Requerimientos para el diseño electrónico

Requerimientos	Relevancia
Se debe tener una salida DC de 5V para dispositivos electrónicos.	4
Se debe tener una salida DC de 12V para actuadores.	3
Contar con indicadores de funcionamiento.	10
El clasificador debe soportar el peso de los residuos sólidos (1 kg max.)	5

Debe ser capaz de diferenciar cada clase de residuos. (Orgánicos, papeles, metales, vidrios, plásticos).	1
Capacidad de reconocimiento del residuo a corta distancia.	2
Debe contar con una frecuencia de respuesta alta.	6
Debe de ser de reducido tamaño	9
Debe haber un control del nivel para cada contenedor.	7
El traslado del residuo sólido de la cabina de sensado al contenedor correspondiente debe ser automático.	8

Nota: La relevancia tiene un valor que va desde el 1 al 10, siendo 1 el requerimiento más relevante y 10 el menos relevante.

Además, en este apartado determinamos el diagrama electrónico para el clasificador automático de residuos sólidos.

4.4.2.1. Selección de sensores para reconocer los residuos sólidos:

- **Sensor Inductivo**

A continuación, en la Tabla 10 se muestra la comparativa entre distintos modelos de sensores inductivos.

Tabla 10: Comparación entre modelos de sensores inductivos

MODELO	Sensor Inductivo PR08-2DP	Sensor Inductivo PR18-5DP	Sensor Inductivo PR30-15DP
Distancia de sensado	2mm±10%	5mm±10%	15mm±10%
Frecuencia de respuesta	1KHz	500Hz	200Hz
Objetivo de detección estándar	8 × 8 × 1mm	18 × 18 × 1mm	45 × 45 × 1mm
Sensor a Utilizar	X	X	✓

Nota: Datos recopilados de los Datasheet de los 3 Sensores Inductivos

El sensor de proximidad inductiva PR30-15DP es capaz de detectar objetos de carácter metálico desde un rango de 15mm, este sensor es de sencilla integración con Arduino, el cual es el microcontrolador que se piensa emplear, para su uso se requiere que se emplee conectar una salida digital al sensor, este sensor puede ser alimentado con 5V, pero si se desea extender el rango de detección del sensor se puede alimentar con 12V o 24V. Véase la figura 26.

Figura 26: Sensor Inductivo PR30-15DP



Fuente: Recopilado de la página web Naylamp Mechatronics. 2020.

- **Sensor Capacitivo**

A continuación, en la Tabla 11 se muestra la comparativa entre distintos modelos de sensores capacitivos.

Tabla 11: Comparación entre modelos de sensores capacitivos

MODELO	Sensor Capacitivo CR18-8DP	Sensor Capacitivo CR30-15DP	Sensor Capacitivo CR30-15AO
Distancia de sensado	8mm	15mm	15mm
Frecuencia de respuesta	50Hz	50Hz	20Hz
Alimentación	12 a 24 VDC	12 a 24 VDC	100 a 240 VDC
Sensor a Utilizar	X	✓	X

Nota: Datos recopilados de los Datasheet de los 3 Sensores Capacitivos

El sensor de proximidad capacitivo CR30-15DP tiene la capacidad de identificar ya sean objetos metálico como no metálicos desde un rango de 15mm, cuentan con una salida digital que se puede conectar con un optoacoplador para poder conectar con algún microcontrolador como lo puede ser PIC o Arduino, su voltaje de alimentación es de 5V, sin embargo también se puede alimentar con 12V o 24V para poder

extender su rango de captación, también posee un indicador led que se enciende al reconocer algún objeto. Véase la Figura 27.

Figura 27: Sensor Capacitivo CR30-15DP



Fuente: Recopilado de la página web Naylamp Mechatronics. 2020.

- **Sensor infrarrojo**

A continuación, en la Tabla 12 se muestra la comparativa entre distintos modelos de sensores ópticos.

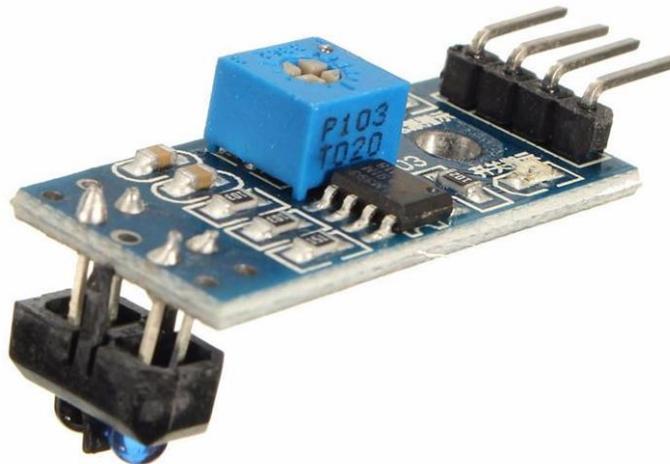
Tabla 12: Comparación entre modelos de sensores ópticos

MODELO	Sensor óptico TCRT1010	Sensor óptico TCRT5000	Sensor óptico TCST2202
Distancia de sensado	1 mm	2,5 mm	0,5 mm
Voltaje	5 v	5 v	6 v
Sensor a Utilizar	X	✓	X

Nota: Datos recopilados de los Datasheet de los 3 Sensores Ópticos

El sensor infrarrojo TCRT5000 es capaz de detectar el nivel de reflexión de una superficie a través de la emisión y recepción de una luz infrarroja, el sensor cuenta con una salida analógica y otra digital, su voltaje de funcionamiento es de 3,3 a 5V, llega a detectar en un rango de hasta 25mm. Este sensor es comúnmente empleado en detección de bordes o seguir líneas. Véase la figura 28.

Figura 28: Sensor infrarrojo TCRT5000



Fuente: Recopilado de la página web Naylamp Mechatronics. 2020.

- **Sensor de peso**

A continuación, en la Tabla 13 se muestra la comparativa entre distintos modelos de sensores de peso.

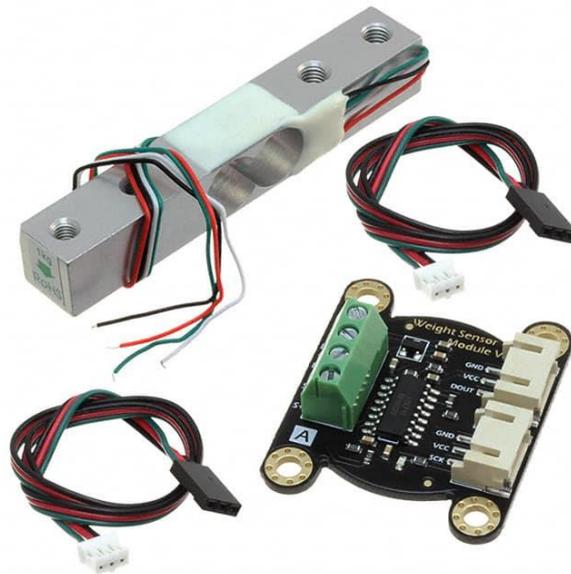
Tabla 13: Comparación entre modelos de sensores de peso

MODELO	Sensor de carga Mini-YZC-133	Sensor de peso SEN0160	Sensor de peso DYX-201
Capacidad	50kg	1kg	20kg
Voltaje de funcionamiento	< 10 V	5 - 15 V	5 - 15 V
Sensibilidad de salida	1,0 ± 0,15 mV/V	1,0±0,1 mV/V	2,0 ± 0,05 mV/V
Sensor a Utilizar	X	✓	X

Nota: Datos recopilados de los Datasheet de los 3 Sensores de Peso

El sensor de peso SEN0160 es un sensor que cuenta con una celda de carga, con la capacidad de soportar hasta pesos de 1kg, el sensor es de alta precisión que cuenta con un circuito integrado HX711, encargado de convertir señales analógicas-digitales de 24 bits. Para el voltaje de alimentación del sensor se requiere de 2,6 a 5,5V, cuenta también con un control digital simple e interfaz serial. Véase la figura 29..

Figura 29: Sensor de peso SEN0160



Fuente: Recopilado de la página web Naylamp Mechatronics. 2020.

4.4.2.2. Sensor para medir el nivel de contenido:

- **Sensor Ultrasónico**

A continuación, en la Tabla 14 se muestra la comparativa entre distintos modelos de sensores ultrasónicos.

Tabla 14: Comparación entre modelos de sensores ultrasónicos

MODELO	Sensor Ultrasónico HC-SR04	Sensor Ultrasónico US-100	Sensor Ultrasónico JSN-SR04T
Distancia de sensado	2cm a 450cm	1,5cm-450cm	2cm - 450cm
Ángulo de detección	<15°	<20°	<45°
Dimensiones	45*20*15 mm	45*20*15 mm	22*22*10 mm
Aprueba de líquidos	NO	NO	SI
Sensor a Utilizar	X	X	✓

Nota: Datos recopilados de los Datasheet de los 3 Sensores Ultrasónicos

El sensor HC-SR04 es un sensor de distancia muy económico, que es capaz de medir distancias en un rango de 2cm a 450cm, es de pequeño tamaño. Cuenta con 2 transductores, un emisor y un receptor, ambos piezoeléctricos. Su voltaje de funcionamiento es de 5V tiene una salida para la emisión de la onda ultrasónico y tiene otra salida para la recepción. Véase la figura 30.

Figura 30: Sensor Ultrasónico HC-SR04



Fuente: Recopilado de la página web Naylamp Mechatronics. 2020.

4.4.2.3. Servomotor para las compuertas:

- **Servomotor**

A continuación, en la Tabla 15 se muestra la comparativa entre distintos modelos de servomotores.

Tabla 15: Comparación entre modelos de servomotores

MODELO	Servomotor MG995	Servomotor HS-422	Servomotor HS-785HB
Peso	55 g	45,4 g	110 g
Torque	8.5 kgf.cm	3.3 kgf.cm	11 kgf.cm
Velocidad a 4.8v	0,21	0,21	1,68
Servomotor a Utilizar	✓	X	X

Nota: Datos recopilados de los Datasheet de los 3 Servomotores

El servo MG995 es un actuador con notable robustez, es ideal para proyectos robóticos o artrópodos, puede rotar aproximadamente 180°. Tiene gran adaptabilidad con diversos microcontroladores, se recomienda tener una alimentación externa o separada del microcontrolador, ya que pueden existir algunos errores por el ruido

eléctrico. Tiene una capacidad de torque de 14 kg/cm, esto alimentado a 6V. Véase la figura 31.

Figura 31: Servomotor MG995



Fuente: Recopilado de la página web Naylamp Mechatronics. 2020.

4.4.2.4. Motor:

- **Motor paso a paso**

A continuación, en la Tabla 16 se muestra la comparativa entre distintos modelos de motores paso a paso.

Tabla 16: Comparación entre modelos de motores paso a paso

MODELO	Motor paso a paso NEMA14	Motor paso a paso NEMA17	Motor paso a paso NEMA23
Tamaño	35x36 mm	42,3x48mm	56,4 x 56 mm
Torque	1400 g-cm	3.2 kg-cm	9 kg-cm
Peso	180 g	350 g	700 g
Servomotor a Utilizar	X	✓	X

Nota: Datos recopilados de los Datasheet de los 3 Motores paso a paso

El motor paso a paso NEMA 17 es un motor con un par nominal de 59 N*cm contando a su vez con un ángulo de paso de 1.8° dando 200 pasos por cada revolución, es de pequeño tamaño, de fácil control e implementación, comúnmente empleado para impresoras 3D y aplicaciones de CNC. Véase la figura 32.

Figura 32: Motor paso a paso NEMA 17

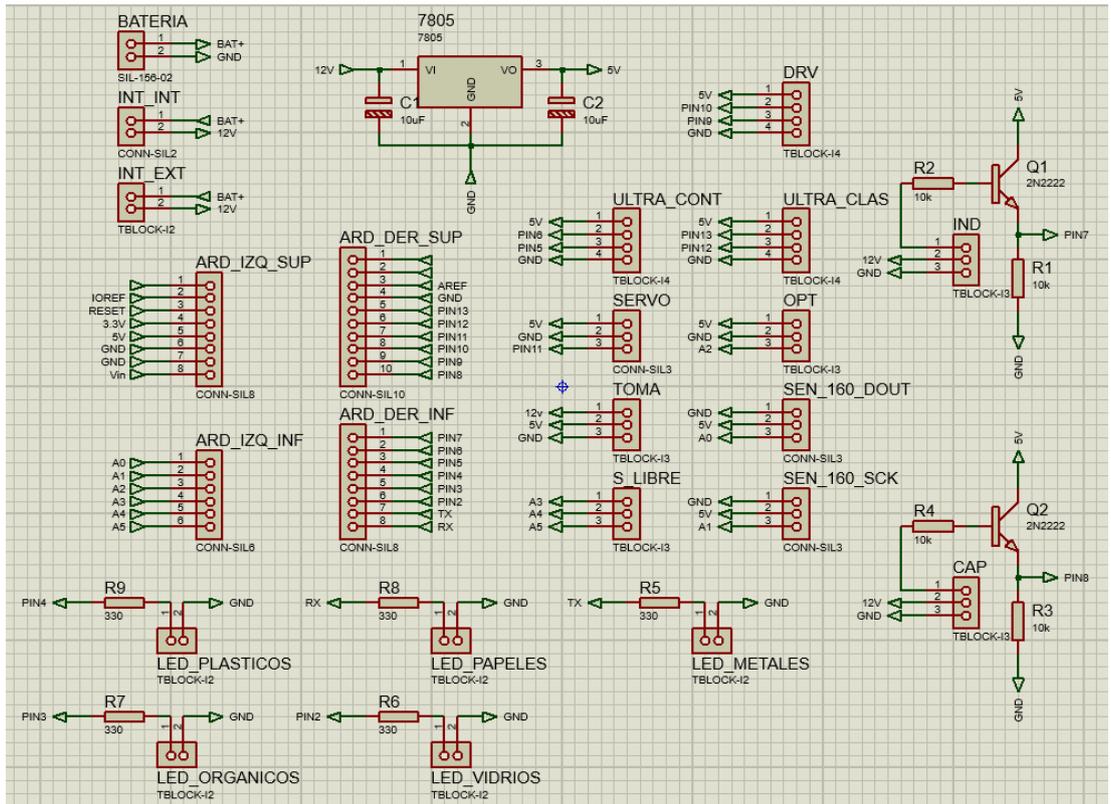


Fuente: Recopilado de la página web Naylamp Mechatronics. 2020.

4.4.2.5. Diagrama Electrónico

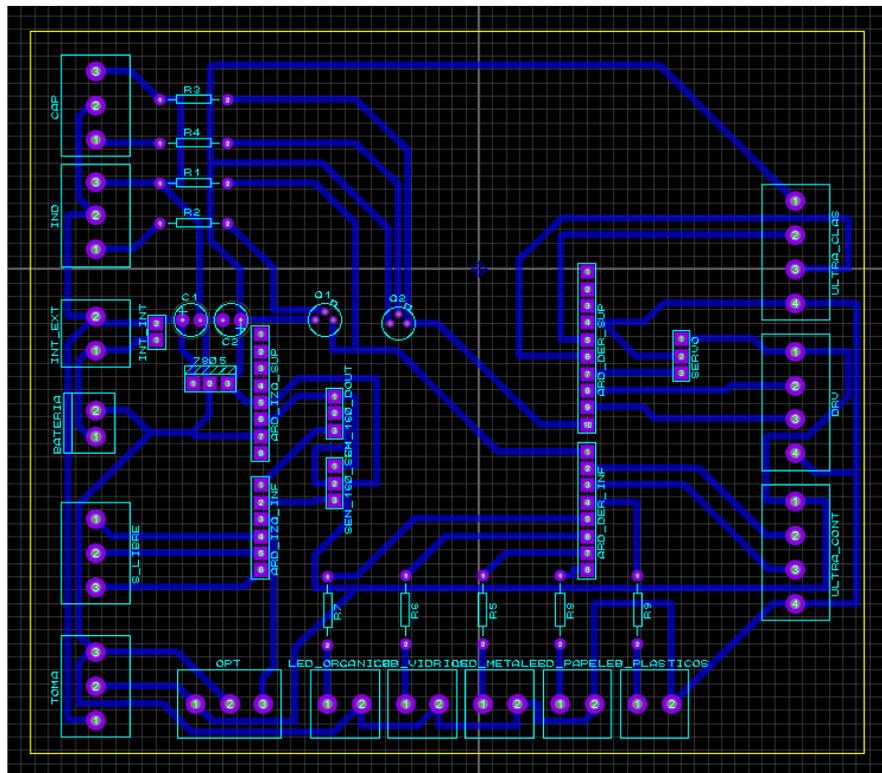
Para el desarrollo del diagrama electrónico se utilizó el software Proteus en su versión 8.1. En el cual, detallamos todos los componentes y los dispositivos electrónicos que se utilizará para el desarrollo del proyecto, véase las Figuras 33 y 34.

Figura 33: Diagrama Electrónico del Clasificador Automático



Fuente: Elaborado en el software de Proteus 8.1

Figura 34: Diagrama de la Placa Impresa



Fuente: Elaborado en el software de Proteus 8.1

En la figura 34 se pueden divisar los componentes con sus etiquetas y las conexiones que se realizaron desde la entrada de alimentación que suministra de energía al microcontrolador y se distribuyen tanto a los sensores como actuadores, a su vez señalando todos los componentes, dispositivos, sensores u actuadores que está conectado a cada pin de la placa del Arduino para su comunicación y control. Y en la figura 35, se muestra la ubicación que se establece para cada uno de los componentes en la PCB, tomando en cuenta las dimensiones de la placa de Arduino, optimizando el espacio y terminales de los sensores.

4.4.3. Diseño Mecánico:

En base a los parámetros que se observan en la Tabla 17 se requiere seleccionar el material para la estructura del clasificador.

Tabla 17: Requerimientos del diseño mecánico

Requerimientos	Relevancia
Estructura de reposo.	9
Altura (1.1m aprox.)	3
Estructura regular.	8
Capacidad de reconocer residuos de volúmenes de hasta 15x15x40cm.	6
El clasificador debe soportar el peso de los residuos sólidos (1kg máx.)	5
Debe ser de un material que no dificulte el trabajo del sensado de los residuos sólidos.	1
Debe soportar las cargas del mecanismo.	2
Debe soportar condiciones del medio ambiente.	7
Se utilizará materiales accesibles para su adquisición.	4

Nota: La relevancia tiene un valor que va desde el 1 al 9, siendo 1 el requerimiento más relevante y 9 el menos relevante.

Además, en este apartado determinamos las medidas que se tendrán para el desarrollo del clasificador automático de residuos sólidos y se analiza el esfuerzo máximo que puede llegar a realizar el sistema.

- **Material de la Estructura**

El material de la estructura se determinó en base a los parámetros mencionados anteriormente, en la Tabla 18 se ve la comparativa de distintos materiales para el clasificador.

Tabla 18: Comparación entre materiales para la estructura

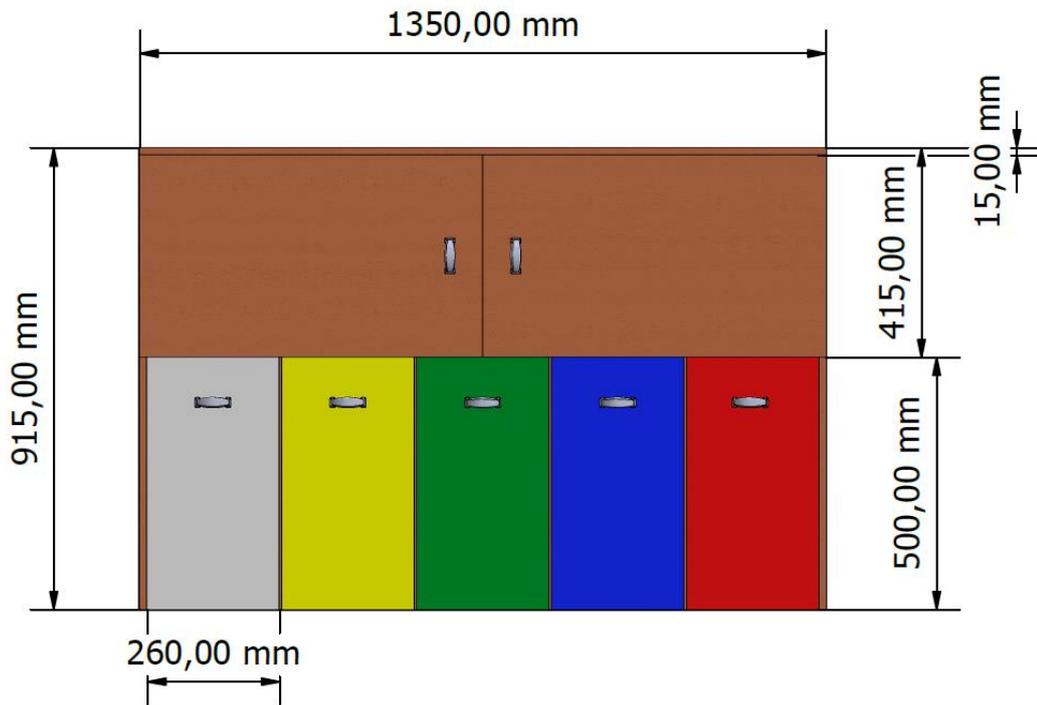
MATERIAL	Aluminio	Madera	Plástico
Material accesible para su adquisición	SI	SI	SI
Soporta las cargas del mecanismo	SI	SI	NO
Dificulta el trabajo del sensado	SI	NO	SI
Soporta condiciones del medio ambientes	SI	SI	NO
Sensor a Utilizar	X	✓	X

Nota: Datos de los distintos indicadores para evaluar los materiales para la estructura, elaboración propia.

