



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE MECATRÓNICA

**PROTOTIPO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA
CLASIFICAR PLÁSTICO TIPO POLIPROPILENO MEDIANTE
HUNDIMIENTO Y FLOTACIÓN.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero en Mecatrónica

AUTORES: Juan Sebastian Moncayo Vallejo
Kleber Anthony Robles Chele
TUTOR: Michelle de los Ángeles Cárdenas Ibáñez

Guayaquil - Ecuador
2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Juan Sebastian Moncayo Vallejo** con documento de identificación N° **0942478835** y **Kleber Anthony Robles Chele** con documento de identificación N° **0926576638**; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo.

Guayaquil, 10 de Abril del año 2024

Atentamente,



Juan Sebastian Moncayo Vallejo
0942478835



Kleber Anthony Robles Chele
0926576638

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, **Juan Sebastian Moncayo Vallejo** con documento de identificación N° **0942478835** y **Kleber Anthony Robles Chele** con documento de identificación N° **0926576638**, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del **PROTOTIPO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA CLASIFICAR PLÁSTICO TIPO POLIPROPILENO MEDIANTE HUNDIMIENTO Y FLOTACIÓN**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

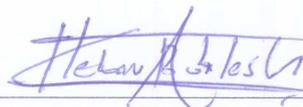
En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 10 de Abril del año 2024

Atentamente,



Juan Sebastian Moncayo Vallejo
0942478835



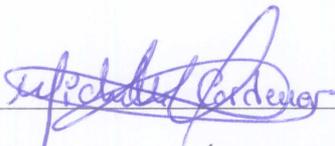
Kleber Anthony Robles Chele
0926576638

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Michelle de los Ángeles Cárdenas Ibáñez**, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **PROTOTIPO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA CLASIFICAR PLÁSTICO TIPO POLIPROPILENO MEDIANTE HUNDIMIENTO Y FLOTACIÓN**, realizado por **Juan Sebastian Moncayo Vallejo** con documento de identificación N° **0942478835** y por **Kleber Anthony Robles Chele** con documento de identificación N° **0926576638**, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción **Dispositivo Tecnológico** que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 10 de Abril del año 2024

Atentamente,



Ing. Michelle de los Ángeles Cárdenas Ibáñez,
MSC.

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación está dedicado con profundo aprecio y gratitud a mi distinguida familia. Su constante apoyo, sabiduría y amor han sido el pilar fundamental en mi camino académico, guiándome con su ejemplo y aliento en cada paso de esta travesía hacia el logro académico.

A mis amistades, cuya compañía y apoyo han sido un valioso tesoro a lo largo de este camino, les dedico este trabajo con gratitud. Me quedo con esos recuerdos que perdurarán para toda la vida.

Kleber Anthony Robles Chele

Con sincera gratitud, dedico este trabajo de titulación a mi amada familia. Su apoyo y sabios consejos han sido el faro que iluminó mi camino académico, guiándome en cada paso hacia el logro de esta meta.

A mis valiosas amistades y compañeros de trayecto, les entrego este trabajo con profunda gratitud. Vuestra compañía y aliento fue fundamental en los momentos de desafío, convirtiendo este viaje en una experiencia enriquecedora y memorable.

Juan Sebastian Moncayo Vallejo

AGRADECIMIENTO

Expreso mi profundo agradecimiento a mi madre , Amanda Chele que a pesar de las dificultades ha estado presente en mi crecimiento personal , a mi padre Kleber Robles que ha mantenido su apoyo hasta esta etapa de mi vida , a mis tios , Silvia Chele y Roque Robles que han sido un pilar para lograr este objetivo. Sus guías y consejos constante han iluminado mi camino en esta travesía académica. Valoro el apoyo incondicional brindado por mi familia en general. Agradezco a los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana, cuya profesionalidad y dedicación han sido la piedra angular de mi formación como profesional.

Finalmente, agradezco a mis compañero Sebastian Moncayo por acompañarme y haber confiado en mi en este arduo camino de aprendizaje.

Kleber Anthony Robles Chele

Agradezco a Dios, que siempre ha estado presente en mi vida, a