- **Medidas de la Estructura**

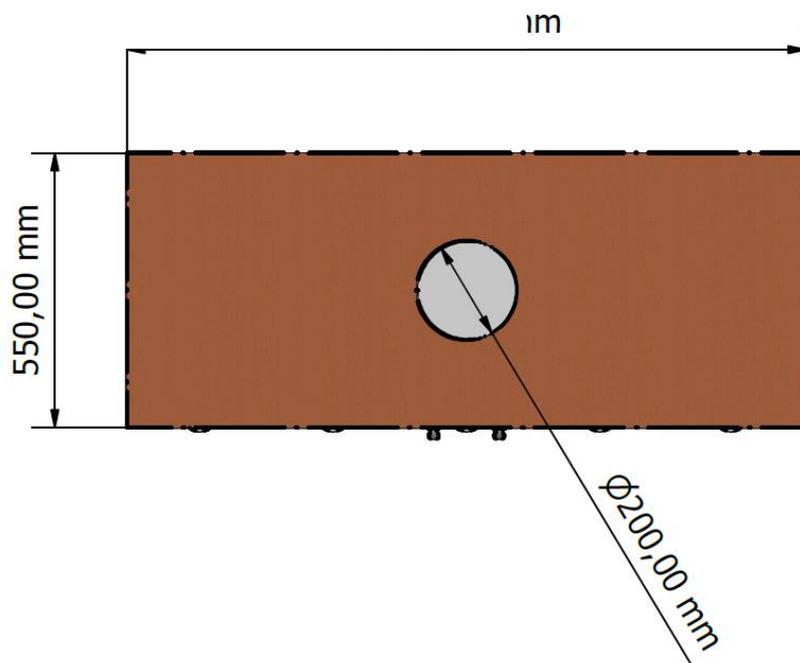
Para las medidas de la Estructura nos basamos en la Norma Técnica de Salud "Gestión y Manejo de Residuos Sólidos en Establecimientos de Salud y Servicios Médicos de Apoyo a nivel Nacional" donde nos menciona que los contenedores de residuos sólidos deben tener el tamaño en base a los residuos sólidos que se generan; por lo cual se optó por utilizar las medidas promedio de un contenedor de residuos sólidos en espacios públicos. A continuación, se observa la vista Frontal, Superior, Lateral e Isométrica de la Estructura, como también la vista de detalle de un punto importante, véase las Figuras 35, 36, 37, 38 y 39..

Figura 35: Vista Frontal de la Estructura



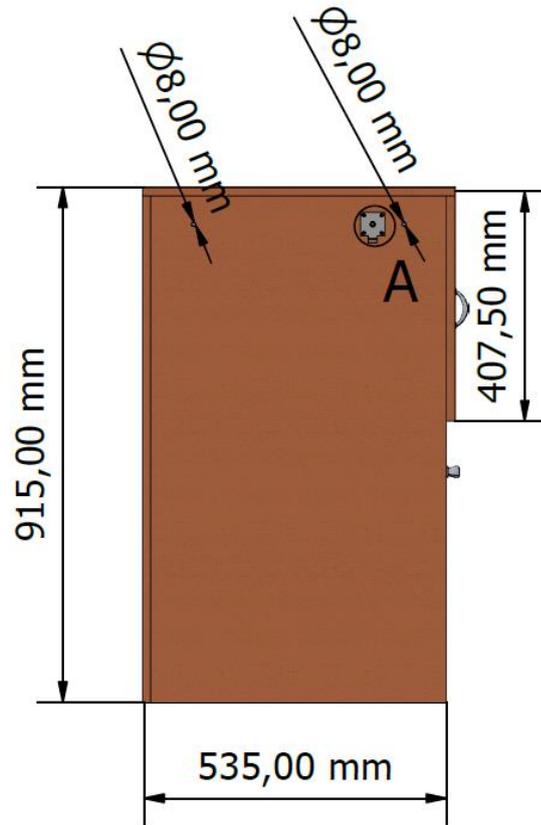
Fuente: Elaborado en el software de Inventor 2020

Figura 36: Vista Superior de la Estructura



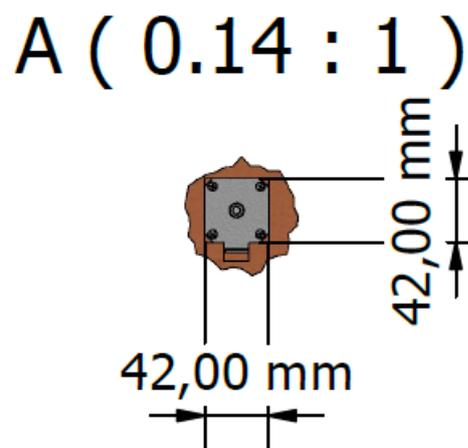
Fuente: Elaborado en el software de Inventor 2020

Figura 37: Vista Lateral de la Estructura



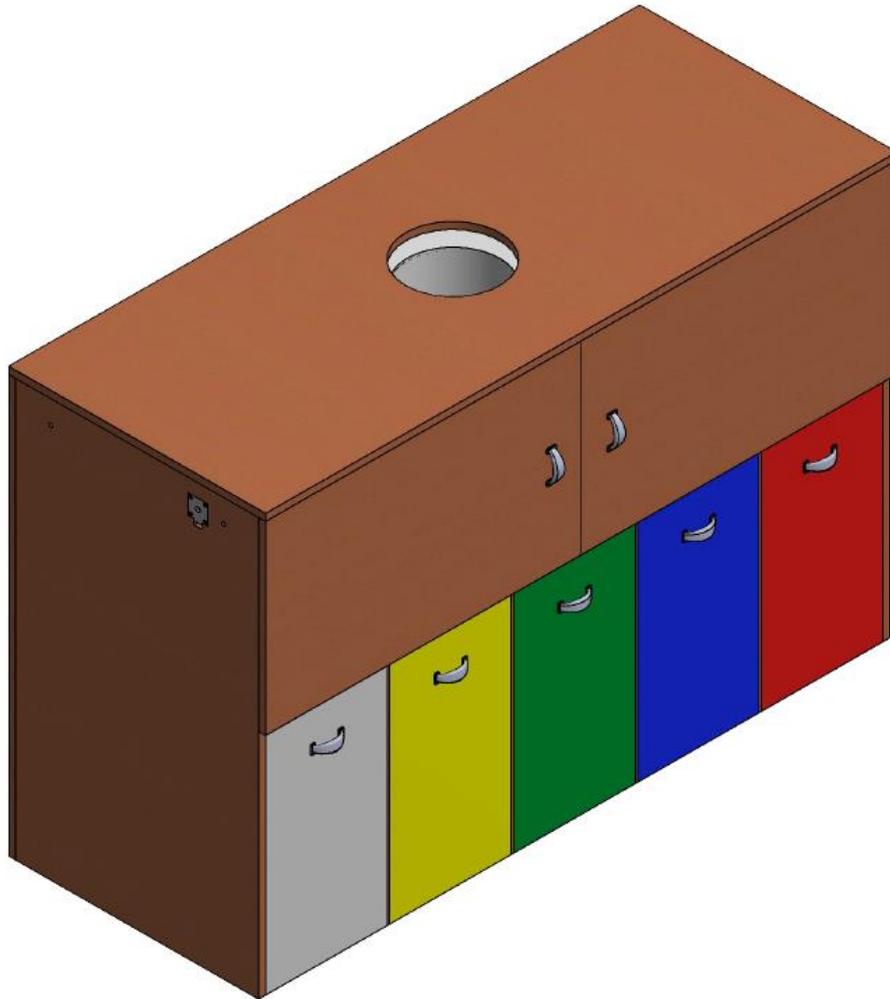
Fuente: Elaborado en el software de Inventor 2020

Figura 38: Vista de Detalle del Punto A



Fuente: Elaborado en el software de Inventor 2020

Figura 39: Vista Isométrica de la Estructura Raíz

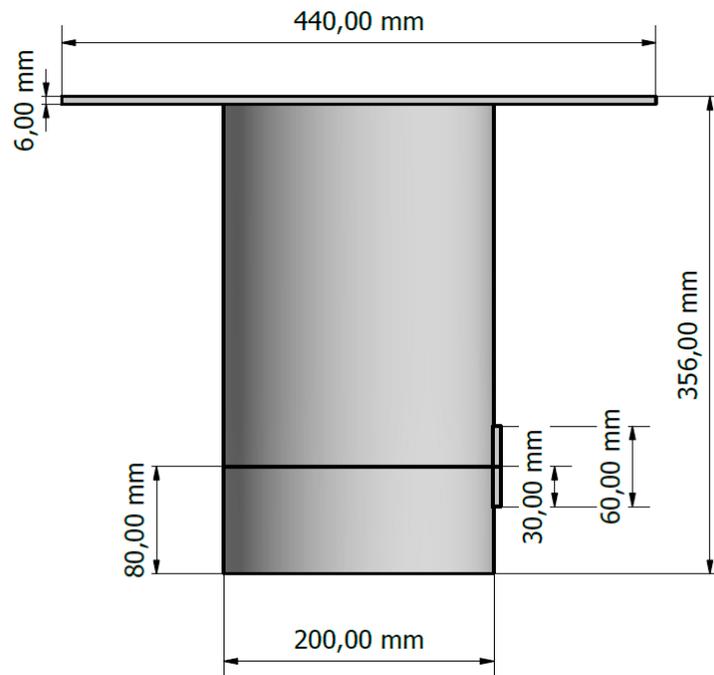


Fuente: Elaborado en el software de Inventor 2020

- **Medidas de la Cabina de Sensado**

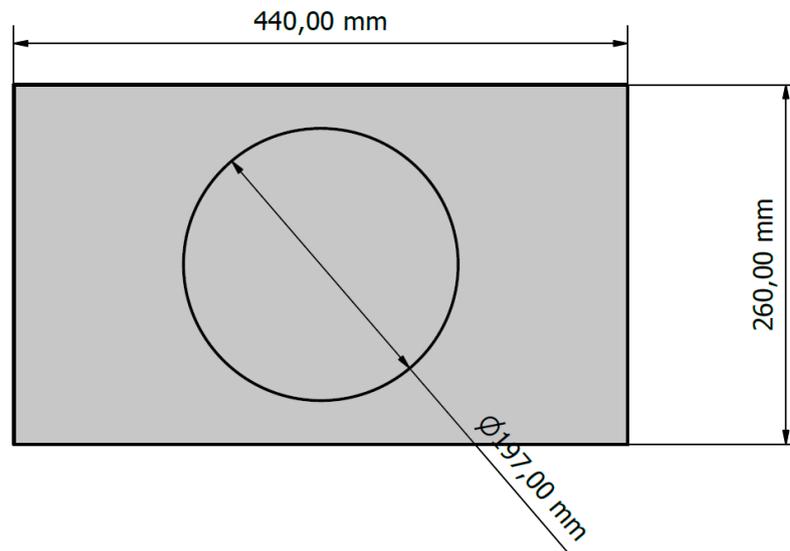
La cabina de sensado es la parte en donde se recibirán los residuos sólidos que desechen los usuarios; en esta cabina se realizará los distintos tipos de sensado para determinar si el residuo solido es un metal, plástico, papel, orgánico o vidrio. A continuación, se observa la vista Frontal y Superior de la Cabina de Sensado, véase las Figuras 40 y 41.

Figura 40: Vista Frontal de la Cabina de Sensado



Fuente: Elaborado en el software de Inventor 2020

Figura 41: Vista Superior de la Cabina de Sensado



Fuente: Elaborado en el software de Inventor 2020

En las figuras mostradas se observan las medidas de la cabina del sensado, dichas medidas se determinaron, en base a los residuos sólidos que se recibirá en el clasificador, para que así se pueda recibir todo tipo de residuo y este pueda ser sensado y clasificado sin ningún problema.

- **Análisis de Esfuerzo**

A continuación, se pasa a detallar los cálculos requeridos para determinar el esfuerzo máximo que va soportar el clasificador.

- Fuerza Máxima

$$F_{max} = (m_{residuo} + m_{cabina}) * g$$

$m_{residuo}$: Masa del residuo

m_{cabina} : Masa de la cabina de sensado

g : Aceleración de la gravedad

$$F_{max} = (1kg + 1,87kg) * 9,81 m/s^2$$

$$F_{max} = 28,1547 N$$

- Esfuerzo Máximo

$$\sigma_{max} = \frac{F_{max}}{A_t}$$

σ_{max} : Esfuerzo máximo

F_{max} : Fuerza máxima

A_t : Área transversal

$$\sigma_{max} = \frac{28,1547 N}{\frac{2 * (0,008m)^2}{4}}$$

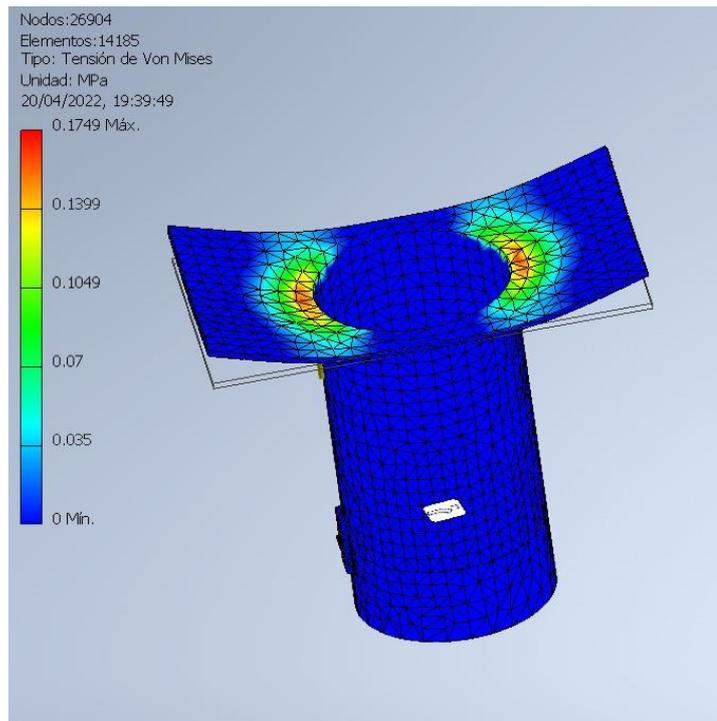
$$\sigma_{max} = 0,8798 MPa$$

Se puede observar en los cálculos, que el esfuerzo máximo que va a presentarse en el sistema va a ser de 0,8798 MPa, siendo en el hipotético caso que se introduzca un residuo de un 1 kg, tomando en cuenta que la gran mayoría de residuos sus pesos son inferiores a 600 gr.

- **Simulación del esfuerzo**

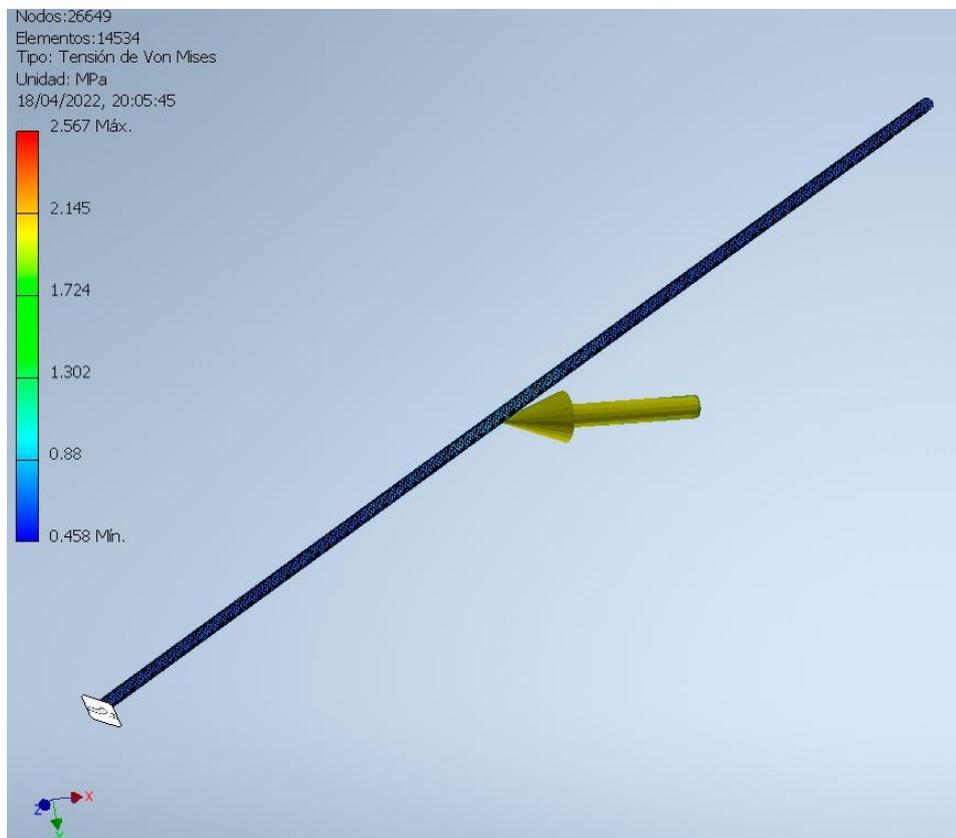
En las siguientes figuras se puede observar el esfuerzo máximo que tendrían la cabina de sensado y las varillas de acero inoxidable al recibir un peso máximo, Véase las Figuras 42 y 43.

Figura 42: Simulación del esfuerzo de la Cabina de Sensado



Fuente: Elaborado en el software de Inventor 2020

Figura 43: Simulación del esfuerzo de las Varillas de Acero Inoxidable



Fuente: Elaborado en el software de Inventor 2020

Como se puede observar en el análisis de esfuerzos de la figura 43 y 44, tanto en la cabina de sensado como las varillas de acero inoxidable, los esfuerzos que se llegan a presentar en estos, no llegan a ser críticos para el funcionamiento del sistema y la estructura. Siendo un esfuerzo máximo de 0,1749 MPa en una mínima sección de la parte superior de la cabina de sensado, lo cual está por debajo del esfuerzo máximo calculado que puede llegar a soportar la cabina, mientras que en las varillas de acero inoxidable el esfuerzo máximo que se presentan son de 0,458 MPa, igualmente dentro de los parámetros calculados.

4.4.4. Diseño de Control:

- **Arduino UNO R3**

El Arduino UNO R3 es una placa electrónica que tiene implementada el microcontrolador ATmega328, diseñado especialmente para el desarrollo de proyectos, este microcontrolador cuenta con 14 entradas digitales y con 6 entradas analógicas. Este Arduino puede soportar entradas de voltaje de 6 a 20v, llegando a operar con 5V, adicional se cuenta con una memoria flash de 32KB y una memoria EEPROM de 1KB, véase la figura 44.

Figura 44: Arduino Mega 2560 Mini Pro



Fuente: Recopilado de la página web de Arduino

- **Experimentación con Sensores**

Para poder identificar correctamente a que categoría pertenece cada residuo sólido sentido por el sistema de clasificación, se ponen a prueba los sensores junto con algunas muestras de diferentes tipos de residuos.

En cuanto a los sensores que se van a emplear en el sistema para la identificación están el sensor inductivo, el sensor capacitivo, el sensor de peso y el sensor óptico.

Sensor Inductivo

El sensor inductivo al ser un sensor de salida digital posee únicamente dos estados posibles. El primero donde detecto la presencia de un residuo y el otro donde no detecto ningún residuo. Para la prueba de este sensor se tomó en cuenta si este es capaz de detectar los distintos tipos de residuos, los resultados obtenidos se muestran a continuación en la Tabla 19.

Tabla 19: Resultado de sensado del sensor inductivo

TIPO DE RESIDUO	SALIDA
Orgánico	No detecta
Metal	Si detecta
Papel	No detecta
Vidrio	No detecta
Plástico	No detecta

Fuente: Elaboración Propia

Respecto a los resultados obtenidos en la prueba del sensor inductivo, se puede observar que:

- El sensor inductivo este solo llega a identificar los residuos metálicos.

Sensor Capacitivo

Al igual que el sensor inductivo, el sensor capacitivo también es de salida digital, así que al realizar la prueba si este sensor es capaz percibir la presencia de los tipos de material, se dieron los siguientes resultados que se pueden observar en la Tabla 20.

Tabla 20: Resultado de sensado del sensor capacitivo

TIPO DE RESIDUO	SALIDA
Orgánico	Si detecta
Metal	Si detecta
Papel	No detecta
Vidrio	Si detecta
Plástico	No detecta

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados obtenidos del sensor capacitivo se puede apreciar lo siguiente:

- El sensor capacitivo llega a identificar los indistintamente los residuos orgánicos, metálicos y de vidrios.

Sensor de Peso

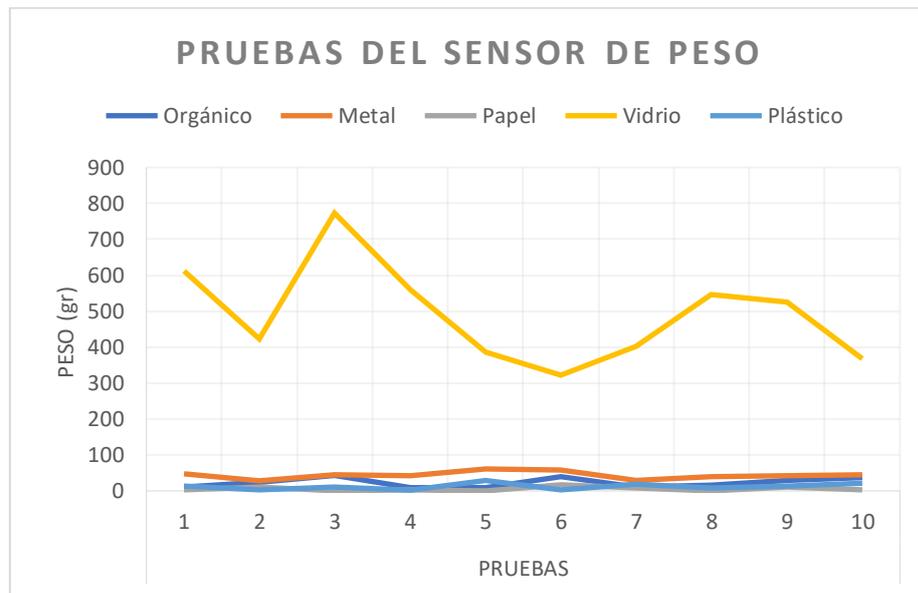
El sensor de peso es un sensor de salida analógica, es decir que su salida es un valor entre un intervalo, para ello la prueba que se realiza a este es sensor consiste en recopilar los valores de salida de 10 muestras de cada tipo de residuo. Los resultados se observan en la Tabla 21 y en la Figura 45.

Tabla 21: Pruebas del sensor de peso

TIPO DE RESIDUO	PRUEBAS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Orgánico	10	23	43	9	9	40	12	15	29	36
Metal	47	28	45	41	61	59	30	39	42	45
Papel	2	11	1	2	0	17	7	0	11	4
Vidrio	612	423	773	559	386	322	401	545	524	367
Plástico	14	3	10	2	29	3	19	8	13	21

Nota: los peso lecturados por el sensor están en gramos (gr). Elaboración propia.

Figura 45: Análisis de las pruebas del sensor de peso



Fuente: Elaborado en el software Microsoft Excel 2019

Como se puede apreciar en la figura 48, según los resultados del sensor de peso al sensar las muestras de los diferentes tipos de residuos, se puede concluir lo siguiente:

- Los residuos que se diferencian con facilidad mediante su peso son los vidrios, debido a su elevado peso respecto a los otros residuos.

Sensor Óptico

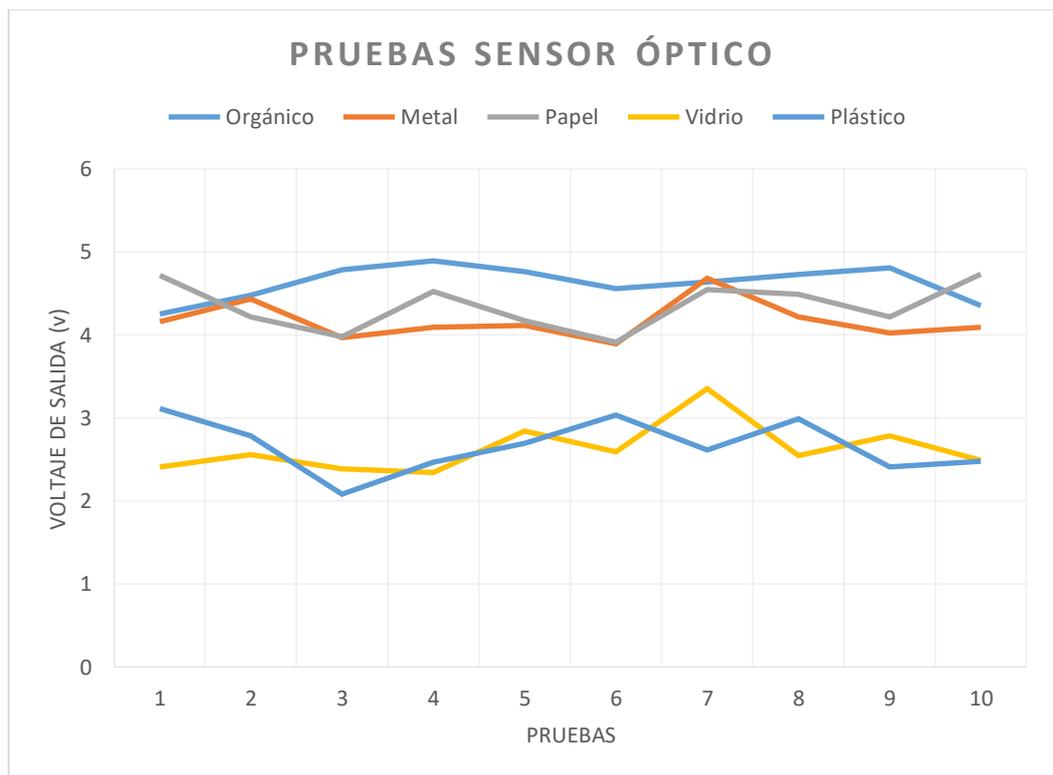
El sensor óptico es un sensor con la capacidad de sensar el nivel de reflectividad de los objetos que se colocan al frente de este, dando una salida analógica, para la prueba de este dispositivo se hará de similar forma que con el sensor de peso, tomando 10 muestras de cada tipo de residuo y registrando los valores obtenidos, como se muestra a continuación en la Tabla 22 y Figura 46.

Tabla 22: Pruebas del sensor de óptico

TIPO DE RESIDUO	PRUEBAS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Orgánico	4,25	4,48	4,78	4,89	4,76	4,55	4,64	4,73	4,81	4,35
Metal	4,16	4,43	3,96	4,09	4,11	3,89	4,68	4,21	4,02	4,09
Papel	4,72	4,21	3,98	4,52	4,17	3,91	4,54	4,49	4,21	4,73
Vidrio	2,41	2,56	2,39	2,34	2,84	2,59	3,35	2,54	2,78	2,49
Plástico	3,11	2,78	2,08	2,47	2,69	3,03	2,61	2,99	2,41	2,48

Nota: los valores registrados por la salida del sensor están en voltios (V). Elaboración propia.

Figura 46: Análisis de las pruebas del sensor de óptico



Fuente: Elaborado en el software Microsoft Excel 2019

Tomando en cuenta los resultados obtenidos en la pruebas del sensor óptico se puede llegar a evidenciar lo siguiente:

- El sensor óptico llega a diferenciar a los residuos en 2 grupos según su nivel de reflexión de estos.
- Con un nivel de reflexión inferior están los residuos plásticos y vidrios.
- Con un nivel de reflexión superior están los residuos orgánicos, papeles y metales.

- **Lógica de clasificación**

Teniendo en cuenta las pruebas individuales de cada sensor realizadas, se puede llegar a establecer una lógica para clasificar los distintos tipos de residuos sólidos, como se observa a continuación en la Tabla 23.

Tabla 23: Lógica de clasificación

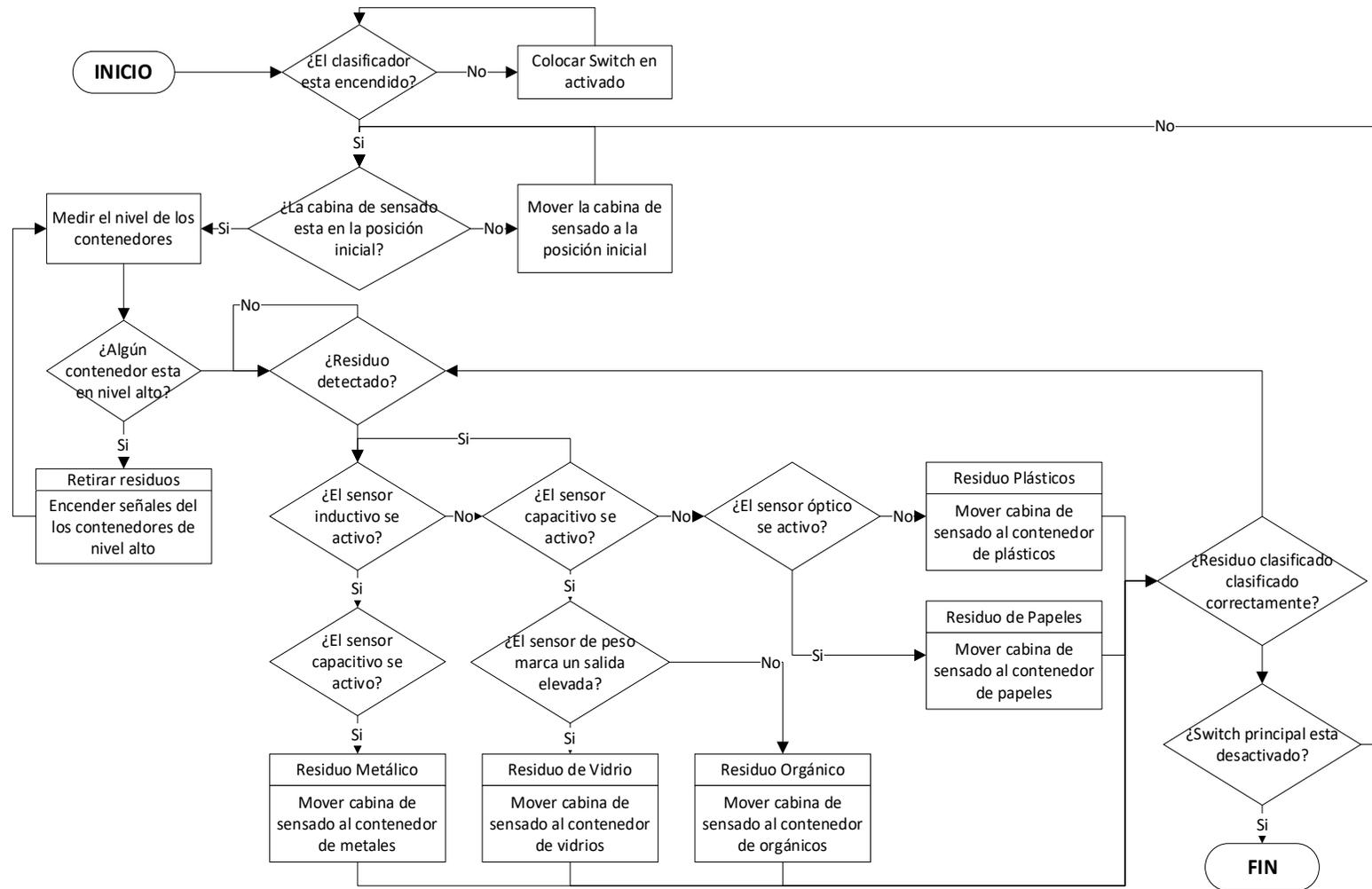
SENSORES	RESIDUOS SÓLIDOS				
	METALES	PAPELES	VIDRIOS	PLÁSTICOS	ÓRGANICOS
CAPACITIVO	✓	X	✓	X	✓
INDUCTIVO	✓	X	X	X	X
ÓPTICO	✓	✓	X	X	✓
PESO	X	X	✓	X	X

Fuente: Elaboración Propia

- **Pseudo-código**

Al tener seleccionado el microcontrolador que se va emplear, se procede a realizar el pseudo-código que tendrá la lógica para poder clasificar correctamente los residuos sólidos que ingresen al clasificador automático, esto mediante las señales recibidas por los sensores del sistema, para poder realizar una acción sobre los actuadores. A continuación, se presenta el diagrama de flujo del proceso elaborado en el software Visio. Véase las Figuras 47.

Figura 47: Diagrama de Flujo del Proceso de Clasificación



Fuente: Elaborado en el Software Microsoft Visio 2019

CAPÍTULO V: ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

5.1.Construcción

Tomando en cuenta el diseño realizado del sistema propuesto, el cual consta de 3 dominios o etapas. Siendo el primer dominio la parte mecánica, en la cual se conforma de la estructura, así como partes móviles y estáticas de esta, también del material, resistencia, etc. El segundo dominio es la parte electrónica, esta parte se encarga de transmitir la información de los sensores al microcontrolador y posteriormente a los actuadores del sistema. Y por último el dominio de control en la cual se programa el microcontrolador para determinar acciones en situaciones específicas basado en la lógica de control del sistema. A continuación, se realiza el desarrollo de cada dominio para corroborar limitaciones y especificaciones.

5.1.1. Parte Mecánica

La construcción de la parte mecánica se realizó en base al diseño realizado en el software Inventor; en las Figuras 48, 49, 50 y 51 se observa el proceso de construcción del clasificador automático; además en la Figura 52 se observa el desarrollo final del sistema de clasificación de residuos sólidos.

Figura 48: implementación de la Estructura del clasificador



Fuente: Elaboración Propia

Figura 49: Implementación del Motor de paso a paso



Fuente: Elaboración Propia

Figura 50: Implementación de los rodamientos



Fuente: Elaboración Propia

Figura 51: implementación de la Cabina de Sensado



Fuente: Elaboración Propia

Figura 52: Desarrollo Final del Clasificador automático

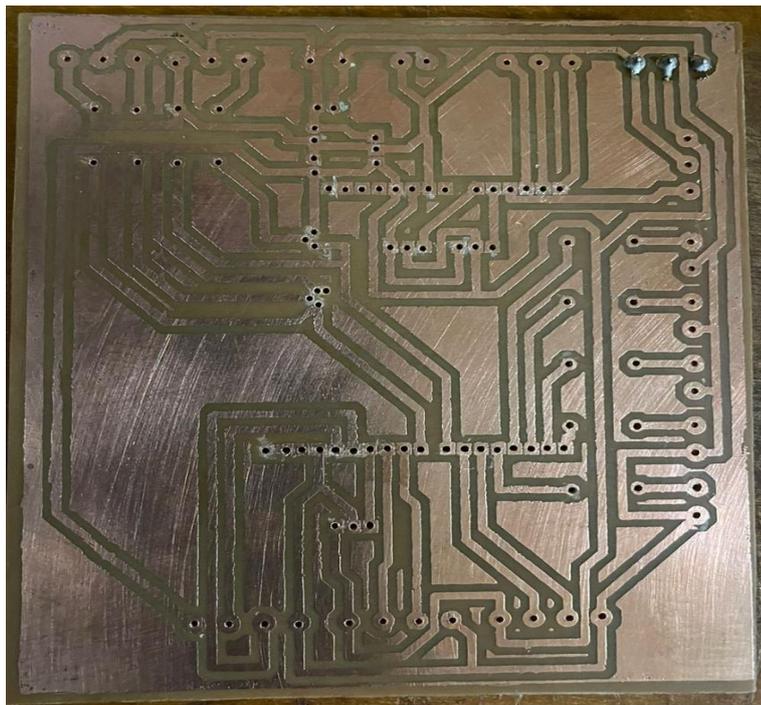


Fuente: Elaboración Propia

5.1.2. Parte Electrónica

En cuanto a la parte electrónica se emplea el diseño realizado en el software de Proteus Design Suite con la finalidad de grabarlo en una placa impresa, Véase la Figura 53.

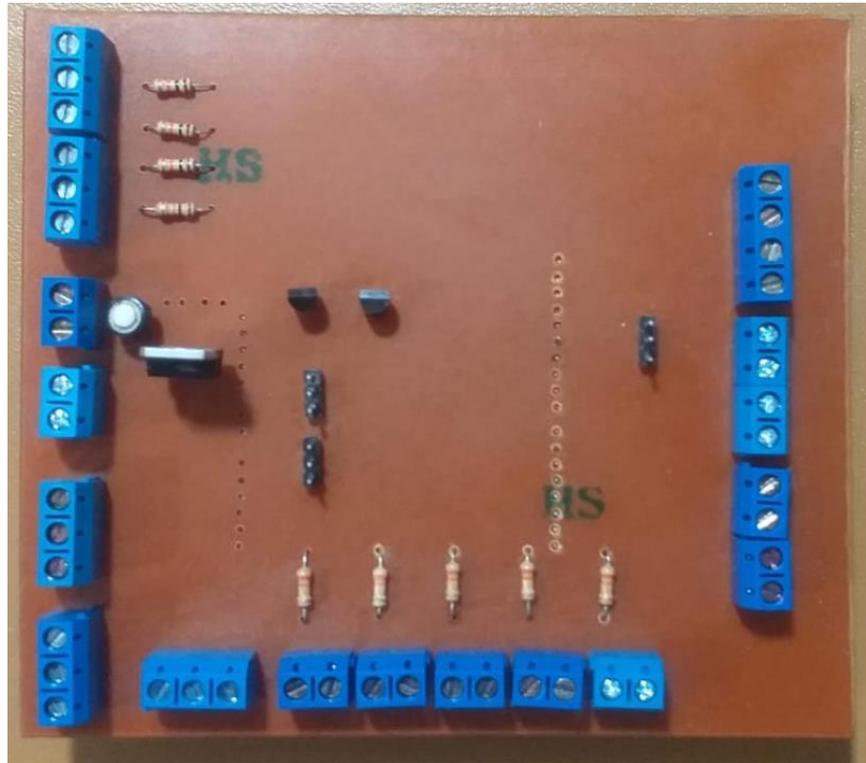
Figura 53: Placa impresa del clasificador, vista inferior



Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se observa la placa impresa ya grabada, a su vez se puede apreciar las perforaciones donde se colocan las terminales de los componentes electrónicos como sensores y actuadores, como se muestra en la figura 54.

Figura 54: Placa impresa con los componentes



Fuente: Elaboración Propia

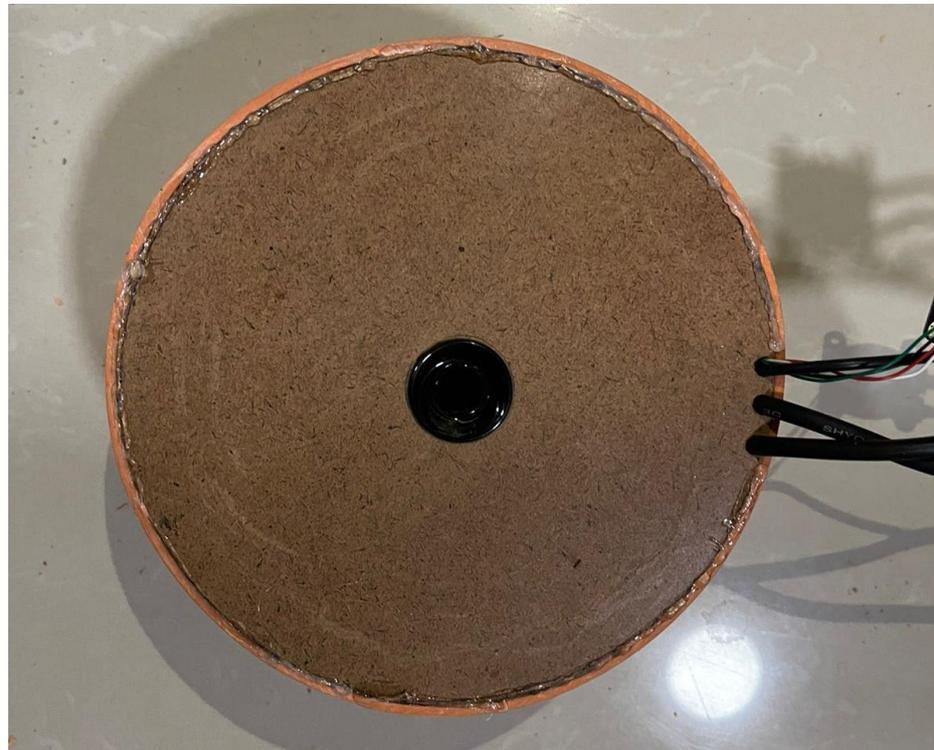
En cuanto a la cabina de sensado la cual es una de las secciones donde se encuentran la mayor parte de los sensores como lo son el sensor inductivo, capacitivo, de peso y ultrasónico, que son los encargados de identificar qué tipo de residuo se introdujo al sistema, se diseñó un elemento donde se puedan alojar estos componentes y poder enviar la información obtenida a la placa, véase la Figura 55 y 56.

Figura 55: Implementación de la Cabina de Sensado, vista superior



Fuente: Elaboración Propia

Figura 56: Implementación de la Cabina de Sensado, vista inferior



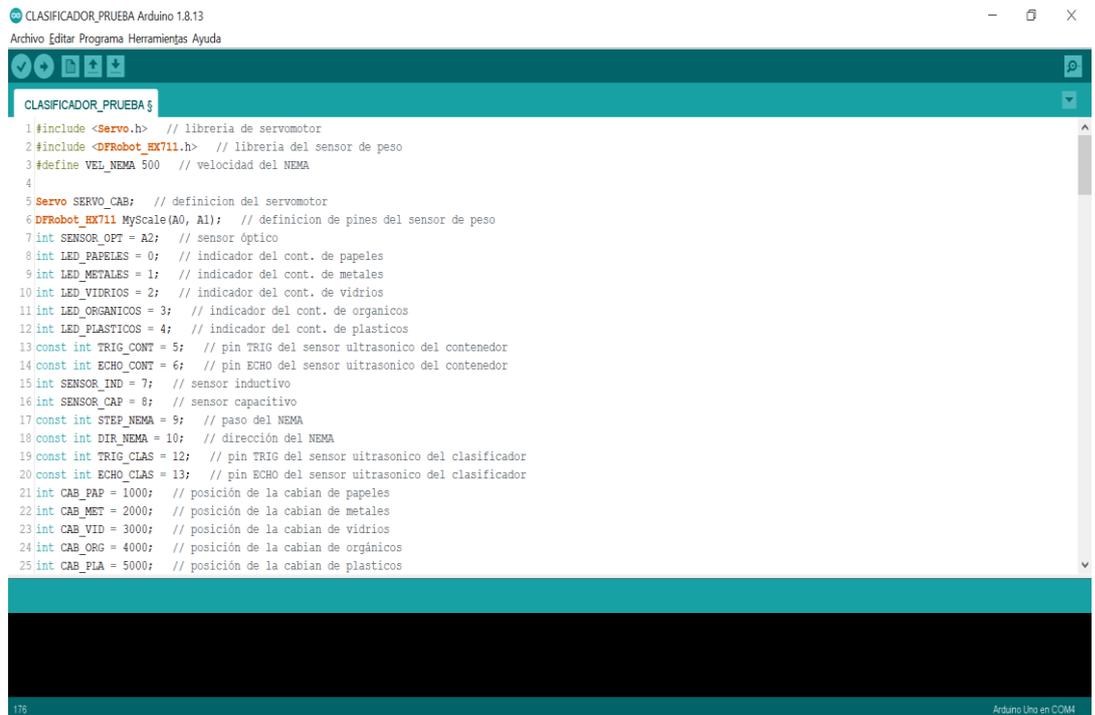
Fuente: Elaboración Propia

Asu vez, la cabina de sensado tiene que incorporarse a la sección donde se introduce el residuo sólido a clasificar, para ello se emplea el servomotor MG995, con la finalidad de hacer posible la apertura y cierre de la cabina de sensado una vez identificado el residuo.

5.1.3. Parte de Control

El sistema del clasificador automático, al contar con una parte control, también se hace necesario simular el procesamiento que este puede tener para ello se realiza la programación del microcontrolador que en este caso es el Arduino UNO R3, esto empleando la misma plataforma de Arduino. Véase la Figura 57.

Figura 57: Código de programación del Arduino

The image shows a screenshot of the Arduino IDE interface. The title bar reads "CLASIFICADOR_PRUEBA Arduino 1.8.13". The menu bar includes "Archivo", "Editar", "Programa", "Herramientas", and "Ayuda". The toolbar contains icons for saving, running, and other IDE functions. The main text area displays the following C++ code:

```
CLASIFICADOR_PRUEBA $
1 #include <Servo.h> // libreria de servomotor
2 #include <DFRobot_EX711.h> // libreria del sensor de peso
3 #define VEL_NEMA 500 // velocidad del NEMA
4
5 Servo SERVO_CAB; // definicion del servomotor
6 DFRobot_EX711 MyScale(A0, A1); // definicion de pines del sensor de peso
7 int SENSOR_OPT = A2; // sensor óptico
8 int LED_PAPELES = 0; // indicador del cont. de papeles
9 int LED_METALES = 1; // indicador del cont. de metales
10 int LED_VIDRIOS = 2; // indicador del cont. de vidrios
11 int LED_ORGANICOS = 3; // indicador del cont. de organicos
12 int LED_PLASTICOS = 4; // indicador del cont. de plasticos
13 const int TRIG_CONT = 5; // pin TRIG del sensor ultrasonico del contenedor
14 const int ECHO_CONT = 6; // pin ECHO del sensor ultrasonico del contenedor
15 int SENSOR_IND = 7; // sensor inductivo
16 int SENSOR_CAP = 8; // sensor capacitivo
17 const int STEP_NEMA = 9; // paso del NEMA
18 const int DIR_NEMA = 10; // dirección del NEMA
19 const int TRIG_CLAS = 12; // pin TRIG del sensor ultrasonico del clasificador
20 const int ECHO_CLAS = 13; // pin ECHO del sensor ultrasonico del clasificador
21 int CAB_PAP = 1000; // posición de la cabina de papeles
22 int CAB_MET = 2000; // posición de la cabina de metales
23 int CAB_VID = 3000; // posición de la cabina de vidrios
24 int CAB_ORG = 4000; // posición de la cabina de orgánicos
25 int CAB_PLA = 5000; // posición de la cabina de plasticos
```

The status bar at the bottom left shows "176" and the bottom right shows "Arduino Uno en COM4".

Fuente: Programado en la plataforma de Arduino.

El código de programación que se elabora en la plataforma de Arduino es cargado al mismo controlador y es el encargado de procesar la información captada de las entradas de los sensores, para posteriormente enviar información de una acción a los actuadores o también de dar información acerca del estado del sistema. Para poder cargarlo es necesario primero compilar el código, esto nos ayuda a identificar con

facilidad si existe algún error en la sintaxis del lenguaje de programación. Véase la Figura 58.

Figura 58: Compilación del código de programación antes de subir al Arduino



```
CLASIFICADOR_PRUEBA Arduino 1.8.13
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
CLASIFICADOR_PRUEBA
49
50 void loop() {
51   if(digitalRead(SENSOR_IND) == LOW) // identificar el estado del sensor inductivo
52   {
53     if(digitalRead(SENSOR_CAP) == LOW) // identificar el estado del sensor capacitivo
54     {
55       digitalWrite(DIR_NEMA,HIGH); // definir la dirección de movimiento del NEMA
56       for (int i = 0; i<CAB_MET; i++) // mover la cabina de sensado al contenedore de metales
57       {
58         digitalWrite(STEP_NEMA,HIGH); // accionar el NEMA
59         digitalWrite(STEP_NEMA,LOW); // detener el NEMA
60         delayMicroseconds(VEL_NEMA); // definir la velocidad del NEMA
61       }
62       delay(1000);
63       SERVO_CAB.write(90); // aperturar la cabina de sensado
64       delay(3000);
65       SERVO_CAB.write(0); // cerrar la cabina de sensado
66       delay(1500);
67       digitalWrite(DIR_NEMA,LOW); // definir la dirección de movimiento del NEMA
68       for (int i = 0; i<CAB_MET; i++) // redirigir la cabina de sensado a la posición inicial
69       {
70         digitalWrite(STEP_NEMA,LOW); // accionar el NEMA
71         digitalWrite(STEP_NEMA,HIGH); // detener el NEMA
72         delayMicroseconds(VEL_NEMA); // definir la velocidad del NEMA
73       }
74     }
75   }
76 }
```

Compilado

El Sketch usa 4292 bytes (13%) del espacio de almacenamiento de programa. El máximo es 32256 bytes.
Las variables Globales usan 235 bytes (11%) de la memoria dinámica, dejando 1813 bytes para las variables locales. El máximo es 2048 bytes.

72 Arduino Uno en COM4

Fuente: Programado en la plataforma de Arduino.

En la parte inferior de la plataforma de Arduino se puede llegar presentar la existencia de algún error si lo hubiera, en este caso al estar todo el código de programación correcto, no sale resaltado nada y solo presenta el uso de espacio de la memoria que empleara este.

5.1.4 Instrucciones para el uso del sistema

En esta sección se detalla la forma correcta de la instalación y uso del sistema.

- Conectar el sistema del clasificador al suministro de corriente eléctrica de 220V.
- Colocar el switch del sistema en la posición de encendido.
- Una vez inicializado el sistema, se puede introducir cualquier tipo de residuo sólido con un peso máximo de 1kg.

- Para una correcta selección del residuo, se debe depositar los residuos de forma individual.
- Entre el deposito de un residuo y otro, se recomienda un intervalo minimo de 5 segundos.
- En caso de que algun deposito de residuos esta a un 80% de su capacidad total, el sistema activa una alerta, que recomienda vaciar dicho contenedor.

5.2.Pruebas y Resultados

Se realizaron diversas pruebas para verificar el funcionamiento óptimo del clasificador automático.

5.2.1. Pruebas de la parte electrónica

Prueba de Componentes

Para un buen funcionamiento del clasificador automático se realizó pruebas a los distintos sensores y actuadores que se utilizaron para su implementación como se observa en la Tabla 24.

Tabla 24: Pruebas de Componentes

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA	RESULTADO ESPERADO	RESULTADO
Servomotor MG995	Mover la cabina de sensado y poder soportar la carga de esta.	El servomotor soporta la carga de la cabina y puede realizar el movimiento deseado.	Satisfactorio
Sensor Capacitivo	Medir el voltaje generado para comprobar el correcto envío de señal en cada estado lógico	El sensor capacitivo identifica de forma correcta los residuos y envía un voltaje correcto para cada estado lógico.	Satisfactorio
Sensor Inductivo	Medir el voltaje generado para comprobar el correcto envío de señal en cada estado lógico	El sensor inductivo identifica de forma correcta los residuos y envía un voltaje correcto para cada estado lógico.	Satisfactorio
Sensor Óptico TCRT5000	Medir los valores del sensor al aproximar diversos tipos de residuos.	Los valores registrados por el sensor son acordes a los residuos sensados.	Satisfactorio
Sensor de peso SEN0160	Realizar pruebas de pesaje de diferentes muestras de residuos sólidos y comprobarlos con una balanza digital.	Los valores de peso identificados por el sensor son iguales a los marcados por la balanza digital.	Satisfactorio
Motor paso a paso NEMA17	Verificar el sentido de giro del motor en ambas direcciones, así como su velocidad.	El motor paso a paso funciona perfectamente en ambas direcciones y la velocidad de giro es aceptable.	Satisfactorio
Sensor ultrasónico	Identificar la distancia de la cabina de sensado y el nivel del contenedor	El sensor es capaz de identificar con gran precisión en la distancia hasta el nivel del contenedor,	Satisfactorio

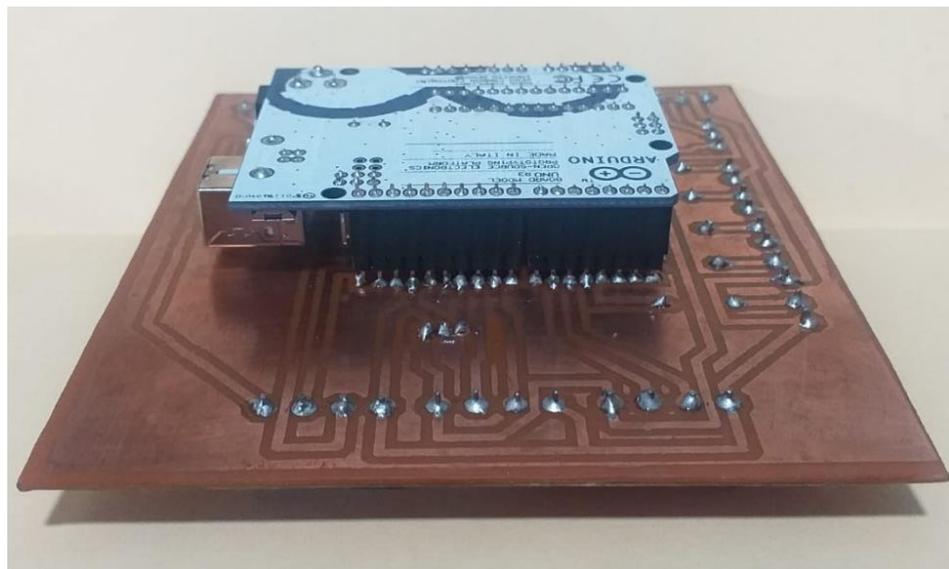
Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar en la Tabla 24, los componentes como el servomotor, motor paso a paso y los múltiples sensores empleados en el sistema, todos cumplieron satisfactoriamente los sus determinadas funciones, siendo posible el óptimo sensado de los residuos así como el mecanismo de clasificación y depósito de este mismo en el contenedor correspondiente.

Pruebas de Comunicación:

Teniendo la placa impresa grabada y con los componentes soldados a esta, se procede a acoplarlo a la placa de Arduino, esto mediante una hilera de espadines macho como se muestra en la Figura 59.

Figura 59: La placa de Arduino UNO R3 acoplado a la placa impresa del clasificador



Fuente: Elaboración Propia

La placa impresa posee terminales que facilitan la conexión de los sensores y accionadores del sistema, a su vez al tener acoplado la placa de Arduino, facilita la programación y la verificación del mismo; con ello se realizó las pruebas de comunicación entre el Arduino y los distintos componentes electrónicos usados en el sistema, como se observa en la Tabla 25.

Tabla 25: Pruebas de Comunicación

COMPONENTE ELECTRÓNICO	COMUNICACIÓN CON EL ARDUINO
Servomotor MG995	Comunicación Satisfactoria
Sensor Capacitivo	Comunicación Satisfactoria
Sensor Inductivo	Comunicación Satisfactoria
Sensor Óptico TCRT5000	Comunicación Satisfactoria
Sensor de peso SEN0160	Comunicación Satisfactoria
Motor paso a paso NEMA17	Comunicación Satisfactoria
Sensor ultrasónico	Comunicación Satisfactoria
Diodos Leds	Comunicación Satisfactoria

Fuente: Elaboración Propia

5.2.2. Pruebas de la parte mecánica

Para las pruebas de la parte mecánica se comprobó si se presentaba algún problema con los esfuerzos tanto de la cabina de sensado como de las varillas de acero inoxidable al recibir un residuo sólido con el peso máximo, como también se comprobó si los demás elementos de la parte mecánica presentaban algún problema al realizar el funcionamiento del clasificador automático, en la Tabla 26 se observa los resultados de estas pruebas

Tabla 26: Prueba de componentes mecánicos

ELEMENTO MECÁNICO	FUNCIONAMIENTO DEL CLASIFICADOR AUTOMÁTICO
Cabina de sensado	No presenta problemas
Varillas de acero inoxidable	No presenta problemas
Tornillo sin fin	No presenta problemas
Rodamientos	No presenta problemas
Estructura General	No presenta problemas
Contenedores de cada tipo de Residuo	No presenta problemas

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se muestra el sistema de clasificación de residuos sólidos, luego de las pruebas realizadas de la parte mecánica, Véase la Figura 60.

Figura 60: Pruebas con el Clasificador Automático

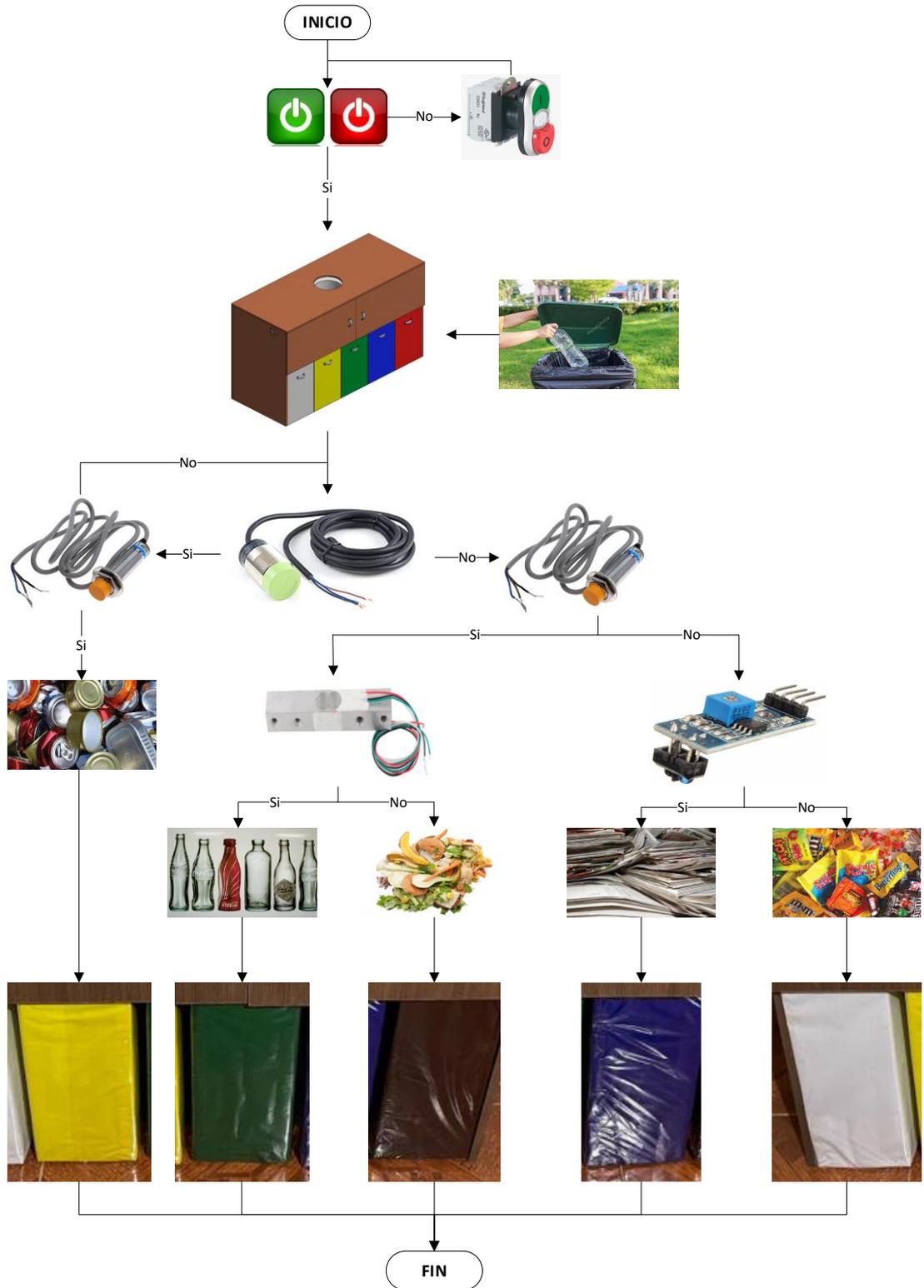


Fuente: Elaboración Propia

5.2.3. Pruebas de la parte de Control

Para la prueba de la parte de control se establece una comunicación entre la placa del arduino UNO y el monitor serial del software de arduino con la finalidad de cargar y ejecutar el código de programación, verificando la compilación del este mismo. A su vez, se pone a prueba la lógica de control que se emplea en la programación. A continuación en la Figura 61, se muestra la lógica de control.

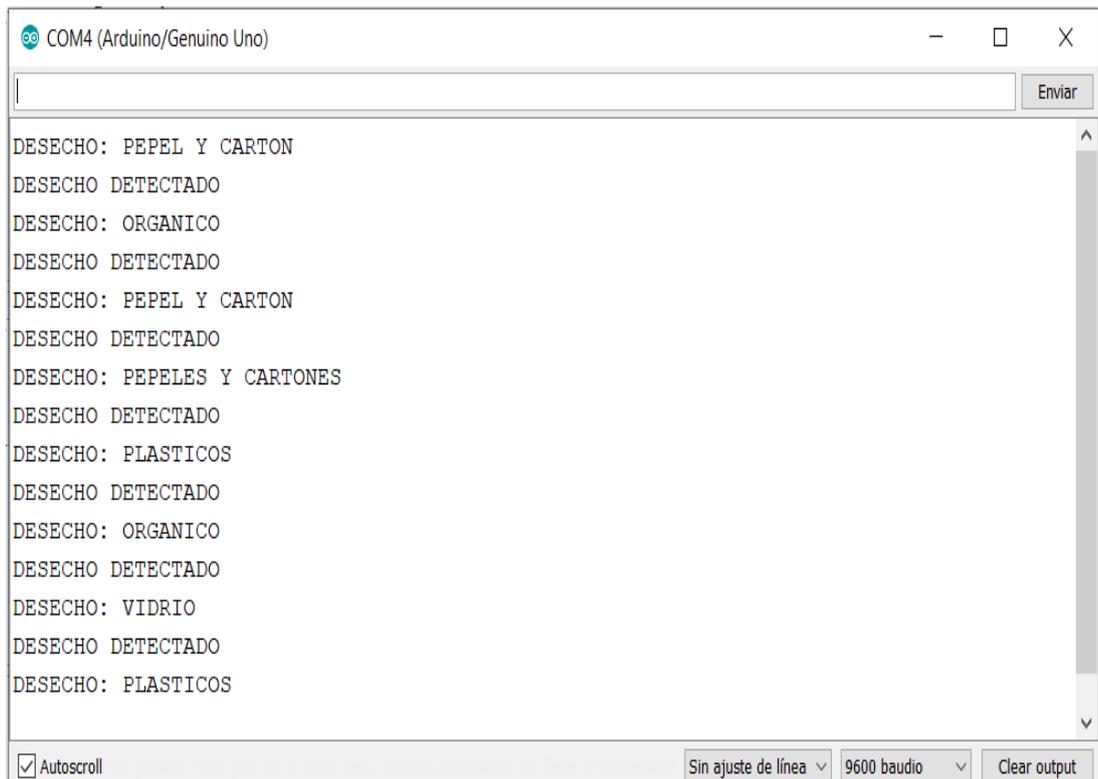
Figura 61: Lógica de control del clasificador automático



Fuente: Elaboración Propia

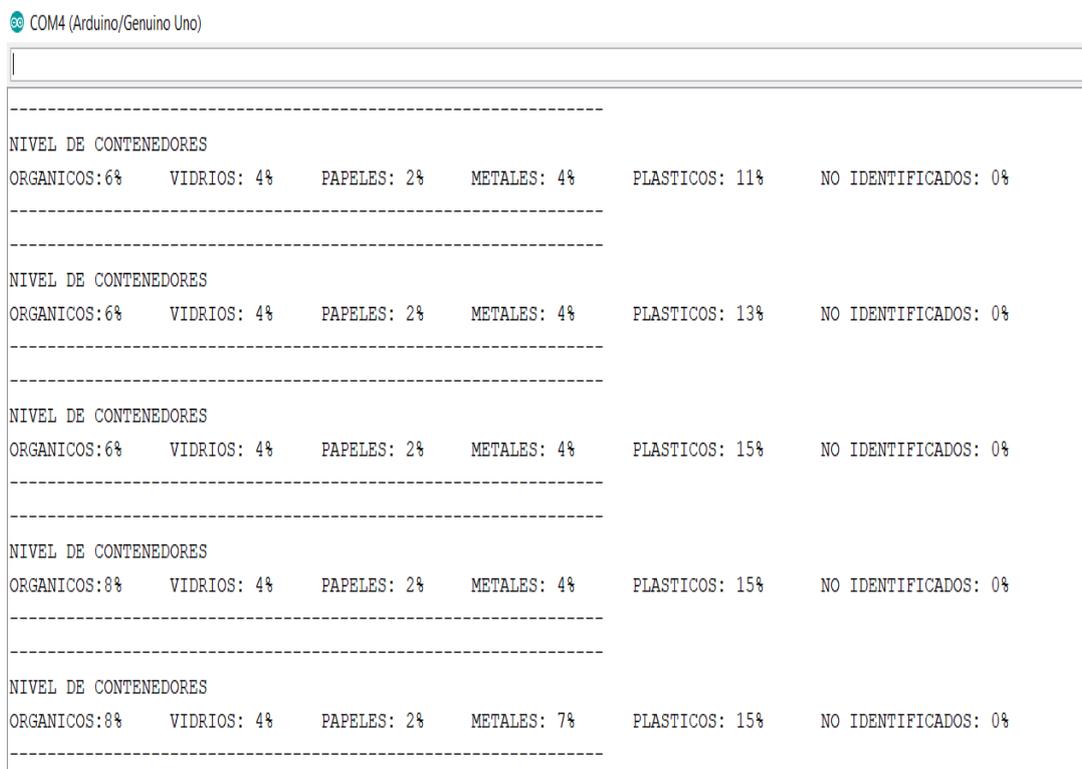
Con la finalidad de comprobar el correcto funcionamiento del código, se realiza una prueba de reconocimiento de residuos de distintos tipos, dando la lectura en el monitor serial del software de Arduino. Vease la Figura 62 y 63.

Figura 62: Prueba del código de programación



Fuente: Monitor serial del software de Arduino

Figura 63: Prueba del nivel de los contenedores



Fuente: Monitor serial del software de Arduino

Como se puede observar en la figura 65, al acercar un residuo a los sensores este es capaz de identificar a que clase pertenece y lo muestra en el monitor serial del software de Arduino. Mientras que en la figura 66, se muestra que luego de transportar los residuos identificados a su contenedor correspondiente, el sistema proporciona el porcentaje de nivel de cada contenedor.

5.2.4. Pruebas de Eficacia

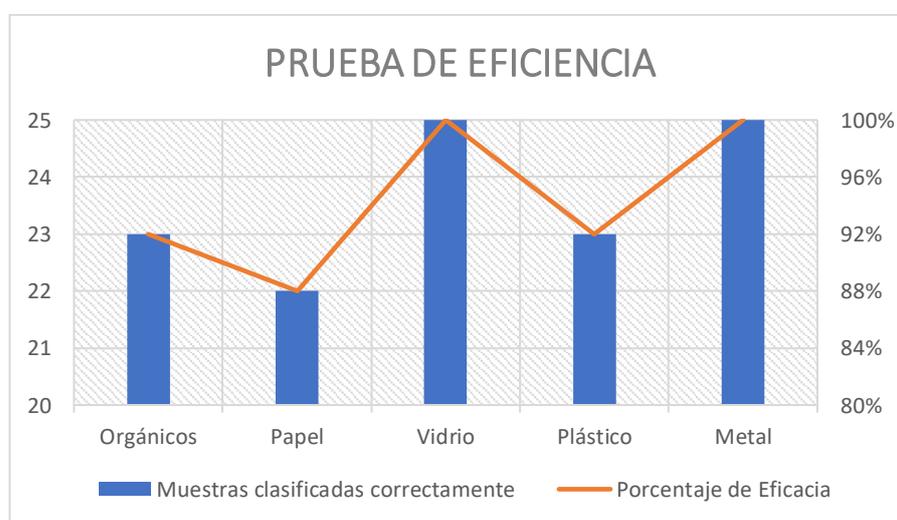
Para la prueba de eficiencia se eligió 25 muestras de cada tipo de residuo sólido, en la Tabla 27 se muestra el número de muestras seleccionadas correctamente de cada tipo de residuo y en la figura 64 podemos ver un gráfico de barras con los porcentajes de eficacia de cada tipo de residuo.

Tabla 27: Pruebas de Eficacia

TIPO DE RESIDUO SÓLIDO	MUESTRAS CLASIFICADAS CORRECTAMENTE	PORCENTAJE DE EFICACIA
Orgánicos	23	92%
Papel	22	88%
Vidrio	25	100%
Plástico	23	92%
Metal	25	100%
Total	118	94,4%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 64: Prueba de Eficacia



Fuente: Elaborado en Microsoft Excel 2019.

Observando las pruebas de eficiencia realizadas se muestra que el sistema tiene una precisión del 100% en clasificar correctamente los residuos de tipo metálicos y vidrios, 92% en los residuos de tipo orgánico y plásticos, finalmente para los residuos de papel es del 88%, teniendo así una precisión general del 94%, superando el porcentaje establecido inicialmente.

CONCLUSIONES

1. El diseño del clasificador de residuos sólidos automatizado cumplió lo establecido en los requerimientos. Por la parte mecánica, la estructura llegó a soportar sin problemas el esfuerzo máximo que se puede presentar al depositar un residuo, siendo capaz de soportar hasta 0,8798 MPa. Por la parte electrónica, se pudo llegar a implementar todos los sensores eficientemente sin que interfieran entre ellos, en paralelo optimizando el espacio de la cabina de sensado, siendo capaz el sistema de identificar el tipo de residuo, hasta con un 93% de precisión. Y por la parte de control, se pudo establecer una correcta comunicación entre el Arduino UNO, los sensores y actuadores, integrando de forma adecuada la lógica de control que permite la clasificación de cada residuo introducido al sistema.
2. Se llegó a optimizar el espacio requerido y tiempo de transporte de residuos sólidos desde la cabina de identificación hasta el contenedor correspondiente, debido a la clasificación mediante un movimiento lineal de la cabina de sensado controlado por un motor paso a paso.
3. Se optimizó el espacio en general del clasificador sin afectar el volumen que puede albergar cada contenedor de residuos, debido a la selección de la madera como material de la estructura, además llegando a disminuir el peso total del clasificador.
4. La implementación de un sensor ultrasónico como dispositivo de medición del nivel de residuos en los contenedores, resultó de gran utilidad, debido a que el clasificador cuenta con los contenedores recubiertos por la estructura, impidiendo la fácil visibilidad de la cantidad de residuos para su cambio al estar lleno.
5. La implementación en el código de programación de un comando para hibernación de todos los actuadores hasta recién detectar la presencia de un residuo logró una optimización de la batería.
6. Fue adecuado añadir componentes de protección como fusibles, interruptores térmicos y electromagnéticos, en la parte electrónica y eléctrica, con la finalidad de proteger el sistema ante alguna sobretensión.

7. El reajuste del tamaño de los contenedores con la finalidad de modificar el método de retiro de estos, facilitó tanto el ingreso como el retiro de los residuos.
8. El material de la estructura al ser de madera no afectó en la recolección de información por parte de los sensores.
9. Al emplear una placa que se acopla a la placa de Arduino UNO R3, da facilidad de mantenimiento y updates del sistema, así como la posibilidad de añadir más actuadores y sensores para optimizaciones futuras.

REFERENCIAS

1. **MINAM.** Ministerio del Ambiente. [En línea] 17 de Mayo de 2018.
<https://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/en-el-peru-solo-se-recicla-el-1-9-del-total-de-residuos-solidos-reaprovechables/>.
2. **Hugo David, Aguirre Castañeda.** El Peruano. [En línea] Editora Perú, 16 de Mayo de 2021. <https://elperuano.pe/noticia/120825-peruanos-generamos-21-mil-toneladas-diarias-debasura#:~:text=En%20el%20Perú%2C%20se%20genera,residuos%20por%20persona%20al%20día>
3. **Bonnot, Diego German y Villa, Enrique Nicolas.** *Planta de separación y clasificación de residuos sólidos urbanos.* Universidad Tecnológica Nacional, Concepción del Uruguay, Entre Ríos, Argentina : 2016.
4. **Nadeska Ilicha, Salazar de la Rosa.** *Manejo de Residuos Sólidos en las Empresas.* Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú : 2018.
5. **Olugboja, Adedeji, y Zenghui, Wang.** *Intelligent Waste Classification System Using Deep Learning Convolutional Neural Network.* Procedia Manufacturing, South Africa : 2019.
6. **Sonali, Dubey, y otros.** *Household Waste Management System Using IoT and Machine Learning.* IEC College of Engineering and Technology, Greater Noida, India : 2019.
7. **Sathish, Paulraj Gundupalli, Subrata, Hait y Atul, Thakur.** *A review on automated sorting of source-separated municipal solid waste for recycling.* Indian Institute of Technology Patna,, Patna, India : 2017.
8. —. *Multi-material classification of dry recyclables from municipal solid waste based on thermal imaging.* Indian Institute of Technology Patna, Patna, India : 2017.
9. **EL CONGRESO DE LA REPUBLICA.** *Ley General de Residuos Sólidos - Ley 27314.* Lima, Perú : Art. 14.- Definición de resduos Sólidos.

10. **KEYENCE.** Fundamentos del sensor. *¿Qué es un sensor de proximidad inductivos?* [En línea]
<https://www.keyence.com.mx/ss/products/sensor/sensorbasics/proximity/info/>.
11. **Diaz Colorado, Cristian Fabian y Caldas Vega, Jorge Armando.** *Sistema de Control Automatico para el Reconocimiento y Clasificación de Residuos Reciclables para un Punto Ecológico.* Universidad Católica de Colombia, Bogota : 2018.
12. **LUIS LLAMAS.** Detector de Gases con Arduino y la familia de Sensores MQ. [En línea] 21 de Octubre de 2016. <https://www.luisllamas.es/arduino-detector-gas-mq/>.
13. **BAUMER.** Sensores capacitivos. [En línea] 2022.
<https://www.baumer.com/nl/en/product-overview/object-detection/capacitive-sensors/c/283>.
14. **LION PRECISION.** Operación y Optimización de Sensores Capacitivos. [En línea] <https://www.lionprecision.com/es/how-capacitive-sensors-work-and-how-to-use-them-effectively/>.
15. **Garcia Moreno, Emilio.** *Automatización de Procesos Industriales.* Valencia, España : Universitat Politècnica de València, 1999.
16. **Dr. E-Marmolejo, Rubén.** HETPRO. *Microcontrolador – qué es y para que sirve.* [En línea] <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/microcontrolador/>.
17. **Bustos, Alvaro.** AUTOMATIZACIÓN DE LA MANUFACTURA. *Sistemas Automatizados.* [En línea] <http://manufacturabustos.blogspot.com/2008/09/sistemas-automatizados.html>.
18. **Significado Concepto.** Automatizacion. [En línea] <https://significadoconcepto.com/automatizacion/>.
19. **Bloque 1.** Prototipo. [En línea] 23 de marzo de 2018.
<http://infomatica1cbbc.blogspot.com/2018/03/>.
20. **Mayhuay Caceres, Abner.** SCRIBD. *Modelos Matematicos Segun Su Estructura.* [En línea] <https://es.scribd.com/document/408196635/Modelos-Matematicos-Segun-Su-Estructura>.

21. **Santucho, Walter.** Slideshare. *Trabajo de investigacion sobre temas como GPS, camaras de seguridad, camaras IP, escaner, sensor, NFC y monitor tactil.* [En línea] <https://fr.slideshare.net/RickHunterArg/tp-final-50617842?fbclid=IwAR29baVfPL-dI2kLn-7HjpUGuX2UGBCo5aYihDirKh5tFbvJhUXP2D0VjM0..>

22. **Buenas Tareas.** Presentación3. *CONTROL.* [En línea] 2015. <https://www.buenastareas.com/ensayos/Presentación3/80479576.html>.

23. **Sánchez Samaniego, Francisco Alejandro.** *Diseño y construcción de un robot para la inspección visual de tubería operado remotamente para la empresas FSB recubrimientos industriales.* Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, s.l., Ecuador : 2013.

ANEXOS

ANEXO A
MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título de la investigación:	DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO ENFOCADO EN EL RECONOCIMIENTO Y CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA UNA MEJOR GESTIÓN
Autor(es):	BELTRAN MONTERO, Jhamir QUINTANA MARTINEZ, Jhei

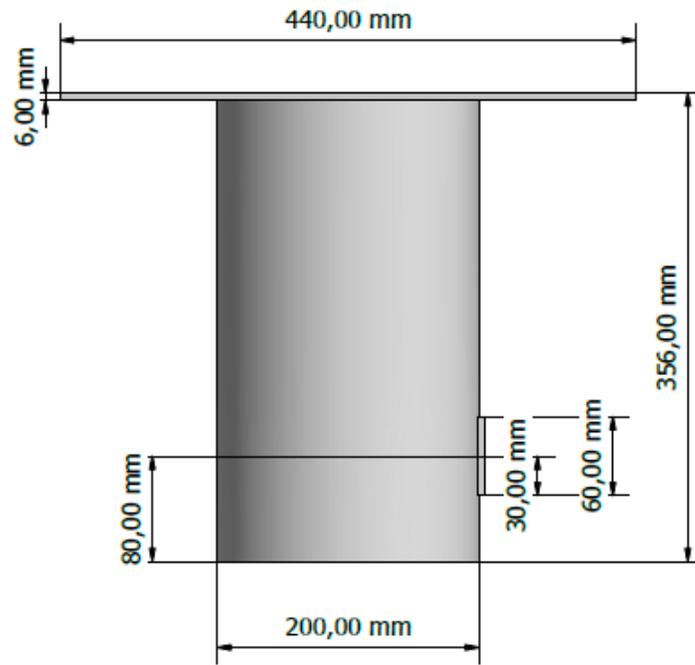
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general			
¿Cómo clasificar de forma automatizada los residuos sólidos para instituciones educativas superiores en la ciudad de Huancayo?	Determinar una forma de clasificar automáticamente los residuos sólidos para instituciones superiores en la ciudad de Huancayo.	Se determina que una forma óptima y adecuada de clasificar automáticamente los residuos sólidos para instituciones superiores en la ciudad de Huancayo, son mediante sistema de control y clasificación, el diseño del clasificador, materiales y sensores a utilizar para la construcción del mismo.	<p><i>Variable dependiente</i></p> Clasificador automatizado de residuos sólidos.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Modelo matemático. 2. Programación de microcontrolador. 3. Principios de clasificación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Enfoque: Cuantitativo • Tipo de investigación: Aplicada • Alcance: Explicativo • Diseño: Experimental
			<p><i>Variable independiente</i></p> Parámetros para el diseño y desarrollo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tipos de sensores. 2. Tipo de microcontrolador 3. Costos 4. Material de la estructura. 	
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variables intervinientes	Indicadores	Fuente de Información
¿Cómo desarrollar un sistema electrónico que permita la clasificación de residuos sólidos de una forma totalmente automatizada?	Diseñar sistema electrónico que permita la clasificación de residuos sólidos de una forma totalmente automatizada.	Se diseña un sistema electrónico a base de los sensores a utilizar tomando en cuenta las condiciones de funcionamiento de cada uno permitiendo la clasificación de residuos sólidos de una forma totalmente automatizada.	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo matemático. • Programación de microcontrolador. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensiones de estructura. • Geometría de la estructura. • Propiedades de los materiales. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. http://intranet.ceautomatica.es/old/actividades/jornadas/XXIV/documentos/ro/56.pdf 2. http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/8979
				<ul style="list-style-type: none"> • Correcta comunicación entre dispositivos. 	

				<ul style="list-style-type: none"> Nivel o cantidad de errores. Estados de entradas y salidas. 	<ol style="list-style-type: none"> https://ucu.edu.uy/sites/default/files/facultad/fce/rso/RSO_vol3_n1_completo.pdf#page=84 https://sci-hub.tw/https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.05.086 https://sci-hub.tw/https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.06.022 https://sci-hub.tw/https://doi.org/10.1016/j.coal.2020.103411 https://sci-hub.tw/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135478 https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=59830136008 https://pdf1.alldata-sheet.com/datasheet-pdf/view/313560/ATMEL/ATmega328P.html https://www.xilinx.com/support/docum
<p>¿Qué tipo de tecnología en sensores se usará para un buen reconocimiento de cada tipo de residuo sólido?</p>	<p>Definir el tipo de tecnología en sensores se usará para un buen reconocimiento de cada tipo de residuo sólido.</p>	<p>Se selecciona sensores de gas (MQ-2), sensores infrarrojos (TC-51), sensores ultrasónicos (HC-SR04), sensores inductivos (LJ12A3-4-Z/BX) y sensores capacitivos (LJC18A3-10-Z/BY) para un buen reconocimiento de cada tipo de residuo sólido.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Principios de clasificación. Tipos de sensores. 	<ul style="list-style-type: none"> Correcta clasificación de residuos basado en un modelo previamente aceptado. Condiciones adecuadas para cada residuo. Correcto manejo de cada tipo de residuo. 	
<p>¿Cuál será el diseño del sistema de control que permitirá la colocación de los residuos sólidos en su contenedor correspondiente?</p>	<p>Determinar el diseño del sistema de control que permitirá la colocación de los residuos sólidos en su contenedor correspondiente.</p>	<p>Se determina el diseño del sistema de control que permita la colocación de los residuos sólidos en su contenedor correspondiente a base de compuertas accionadas por servomotores.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Tipo de microcontrolador Costos 	<ul style="list-style-type: none"> Tiempo de respuesta del sensor. Precisión del sensor. Exactitud del sensor. Rangos de medida del sensor. 	
				<ul style="list-style-type: none"> Capacidad de RAM. Velocidad de procesador. Número de entradas y salidas funcionales disponible. Resistente a exposición de 	

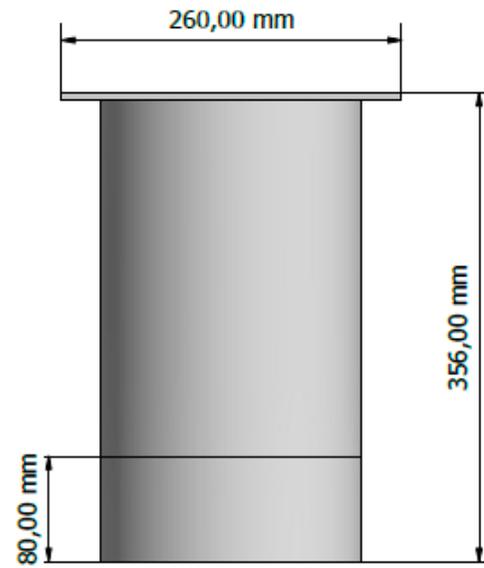
				condiciones ambientales.	entation/data_sheets/ds312.pdf
				<ul style="list-style-type: none"> • Costo de materia prima. • Costo de fabricación. • Costo de equipos. 	
¿Cuál sería el material adecuado para la estructura del clasificador de residuos?	Determinar el material adecuado para la estructura del clasificador de residuos.	Se determina como material adecuado para la estructura del clasificador de residuos el MDF.	<ul style="list-style-type: none"> • Material de la estructura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Límite de fuerza. • Densidad • Resistencia a la corrosión. • Resistencia térmica. 	

ANEXO B
PLANO MECÁNICOS

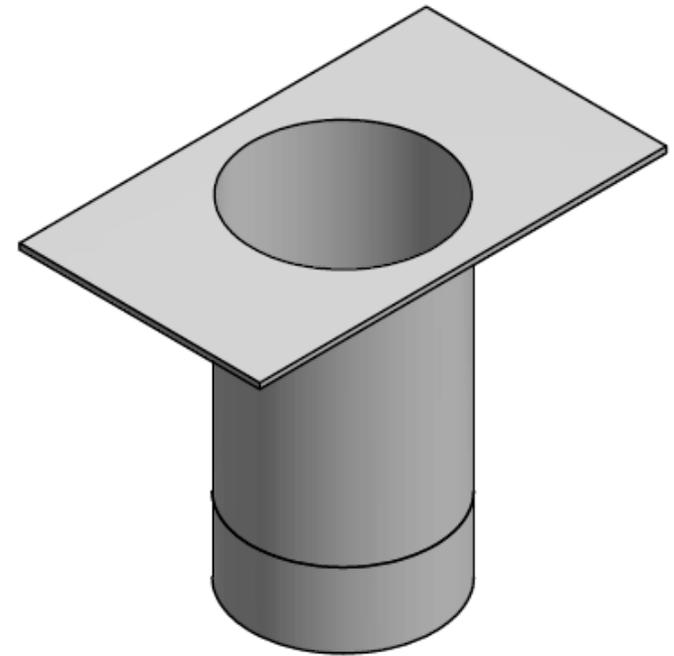
VISTA FRONTAL



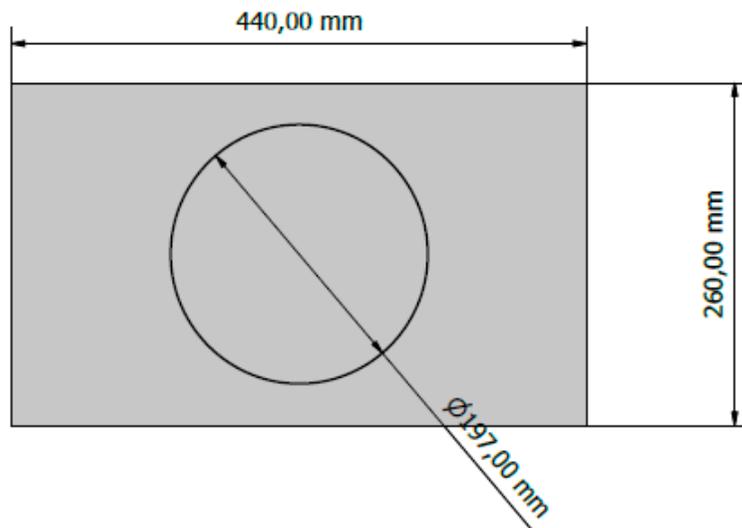
VISTA LATERAL



VISTA ISOMÉTRICA

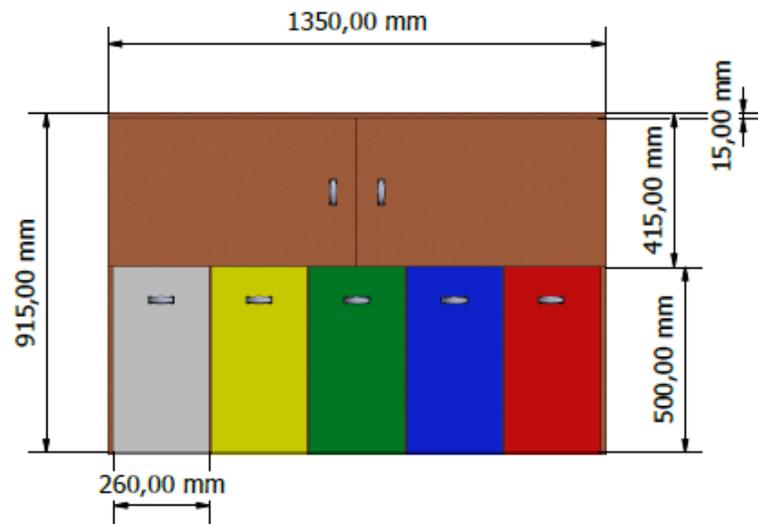


VISTA SUPERIOR

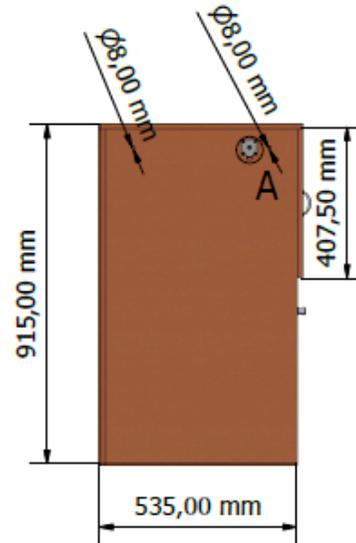


Diseño de	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha
J. QUINTANA	J. BELTRÁN	F. ZÁRATE		2/11/2021
UNIVERSIDAD CONTINENTAL			CLASIFICADOR AUTOMÁTICO	
			CABINA DE SENSADO	Edición 01
				Hoja 1 / 1

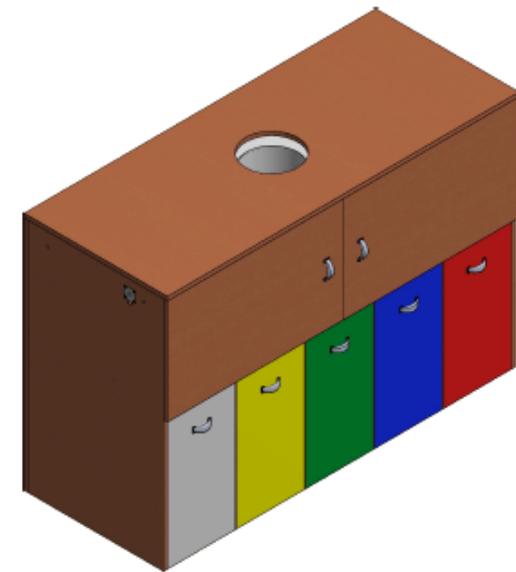
VISTA FRONTAL



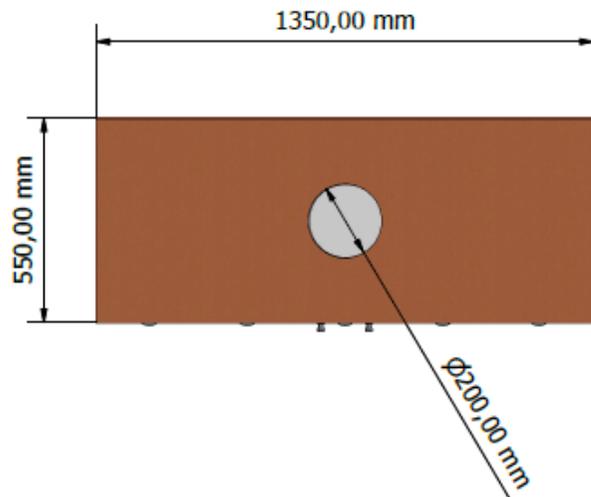
VISTA LATERAL



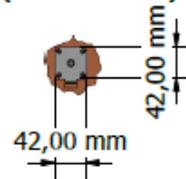
VISTA ISOMÉTRICA



VISTA SUPERIOR



A (0.14 : 1)



Diseño de J. QUINTANA	Revisado por J. BELTRÁN	Aprobado por ING. F. ZARATE	Fecha	Fecha 2/11/2021
UNIVERSIDAD CONTINENTAL			CLASIFICADOR AUTOMÁTICO	
			Edición 01	Hoja 1 / 1

ANEXO C
HOJA DE DATOS DE LOS DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS

Electric capacitive type proximity sensor

■ Features

- Sensing of iron, metal, plastic, water, stone, wood etc.
- Long life cycle and high reliability
- Integrated surge protection circuit
- Integrated reverse polarity protection circuit (DC type)
- Easy to adjust of the sensing distance with sensitivity adjuster
- Red LED status indication
- Easy to control of level and position

 Please read "Caution for your safety" in operation manual before using.



■ Type

○ DC 3-wire type

Appearances	Model
 M18	CR18-8DN
	CR18-8DP
	CR18-8DN2 ※
 M30	CR30-15DN
	CR30-15DP
	CR30-15DN2 ※

○ AC 2-wire type

Appearances	Model
 M18	CR18-8AO
	CR18-8AC
 M30	CR30-15AO
	CR30-15AC

▶ ※ mark can be customized.

■ Specifications

Model	CR18-8DN CR18-8DP CR18-8DN2	CR30-15DN CR30-15DP CR30-15DN2	CR18-8AO CR18-8AC	CR30-15AO CR30-15AC
Sensing distance	8mm		15mm	
Hysteresis	Max. 20% of sensing distance			
Standard sensing target	50 × 50 × 1mm (Iron)			
Setting distance	0 to 5.6mm	0 to 10.5mm	0 to 5.6mm	0 to 10.5mm
Power supply (Operating voltage)	12-24VDC (10-30VDC)		100-240VAC (85-264VAC)	
Current consumption	Max. 15mA			
Leakage consumption	—		Max. 2.2mA	
Response frequency (※1)	50Hz		20Hz	
Residual voltage	Max. 1.5V		Max. 20V	
Affection by Temp.	±10% Max. for sensing distance at 20°C within temperature range of -25 to 70°C			
Control output	Max. 200mA		Max. 5 to 200mA	
Insulation resistance	Min. 50MΩ (at 500VDC megger)			
Dielectric strength	1500VAC 50/60Hz for 1 minute			
Vibration	1mm amplitude at frequency of 10 to 55Hz in each of X, Y, Z directions for 2 hours			
Shock	500m/s ² (50G) in X, Y, Z direction for 3 times			
Indicator	Output operation indicator (Red LED)			
Ambient temperature	-25 to 70°C (at non-freezing status)			
Storage temperature	-30 to 80°C (at non-freezing status)			
Ambient humidity	35 to 95%RH			
Protection circuit	Surge protection circuit, Reverse polarity protection circuit		Overload & Short protection circuit	
Protection	IP66 (IEC standard)	IP65 (IEC standard)	IP66 (IEC standard)	IP65 (IEC standard)
Cable	φ4 × 3P, 2m		φ4 × 2P, 2m	
Material	CR18 Series ※ Case and nut : PA6, General cable (Black) : Polyvinyl chloride (PVC) CR30 Series ※ Case and nut : Nickel-plated brass, Washer : Nickel-plated steel, Sensing part : Heat-resistant ABS, General cable (Black) L. Polyvinyl chloride (PVC)			
Unit weight	Approx. 72g	Approx. 212g	Approx. 63g	Approx. 220g

※ (※1) The response frequency is the average value. The standard sensing target is used and the width is set as 2 times of the standard sensing target, 1/2 of the sensing distance for the distance.

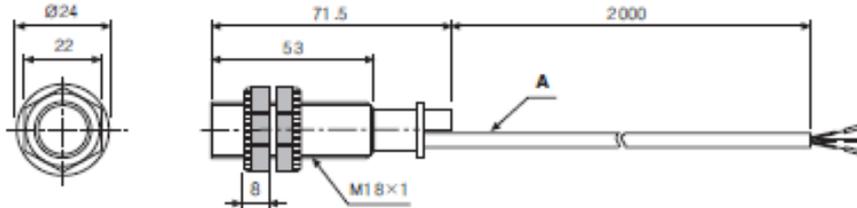
- (A) Photo electric sensor
- (B) Fiber optic sensor
- (C) Door/Area sensor
- (D) Proximity sensor**
- (E) Pressure sensor
- (F) Rotary encoder
- (G) Connector/Socket
- (H) Temp. controller
- (I) SS/Power controller
- (J) Counter
- (K) Timer
- (L) Panel meter
- (M) Tacho/Speed/Pulse meter
- (N) Display unit
- (O) Sensor controller
- (P) Switching power supply
- (Q) Signal processing & Driver & Controller
- (R) Graph of Logic panel
- (S) Field network devices
- (T) Production stoppage mode & replacement

CR Series

Dimensions

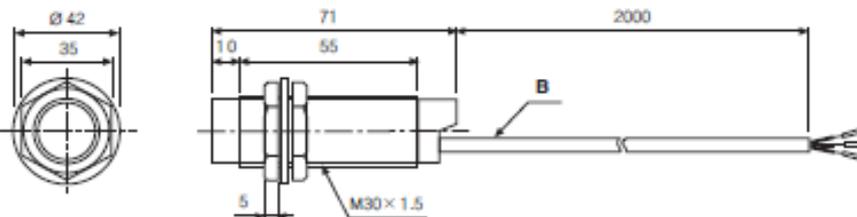
●CR18-8D□

●CR18-8A□



●CR30-15D□

●CR30-15A□



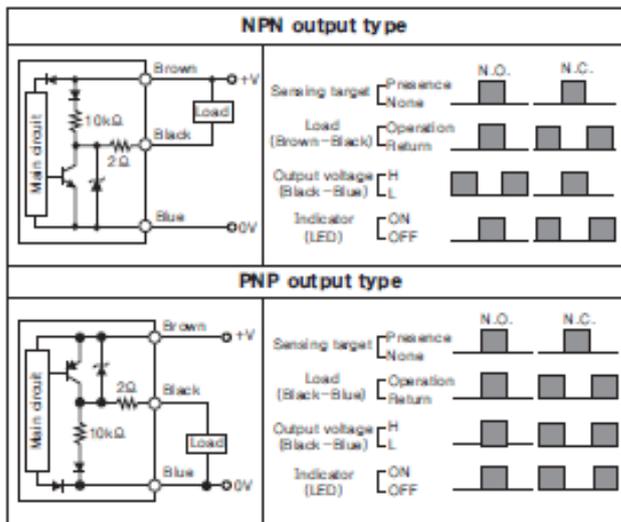
※*A* type : $\phi 4$, 2 cores / $\phi 4$, 3 cores (Conductor cross section: 0.3mm^2 , Insulator diameter: $\phi 1.25$)

※*B* type : $\phi 5$, 2 cores / $\phi 5$, 3 cores (Conductor cross section: 0.3mm^2 , Insulator diameter: $\phi 1.25$)

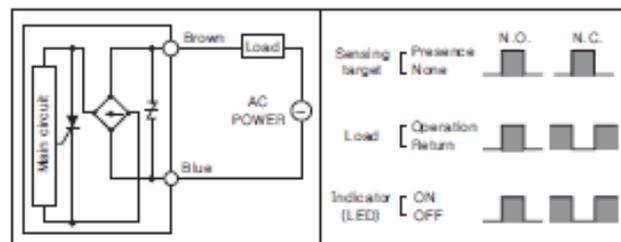
(Unit: mm)

Control output diagram

DC 3-wire type

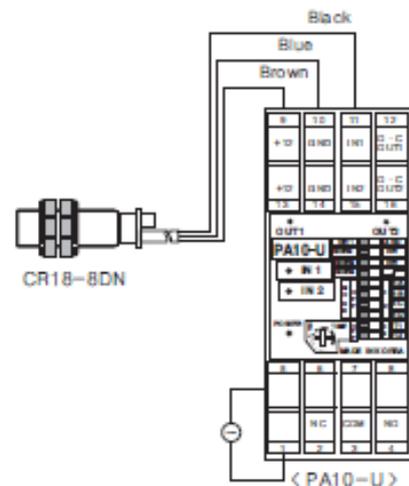


AC 2-wire type

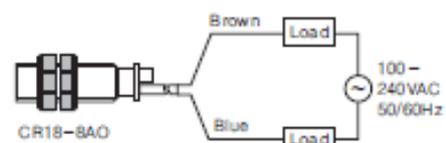


Connections

DC 3-wire type



AC 2-wire type



※The load can be connected to either wire.

PR Series

Cylindrical type proximity sensor

■ Features

- Improved the noise resistance with dedicated IC(DC 3-wire)
- Reverse power polarity, surge, overcurrent protection
(Except for PR08 Series.)
- Long life cycle and reliable simple operation
- Red LED status indication
- IP67 rated waterproof structure(IEC standard)
- Replacer for micro switches and limit switches



⚠ Please read "Caution for your safety" in operation manual before using.



■ Specifications

● DC 2-wire type

Model	PRT08-1.5DO PRT08-1.5DC	PRT08-2DO PRT08-2DC	PRT12-2DO PRT12-2DC	PRT12-4DO PRT12-4DC	PRT18-5DO PRT18-5DC	PRT18-8DO PRT18-8DC	PRT30-10DO PRT30-10DC	PRT30-15DO PRT30-15DC
Sensing distance	1.5mm ±10%	2mm ±10%	2mm ±10%	4mm ±10%	5mm ±10%	8mm ±10%	10mm ±10%	15mm ±10%
Hysteresis	Max. 10% of sensing distance							
Standard sensing target	8 × 8 × 1mm(Iron)		12 × 12 × 1mm(Iron)		18 × 18 × 1mm(Iron)	25 × 25 × 1mm(Iron)	30 × 30 × 1mm(Iron)	45 × 45 × 1mm(Iron)
Setting distance	0 ~ 1.05mm	0 ~ 1.4mm	0 ~ 1.4mm	0 ~ 2.8mm	0 ~ 3.5mm	0 ~ 5.6mm	0 ~ 7mm	0 ~ 10.5mm
Power supply (Operation voltage)	24VDC (15 ~ 30VDC)							
Leakage current	Max. 0.6mA							
Response frequency(※1)	1.5kHz	1kHz	1.5kHz	500Hz		350Hz	400Hz	200Hz
Residual voltage	Max. 7V							
Affection by Temp.	±10% Max. for sensing distance at +20°C within temperature range of -25 ~ +70°C							
Control output	2 ~ 100mA							
Insulation resistance	Min. 50MΩ (at 500VDC mega)							
Dielectric strength	1500VAC 50/60Hz for 1minute							
Vibration	1mm amplitude at frequency of 10 ~ 55Hz in each of X, Y, Z directions for 2 hours							
Shock	500m/s ² (50G) in X, Y, Z direction for 3 times							
Indicator	Operation indicator(Red LED)							
Ambient temperature	-25 ~ +70°C (at non-freezing status)							
Storage temperature	-30 ~ +80°C (at non-freezing status)							
Ambient humidity	35 ~ 95%RH							
Protection circuit	Surge, Overcurrent protection circuit							
Protection	IP67 (IEC standard)							
Cable spec.	φ 4 × 2P, 2m				φ 5 × 2P, 2m			
Approval	CE							
Unit weight	Approx.36g	Approx.36g	Approx.63g	Approx.63g	Approx.122g	Approx.122g	Approx.181g	Approx.181g

※(※1) The response frequency is the average value. The standard sensing target is used and the width is set as 2 times of the standard sensing target, 1/2 of the sensing distance for the distance.

Cylindrical Type Proximity Sensor

●DC 3-wire type

Model	PR08-1.5DN PR08-1.5DP PR08-1.5DN2 PR08-1.5DP2 PRL08-1.5DN PRL08-1.5DP PRL08-1.5DN2 PRL08-1.5DP2	PR08-2DN PR08-2DP PR08-2DN2 PR08-2DP2 PRL08-2DN PRL08-2DP PRL08-2DN2 PRL08-2DP2	PR12-2DN PR12-2DP PR12-2DN2 PR12-2DP2 PR12-2DN PR12-2DP PR12-2DN2 PR12-2DP2	PR12-4DN PR12-4DP PR12-4DN2 PR12-4DP2 PR12-4DN PR12-4DP PR12-4DN2 PR12-4DP2	PR18-5DN PR18-5DP PR18-5DN2 PR18-5DP2 PRL18-5DN PRL18-5DP PRL18-5DN2 PRL18-5DP2	PR18-8DN PR18-8DP PR18-8DN2 PR18-8DP2 PRL18-8DN PRL18-8DP PRL18-8DN2 PRL18-8DP2	PR30-10DN PR30-10DP PR30-10DN2 PR30-10DP2 PRL30-10DN PRL30-10DP PRL30-10DN2 PRL30-10DP2	PR30-15DN PR30-15DP PR30-15DN2 PR30-15DP2 PRL30-15DN PRL30-15DP PRL30-15DN2 PRL30-15DP2
Sensing distance	1.5mm ±10%	2mm ±10%	2mm ±10%	4mm ±10%	5mm ±10%	8mm ±10%	10mm ±10%	15mm ±10%
Hysteresis	Max. 10% of sensing distance							
Standard sensing target	8×8×1mm (Iron)		12×12×1mm (Iron)		18×18×1mm (Iron)	25×25×1mm (Iron)	30×30×1mm (Iron)	45×45×1mm (Iron)
Settling distance	0 - 1.05mm	0 - 1.4mm	0 - 1.4mm	0 - 2.8mm	0 - 3.5mm	0 - 5.6mm	0 - 7mm	0 - 10.5mm
Power supply (Operation voltage)	12-24VDC (10-30VDC)							
Leakage current	Max. 10mA							
Response frequency(*1)	1.5kHz	1kHz	1.5kHz	500Hz	350Hz	400Hz	200Hz	
Residual voltage	Max. 1.5V							
Affection by Temp.	±10% Max. for sensing distance at +20°C within temperature range of -25 - +70°C, PR08 Series: Max. ±20%							
Control output	200mA							
Insulation resistance	Min. 50MΩ (at 500VDC)							
Dielectric strength	1500VAC 50/60Hz for 1 minute							
Vibration	1mm amplitude at frequency of 10 - 55Hz in each of X, Y, Z directions for 2 hours							
Shock	500m/s ² (50G) in X, Y, Z direction for 3 times							
Indicator	Operation indicator (Red LED)							
Ambient temperature	-25 - +70°C (at non-freezing status)							
Storage temperature	-30 - +80°C (at non-freezing status)							
Ambient humidity	35 - 95%RH							
Protection circuit	Surge, Reverse power polarity, Overcurrent protection circuit							
Protection	IP67 (IEC standard)							
Cable spec.	φ4×3P, 2m				φ5×3P, 2m			
Approval	CE							
Unit weight	Approx. 36g	Approx. 36g	PR: Approx. 70g PRL: Approx. 68g	PR: Approx. 70g PRL: Approx. 68g	PR: Approx. 119g PRL: Approx. 150g	PR: Approx. 118g PRL: Approx. 150g	PR: Approx. 184g PRL: Approx. 222g	PR: Approx. 181g PRL: Approx. 227g

* (1) The response frequency is the average value. The standard sensing target is used and the width is set as 2 times of the standard sensing target, 1/2 of the sensing distance for the distance.

●AC 2-wire type

Model	PR12-2AO PR12-2AC	PR12-4AO PR12-4AC	PR18-5AO PR18-5AC PRL18-5AO PRL18-5AC	PR18-8AO PR18-8AC PRL18-8AO PRL18-8AC	PR30-10AO PR30-10AC PRL30-10AO PRL30-10AC	PR30-15AO PR30-15AC PRL30-15AO PRL30-15AC
Sensing distance	2mm ±10%	4mm ±10%	5mm ±10%	8mm ±10%	10mm ±10%	15mm ±10%
Hysteresis	Max. 10% of sensing distance					
Standard sensing target	12×12×1mm (Iron)		18×18×1mm (Iron)	25×25×1mm (Iron)	30×30×1mm (Iron)	45×45×1mm (Iron)
Settling distance	0 - 1.4mm	0 - 2.8mm	0 - 3.5mm	0 - 5.6mm	0 - 7mm	0 - 10.5mm
Power supply (Operation voltage)	100-240VAC (85-264VAC)					
Leakage current	Max. 2.5mA					
Response frequency(*1)	20Hz					
Residual voltage	Max. 10V					
Affection by Temp.	±10% Max. for sensing distance at +20°C within temperature range of -25 - +70°C					
Control output	5 - 150mA			5 - 200mA		
Insulation resistance	Min. 50MΩ (at 500VDC)					
Dielectric strength	2500VAC 50/60Hz for 1 minute					
Vibration	1mm amplitude at frequency of 10 - 55Hz in each of X, Y, Z directions for 2 hours					
Shock	500m/s ² (50G) in X, Y, Z direction for 3 times					
Indicator	Operation indicator (Red LED)					
Ambient temperature	-25 - +70°C (at non-freezing status)					
Storage temperature	-30 - +80°C (at non-freezing status)					
Ambient humidity	35 - 95%RH					
Protection circuit	Surge protection circuit					
Protection	IP67 (IEC standard)					
Cable spec.	φ4×2P, 2m			φ5×2P, 2m		
Approval	CE					
Unit weight	Approx. 66g	Approx. 66g	PR: Approx. 130g PRL: Approx. 150g	PR: Approx. 130g PRL: Approx. 150g	PR: Approx. 185g PRL: Approx. 224g	PR: Approx. 117g PRL: Approx. 222g

* (1) The response frequency is the average value. The standard sensing target is used and the width is set as 2 times of the standard sensing target, 1/2 of the sensing distance for the distance.

(A) Counter

(B) Timer

(C) Temp. controller

(D) Power controller

(E) Panel meter

(F) Tacho/Speed/Pulse meter

(G) Display unit

(H) Sensor controller

(I) Switching power supply

(J) Proximity sensor

(K) Photo electric sensor

(L) Pressure sensor

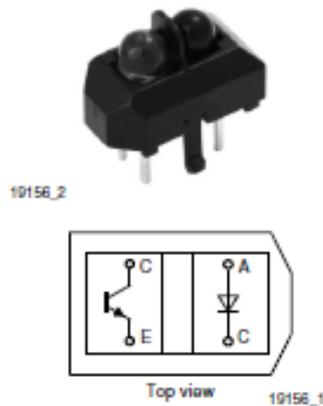
(M) Rotary encoder

(N) Stepping motor & Driver & Controller

(O) Graphic panel

(P) Production stoppage models & replacement

Reflective Optical Sensor with Transistor Output



FEATURES

- Package type: leaded
- Detector type: phototransistor
- Dimensions (L x W x H in mm): 10.2 x 5.8 x 7
- Peak operating distance: 2.5 mm
- Operating range within > 20 % relative collector current: 0.2 mm to 15 mm
- Typical output current under test: $I_C = 1$ mA
- Daylight blocking filter
- Emitter wavelength: 950 nm
- Lead (Pb)-free soldering released
- Compliant to RoHS directive 2002/95/EC and in accordance to WEEE 2002/96/EC


**RoHS
COMPLIANT**

DESCRIPTION

The TCRT5000 and TCRT5000L are reflective sensors which include an infrared emitter and phototransistor in a leaded package which blocks visible light. The package includes two mounting clips. TCRT5000L is the long lead version.

APPLICATIONS

- Position sensor for shaft encoder
- Detection of reflective material such as paper, IBM cards, magnetic tapes etc.
- Limit switch for mechanical motions in VCR
- General purpose - wherever the space is limited

PRODUCT SUMMARY				
PART NUMBER	DISTANCE FOR MAXIMUM CTR _{rel} ⁽¹⁾ (mm)	DISTANCE RANGE FOR RELATIVE I _{out} > 20 % (mm)	TYPICAL OUTPUT CURRENT UNDER TEST ⁽²⁾ (mA)	DAYLIGHT BLOCKING FILTER INTEGRATED
TCRT5000	2.5	0.2 to 15	1	Yes
TCRT5000L	2.5	0.2 to 15	1	Yes

Notes

⁽¹⁾ CTR: current transference ratio, I_{out}/I_{in}

⁽²⁾ Conditions like in table basic characteristics/sensors

ORDERING INFORMATION			
ORDERING CODE	PACKAGING	VOLUME ⁽¹⁾	REMARKS
TCRT5000	Tube	MOQ: 4500 pcs, 50 pcs/tube	3.5 mm lead length
TCRT5000L	Tube	MOQ: 2400 pcs, 48 pcs/tube	15 mm lead length

Note

⁽¹⁾ MOQ: minimum order quantity

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ⁽¹⁾				
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	VALUE	UNIT
INPUT (EMITTER)				
Reverse voltage		V_R	5	V
Forward current		I_F	60	mA
Forward surge current	$t_p \leq 10 \mu s$	I_{FSM}	3	A
Power dissipation	$T_{amb} \leq 25^\circ C$	P_V	100	mW
Junction temperature		T_J	100	$^\circ C$

TCRT5000, TCRT5000L



Vishay Semiconductors

Reflective Optical Sensor with Transistor Output

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ⁽¹⁾				
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	VALUE	UNIT
OUTPUT (DETECTOR)				
Collector emitter voltage		V_{CEO}	70	V
Emitter collector voltage		V_{ECO}	5	V
Collector current		I_C	100	mA
Power dissipation	$T_{amb} \leq 55\text{ }^\circ\text{C}$	P_V	100	mW
Junction temperature		T_J	100	$^\circ\text{C}$
SENSOR				
Total power dissipation	$T_{amb} \leq 25\text{ }^\circ\text{C}$	P_{tot}	200	mW
Ambient temperature range		T_{amb}	- 25 to + 85	$^\circ\text{C}$
Storage temperature range		T_{stg}	- 25 to + 100	$^\circ\text{C}$
Soldering temperature	2 mm from case, $t \leq 10\text{ s}$	T_{sd}	260	$^\circ\text{C}$

Note

⁽¹⁾ $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$, unless otherwise specified

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

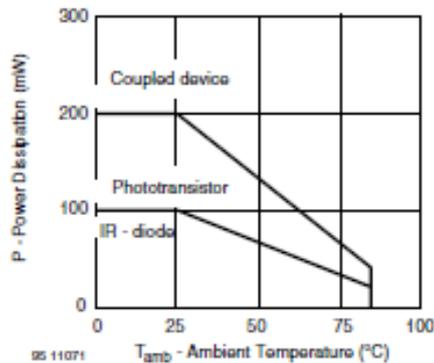


Fig. 1 - Power Dissipation Limit vs. Ambient Temperature

BASIC CHARACTERISTICS ⁽¹⁾						
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
INPUT (EMITTER)						
Forward voltage	$I_F = 60\text{ mA}$	V_F		1.25	1.5	V
Junction capacitance	$V_R = 0\text{ V}$, $f = 1\text{ MHz}$	C_j		17		pF
Radiant Intensity	$I_F = 60\text{ mA}$, $t_p = 20\text{ ms}$	I_o			21	mW/sr
Peak wavelength	$I_F = 100\text{ mA}$	λ_p	940			nm
Virtual source diameter	Method: 63 % encircled energy	d		2.1		mm
OUTPUT (DETECTOR)						
Collector emitter voltage	$I_C = 1\text{ mA}$	V_{CEO}	70			V
Emitter collector voltage	$I_o = 100\text{ }\mu\text{A}$	V_{ECO}	7			V
Collector dark current	$V_{CE} = 20\text{ V}$, $I_F = 0\text{ A}$, $E = 0\text{ lx}$	I_{CEO}		10	200	nA
SENSOR						
Collector current	$V_{CE} = 5\text{ V}$, $I_F = 10\text{ mA}$, $D = 12\text{ mm}$	I_C ⁽²⁾ ⁽³⁾	0.5	1	2.1	mA
Collector emitter saturation voltage	$I_F = 10\text{ mA}$, $I_C = 0.1\text{ mA}$, $D = 12\text{ mm}$	V_{CEsat} ⁽²⁾ ⁽³⁾			0.4	V

Note

⁽¹⁾ $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$, unless otherwise specified

⁽²⁾ See figure 3

⁽³⁾ Test surface: mirror (Mfr. Spindler a. Hoyer, Part No. 340005)

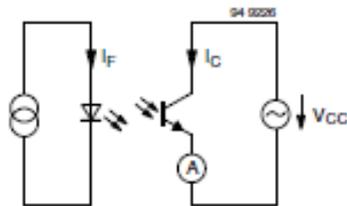


Fig. 2 - Test Circuit

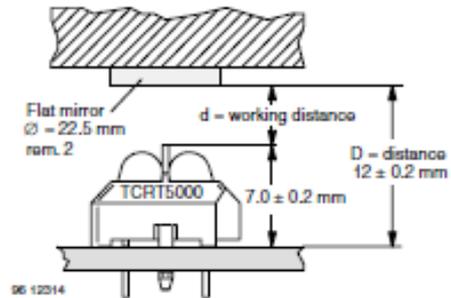


Fig. 3 - Test Circuit

BASIC CHARACTERISTICS

$T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, unless otherwise specified

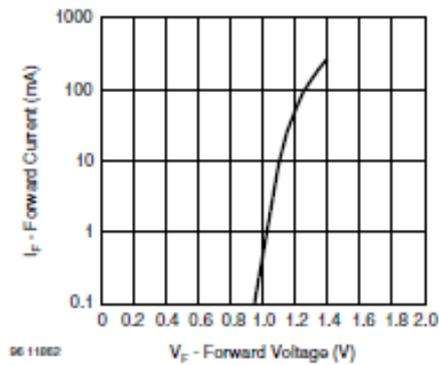


Fig. 4 - Forward Current vs. Forward Voltage

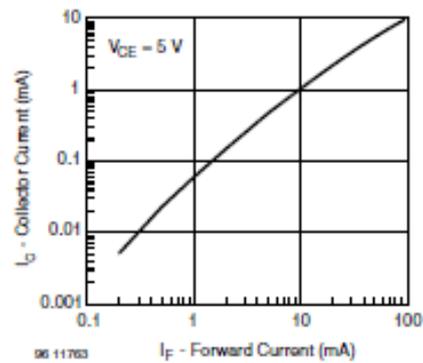


Fig. 6 - Collector Current vs. Forward Current

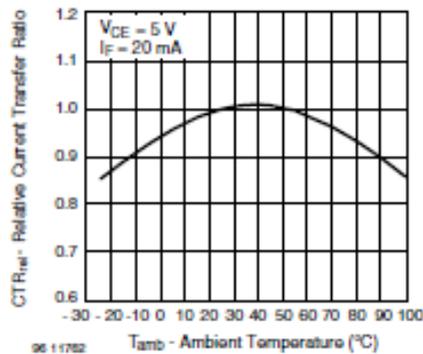


Fig. 5 - Relative Current Transfer Ratio vs. Ambient Temperature

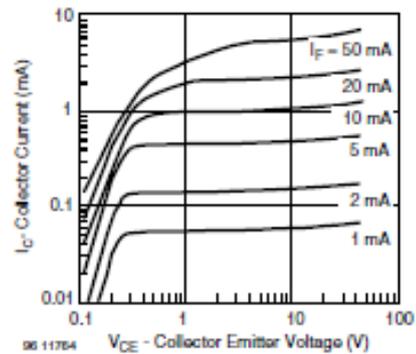


Fig. 7 - Collector Emitter Saturation Voltage vs. Collector Current

TCRT5000, TCRT5000L



Vishay Semiconductors

Reflective Optical Sensor with Transistor Output

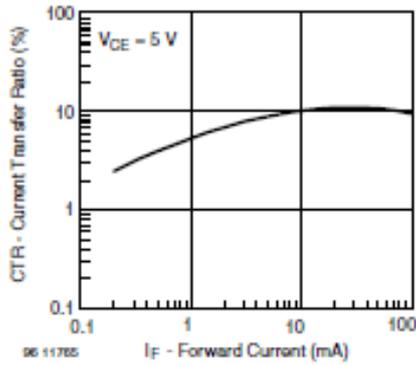


Fig. 8 - Current Transfer Ratio vs. Forward Current

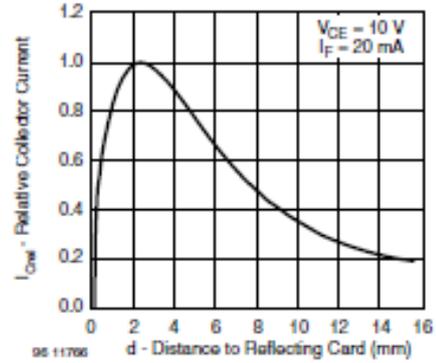
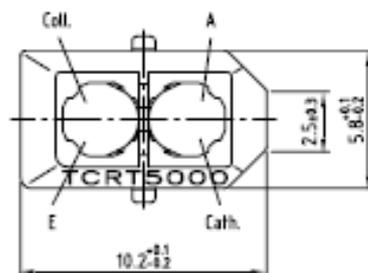
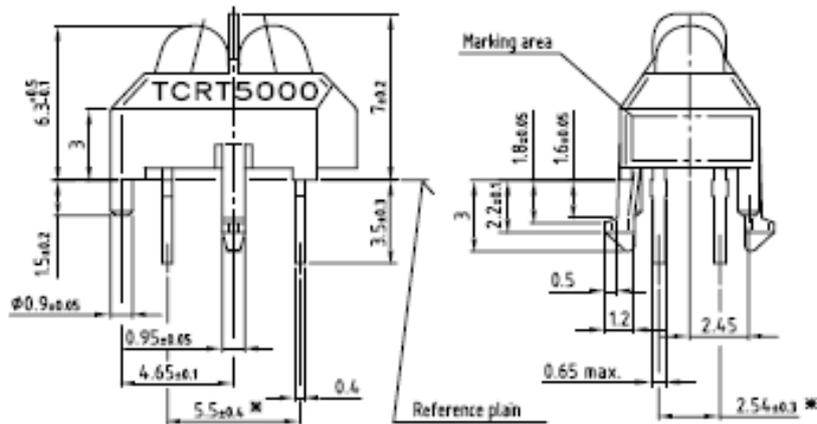


Fig. 9 - Relative Collector Current vs. Distance

PACKAGE DIMENSIONS in millimeters, TCRT5000

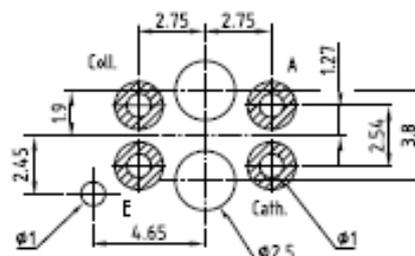


* Tolerances related to reference plain

weight: ca. 0.23g



Footprint Top View

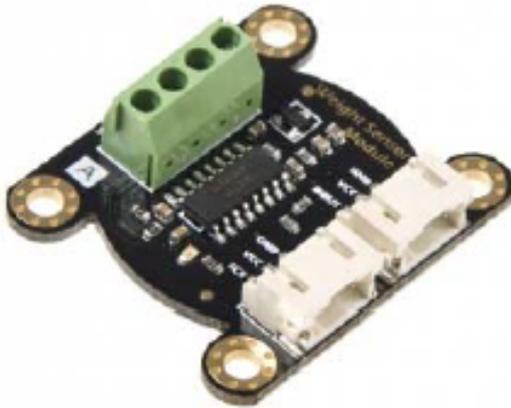


Drawing-No.: 6.550-5096.01-4

Issue: 4; 11.04.02

ISS 0000

Weight Sensor Module SKU:SEN0160



Contents

- 1 Introduction
- 2 Specification
 - 2.1 24-Bit Analog-to-Digital Converter for Weight Scales (HX711)
 - 2.2 Weight Sensor Module
- 3 Tutorial
 - 3.1 Hardware Requirement
 - 3.1.1 Connection Diagram
 - 3.2 Software Requirement
 - 3.3 Detail Steps
- 4 The structure of the weight sensor

Introduction

Weight Sensor Module is based on HX711, which is a precision 24-bit analog-to-digital converter designed for weigh scale and industrial control applications to interface directly with a bridge sensor. Compared with other chips, HX711 not only has a few basic function, also contains high integration, fast response, immunity, and other features. The chip lowers the cost of the electronic scale, at the same time, improving the performance and reliability.

The input interface of this weight sensor module is used sensor interface, which is compatible with Arduino I/O port. The output adopts compact terminal that makes weight sensor module easier to connect the weight sensor. It's the best choice for electronic enthusiast to do some tiny home scale.

The weight sensor module can be combined with weight sensor on the market. We also help you to pick a small range of weight sensor.

Specification

24-Bit Analog-to-Digital Converter for Weight Scales (HX711)

- Two selectable differential input channels
- On-chip active low noise PGA with selectable gain of 32,64 and 128
- On-chip power supply regulator for load-cell and ADC analog power supply
- On-chip oscillator requiring no external component with optional external crystal
- On-chip power-on-rest
- Simple digital control and serial interface: pin-driven controls, no programming needed
- Selectable 10SPS or 80SPS output data rate
- Simultaneous 50 and 60Hz supply rejection
- Supply Voltage: 2.6V~5.5V
- Current: <1.6mA
- Working temperature: -40~85°C
- 16 pin SOP-16 package

Weight Sensor Module

- Range:1kg
- Excitation voltage: 5-15 V
- Output sensitivity: $1.0\pm 0.15\text{mV/V}$
- Synthetical error: 1 per thousand cent of full scale
- Zero shift: 0.05/0.03 (30min) %F.S
- Zero temperature shift: 0.05/0.03 %F.S/10°C
- Zero output: $\pm 0.1\text{mV/V}$
- Input impedance: $1055\pm 15\ \Omega$
- Output impedance: $1000\pm 5\ \Omega$
- Overload capability: 200 %F.S
- Output: Analog output
- Size: 33mm*38mm

Tutorial

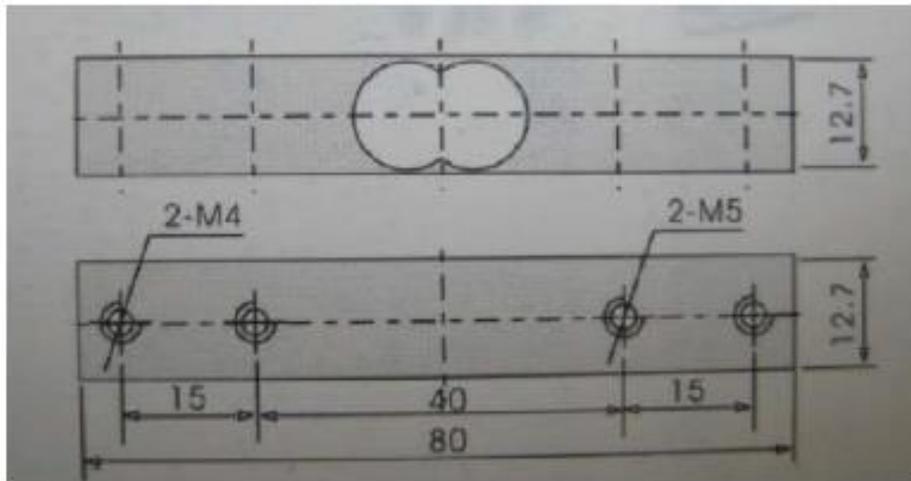
The range of the weight scale is only 1kg. So, it's very appropriate for you to make a kitchen scale.we will bring you a step by step tutorial to make one and print the data by Arduino Serial Monitor.

Hardware Requirement

1. 1x DFRduino UNO R3
2. 1x Weight Sensor Module
3. 1x IO Expansion Shield for Arduino V7.1

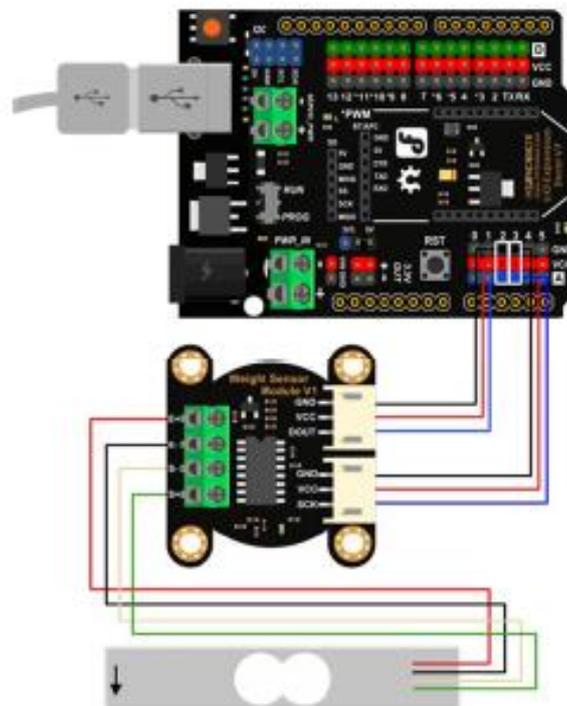
4. 1x Weighing platform Reference 3D model

Note: The weighing platform will be made by yourself according to the weight sensor machine drawing. The following figure shows the weight sensor machine drawing.



Machine Drawing

Connection Diagram



Connection Diagram

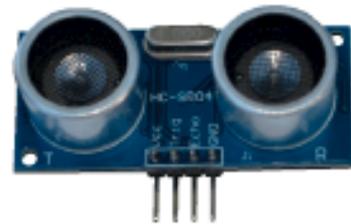
HC-SR04 Ultrasonic Sensor

Elijah J. Morgan

Nov. 16 2014

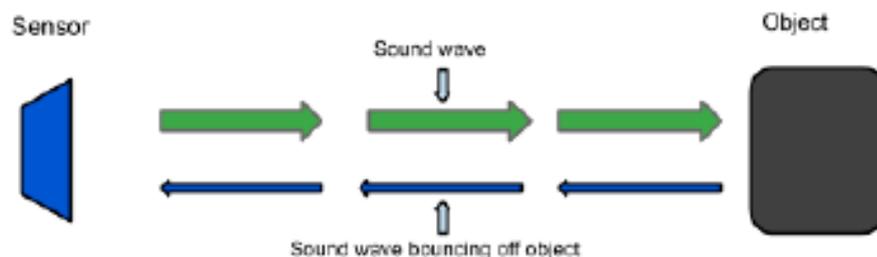
The purpose of this file is to explain how the HC-SR04 works. It will give a brief explanation of how ultrasonic sensors work in general. It will also explain how to wire the sensor up to a microcontroller and how to take/interpret readings. It will also discuss some sources of errors and bad readings.

1. How Ultrasonic Sensors Work
2. HC-SR04 Specifications
3. Timing chart, Pin explanations and Taking Distance Measurements
4. Wiring HC-SR04 with a microcontroller
5. Errors and Bad Readings



1. How Ultrasonic Sensors Work

Ultrasonic sensors use sound to determine the distance between the sensor and the closest object in its path. How do ultrasonic sensors do this? Ultrasonic sensors are essentially sound sensors, but they operate at a frequency above human hearing.



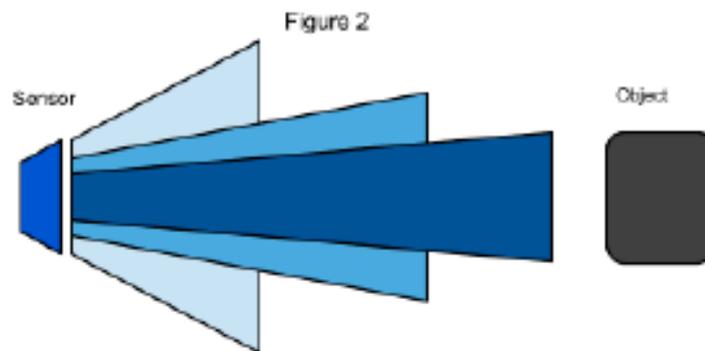
The sensor sends out a sound wave at a specific frequency. It then listens for that specific sound wave to bounce off of an object and come back (Figure 1). The sensor keeps track of the time between sending the sound wave and the sound wave returning. If you know how fast something is going and how long it is traveling you can find the distance traveled with equation 1.

Equation 1. $d = v \times t$

The speed of sound can be calculated based on the a variety of atmospheric conditions, including temperature, humidity and pressure. Actually calculating the distance will be shown later on in this document.

It should be noted that ultrasonic sensors have a cone of detection, the angle of this cone varies with distance, Figure 2 show this relation. The ability of a sensor to

detect an object also depends on the objects orientation to the sensor. If an object doesn't present a flat surface to the sensor then it is possible the sound wave will bounce off the object in a way that it does not return to the sensor.



2. HC-SR04 Specifications

The sensor chosen for the Firefighting Drone Project was the HC-SR04. This section contains the specifications and why they are important to the sensor module. The sensor modules requirements are as follows.

- Cost
- Weight
- Community of hobbyists and support
- Accuracy of object detection
- Probability of working in a smoky environment
- Ease of use

The HC-SR04 Specifications are listed below. These specifications are from the Cytron Technologies HC-SR04 User's Manual (source 1).

- Power Supply: +5V DC
- Quiescent Current: <2mA
- Working current: 15mA
- Effectual Angle: <15°
- Ranging Distance: 2-400 cm
- Resolution: 0.3 cm
- Measuring Angle: 30°
- Trigger Input Pulse width: 10uS
- Dimension: 45mm x 20mm x 15mm
- Weight: approx. 10 g

The HC-SR04's best selling point is its price; it can be purchased at around \$2 per unit.

3. Timing Chart and Pin Explanations

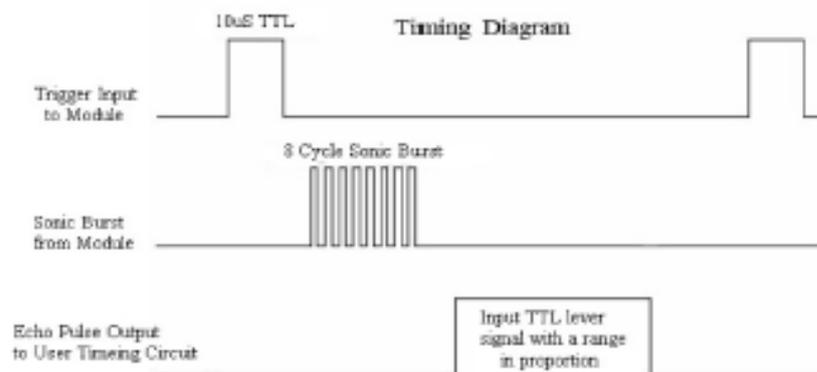
The HC-SR04 has four pins, VCC, GND, TRIG and ECHO; these pins all have different functions. The VCC and GND pins are the simplest -- they power the HC-SR04. These pins need to be attached to a +5 volt source and ground respectively. There is a single control pin: the TRIG pin. The TRIG pin is responsible for sending the ultrasonic burst. This pin should be set to HIGH for 10 μ s, at which point the HC-SR04 will send out an eight cycle sonic burst at 40 kHz. After a sonic burst has been sent the ECHO pin will go HIGH. The ECHO pin is the data pin -- it is used in taking distance measurements. After an ultrasonic burst is sent the pin will go HIGH, it will stay high until an ultrasonic burst is detected back, at which point it will go LOW.

Taking Distance Measurements

The HC-SR04 can be triggered to send out an ultrasonic burst by setting the TRIG pin to HIGH. Once the burst is sent the ECHO pin will automatically go HIGH. This pin will remain HIGH until the the burst hits the sensor again. You can calculate the distance to the object by keeping track of how long the ECHO pin stays HIGH. The time ECHO stays HIGH is the time the burst spent traveling. Using this measurement in equation 1 along with the speed of sound will yield the distance travelled. A summary of this is listed below, along with a visual representation in Figure 2.

1. Set TRIG to HIGH
2. Set a timer when ECHO goes to HIGH
3. Keep the timer running until ECHO goes to LOW
4. Save that time
5. Use equation 1 to determine the distance travelled

Figure 3
Source 2

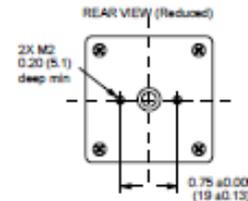
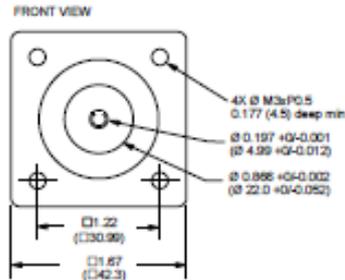
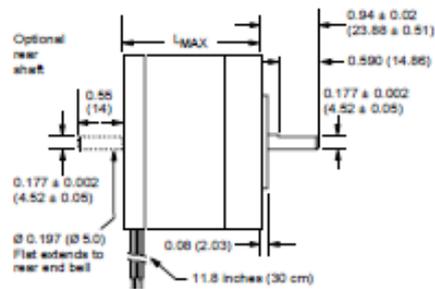


Source 2

Quick Reference NEMA size 17 1.8°
2-phase stepper motor



Mechanical Specifications
Dimensions in inches (mm)



Motor stack length inches (mm)	Single	Double	Triple
LMAX	1.34 (34.0)	1.57 (40)	1.89 (48)



Notes and Warnings

Installation, configuration and maintenance must be carried out by qualified technicians only. You must have detailed information to be able to carry out this work.

- Unspecified dangers may be encountered when working with this product!
- Incorrect use may destroy this product and connected components!

For more information, go to www.lmshome.com

Specifications

1.5 Amp motors		Single length	Double length	Triple length
Part number		M-1713-1.5* (1)	M-1716-1.5* (1)	M-1719-1.5* (1)
Holding torque	oz-in	30	60	75
	N-cm	20	42	53
Detent torque	oz-in	1.7	2.1	3.5
	N-cm	1.2	1.5	2.5
Rotor inertia	oz-in-sec ²	0.000030	0.000037	0.0011502
	kg-cm ²	0.0056	0.0057	0.002
Weight	oz	7.4	8.1	12.7
	grams	210	230	360
Phase current	amps	1.5	1.5	1.5
Phase resistance	ohms	1.3	2.1	2.0
Phase inductance	mH	2.1	2.0	3.95

(1) indicates S for single-shaft or D for double-shaft. Example M-1713-1.5S

Wiring and Connections

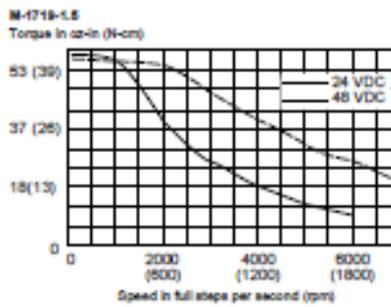
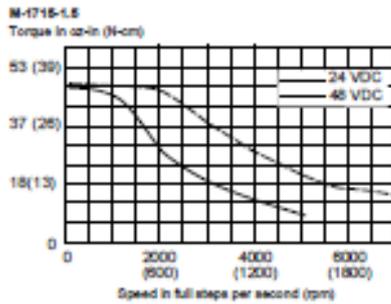
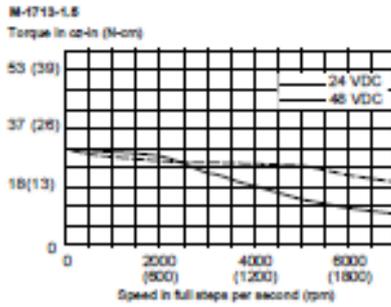
Signals and wire colors	
Phase A	Red
Phase JA	Blue
Phase B	Green
Phase DB	Black

Part Numbers

Example:	M - 1 7 1 3 - 1 . 5 S
Stepper motor frame size	M - 1 7 1 3 - 1 . 5 S
M-17 = NEMA 17 (1.7"/42 mm)	
Motor length	M - 1 7 1 3 1 . 5 S
13 = single stack	
16 = double stack	
19 = triple stack	
Phase current	M - 1 7 1 3 - 1 . 5 S
1.5 = 1.5 Amps	
Shaft	M - 1 7 1 3 - 1 . 5 S
S = single, front shaft only	
D = double, front and rear shafts	
Optional optical encoder (1)	M - 1 7 1 3 - 1 . 5 E S 1 0 0
ES = Single-end	
ED = Differential	
Line count	
100, 200, 250, 400, 500 or 1000 (2)	

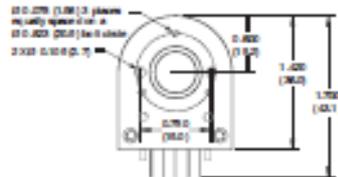
(1) An encoder replaces the shaft designator in the part number.
(2) All encoders have an index mark, except the 1000 line count version.

Torque-speed performance
Measured at 1.5 Amps RMS



Optical Encoder Option

Dimensions in inches (mm)



Connectivity **single-end encoder**



wire	function
1 Brown	Ground
2 Violet	Index
3 Blue	Channel A
4 Orange	+5 VDC Input
5 Yellow	Channel B

optional interface cable available: ES-CABLE-2

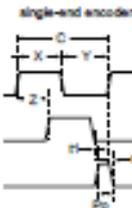
differential encoder



pin function	pin function
1 no connect	6 Channel A+
2 +5 VDC Input	7 Channel B-
3 Ground	8 Channel B+
4 no connect	9 Index -
5 Channel A -	10 Index +

Interface cable included

Timing



Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Units
Cycle error		3	5.5		%
Symmetry		130	180	230	%
Quadrature		40	90	140	%
Index pulse width	Po	80	90	120	%
Index rise (after Ch A or B rise)	t1	-300	100	250	ns
Index fall (after Ch A or B fall)	t2	70	150	1000	ns

C One cycle: 360 electrical degrees (%).
 X/Y Symmetry: the measure of the relationship between X and Y, nominally 180%.
 Z Quadrature: the phase lead or lag between channels A and B, nominally 90%.
 Po Index pulse width, nominally 90%.
 NOTE: Rotation is as viewed from the cover side of the encoder.

31150-MP

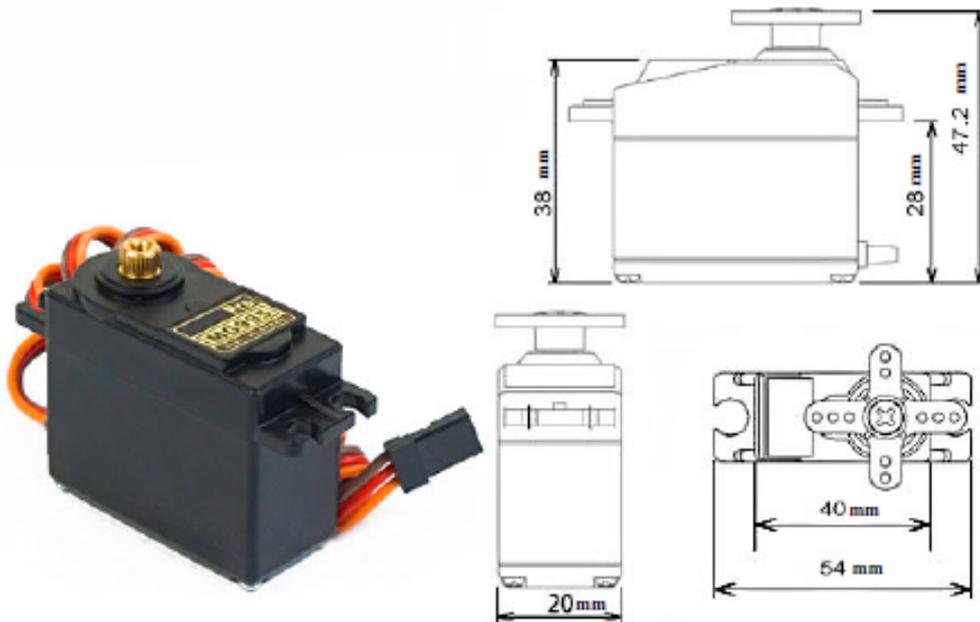
MG995 High Speed Servo Actuator

The unit comes complete with color coded 30cm wire leads with a 3 X 1 pin 0.1" Pitch type female header connector that matches most receivers, including Futaba, JR, GWS, Cirrus, Blue Bird, Blue Arrow, Corona, Berg, Spektrum and Hitec.

This high-speed servo actuator is not code dependant; You can use any servo code, hardware or library to control them. The MG995 Actuator includes arms and hardware to get started.

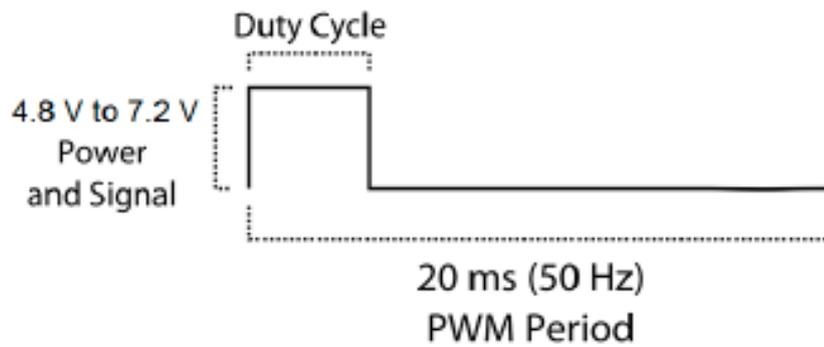
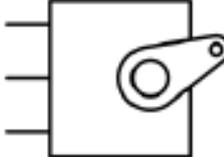
Specifications

- Weight: 55 g
- Dimension: 40.7 x 19.7 x 42.9 mm approx.
- Stall torque: 8.5 kgf·cm (4.8 V), 10 kgf·cm (6 V)
- Rotation Angle: 120deg. (+- 60 from center)
- Operating speed: 0.2 s/60° (4.8 V), 0.16 s/60° (6 V)
- Operating voltage: 4.8 V to 7.2 V
- Dead band width: 5 μ s
- Stable and shock proof double ball bearing design
- Metal Gears for longer life
- Temperature range: 0 °C – 55 °C



31150-MP MG995 High Speed Servo Actuator

PWM=Orange ()
Vcc = Red (+)
Ground=Brown (-)



ANEXO D
CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN

```

#include <Servo.h> // libreria de servomotor
#include <DFRobot_HX711.h> // libreria del sensor de peso
#define VEL_NEMA 500 // velocidad del NEMA

Servo SERVO_CAB; // definicion del servomotor
DFRobot_HX711 MyScale(A0, A1); // definicion de pines del sensor de peso
int SENSOR_OPT = A2; // sensor óptico
int LED_PAPELES = 0; // indicador del cont. de papeles
int LED_METALES = 1; // indicador del cont. de metales
int LED_VIDRIOS = 2; // indicador del cont. de vidrios
int LED_ORGANICOS = 3; // indicador del cont. de organicos
int LED_PLASTICOS = 4; // indicador del cont. de plasticos
const int TRIG_CONT = 5; // pin TRIG del sensor ultrasonico del contenedor
const int ECHO_CONT = 6; // pin ECHO del sensor ultrasonico del contenedor
int SENSOR_IND = 7; // sensor inductivo
int SENSOR_CAP = 8; // sensor capacitivo
const int STEP_NEMA = 9; // paso del NEMA
const int DIR_NEMA = 10; // dirección del NEMA
const int TRIG_CLAS = 12; // pin TRIG del sensor ultrasonico del clasificador
const int ECHO_CLAS = 13; // pin ECHO del sensor ultrasonico del clasificador
int CAB_PAP = 1000; // posición de la cabian de papeles
int CAB_MET = 2000; // posición de la cabian de metales
int CAB_VID = 3000; // posición de la cabian de vidrios
int CAB_ORG = 4000; // posición de la cabian de orgánicos
int CAB_PLA = 5000; // posición de la cabian de plasticos

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    pinMode(SENSOR_OPT, INPUT);
    pinMode(LED_PAPELES, OUTPUT);
    pinMode(LED_METALES, OUTPUT);
    pinMode(LED_VIDRIOS, OUTPUT);
    pinMode(LED_ORGANICOS, OUTPUT);
    pinMode(LED_PLASTICOS, OUTPUT);
    pinMode(TRIG_CONT, OUTPUT);
    pinMode(ECHO_CONT, INPUT);
    pinMode(TRIG_CLAS, OUTPUT);
    pinMode(ECHO_CLAS, INPUT);
    pinMode(SENSOR_IND, OUTPUT);
    pinMode(SENSOR_CAP, OUTPUT);
    pinMode(STEP_NEMA, OUTPUT);
    pinMode(DIR_NEMA, OUTPUT);
    digitalWrite(TRIG_CONT, LOW);
    digitalWrite(TRIG_CLAS, LOW);
    SERVO_CAB.attach(11);
    SERVO_CAB.write(0);
}

```

```

void loop() {
  if(digitalRead(SENSOR_IND) == LOW) // identificar el estado del sensor inductivo
  {
    if(digitalRead(SENSOR_CAP) == LOW) // identificar el estado del sensor capacitivo
    {
      digitalWrite(DIR_NEMA,HIGH); // definir la dirección de movimiento del NEMA
      for (int i = 0; i<CAB_MET; i++) // mover la cabina de sensado al contenedore de metales
      {
        digitalWrite(STEP_NEMA,HIGH); // accionar el NEMA
        digitalWrite(STEP_NEMA,LOW); // detener el NEMA
        delayMicroseconds(VEL_NEMA); // definir la velocidad del NEMA
      }
      delay(1000);
      SERVO_CAB.write(90); // aperturar la cabina de sensado
      delay(3000);
      SERVO_CAB.write(0); // cerrar la cabina de sensado
      delay(1500);
      digitalWrite(DIR_NEMA,LOW); // definir la dirección de movimiento del NEMA
      for (int i = 0; i<CAB_MET; i++) // redirigir la cabina de sensado a la posición inicial
      {
        digitalWrite(STEP_NEMA,LOW); // accionar el NEMA
        digitalWrite(STEP_NEMA,HIGH); // detener el NEMA
        delayMicroseconds(VEL_NEMA); // definir la velocidad del NEMA
      }
    }
  }

  else
  {
    if(digitalRead(SENSOR_CAP) == LOW)
    {
      if(MyScale.readWeight(), 1 < 100)
      {
        digitalWrite(DIR_NEMA,HIGH);
        for (int i = 0; i<CAB_ORG; i++)
        {
          digitalWrite(STEP_NEMA,HIGH);
          digitalWrite(STEP_NEMA,LOW);
          delayMicroseconds(VEL_NEMA);
        }
        delay(1000);
        SERVO_CAB.write(90);
        delay(3000);
        SERVO_CAB.write(0);
        delay(1500);
        digitalWrite(DIR_NEMA,LOW);
        for (int i = 0; i<CAB_ORG; i++)
        {
          digitalWrite(STEP_NEMA,LOW);
          digitalWrite(STEP_NEMA,HIGH);
          delayMicroseconds(VEL_NEMA);
        }
      }
    }
  }
}

```

```

else
{
    digitalWrite(DIR_NEMA,HIGH);
    for (int i = 0; i<CAB_VID; i++)
    {
        digitalWrite(STEP_NEMA,HIGH);
        digitalWrite(STEP_NEMA,LOW);
        delayMicroseconds(VEL_NEMA);
    }
    delay(1000);
    SERVO_CAB.write(90);
    delay(3000);
    SERVO_CAB.write(0);
    delay(1500);
    digitalWrite(DIR_NEMA,LOW);
    for (int i = 0; i<CAB_VID; i++)
    {
        digitalWrite(STEP_NEMA,LOW);
        digitalWrite(STEP_NEMA,HIGH);
        delayMicroseconds(VEL_NEMA);
    }
}
}
else
{
    int valor = analogRead(SENSOR_OPT) ;
    if(valor < 850)
    {
        digitalWrite(DIR_NEMA,HIGH);
        for (int i = 0; i<CAB_PAP; i++)
        {
            digitalWrite(STEP_NEMA,HIGH);
            digitalWrite(STEP_NEMA,LOW);
            delayMicroseconds(VEL_NEMA);
        }
        delay(1000);
        SERVO_CAB.write(90);
        delay(3000);
        SERVO_CAB.write(0);
        delay(1500);
        digitalWrite(DIR_NEMA,LOW);
        for (int i = 0; i<CAB_PAP; i++)
        {
            digitalWrite(STEP_NEMA,LOW);
            digitalWrite(STEP_NEMA,HIGH);
            delayMicroseconds(VEL_NEMA);
        }
    }
}
}

```

```
else
{
    digitalWrite(DIR_NEMA,HIGH);
    for (int i = 0; i<CAB_PLA; i++)
    {
        digitalWrite(STEP_NEMA,HIGH);
        digitalWrite(STEP_NEMA,LOW);
        delayMicroseconds(VEL_NEMA);
    }
    delay(1000);
    SERVO_CAB.write(90);
    delay(3000);
    SERVO_CAB.write(0);
    delay(1500);
    digitalWrite(DIR_NEMA,LOW);
    for (int i = 0; i<CAB_PLA; i++)
    {
        digitalWrite(STEP_NEMA,LOW);
        digitalWrite(STEP_NEMA,HIGH);
        delayMicroseconds(VEL_NEMA);
    }
}
}
}
```
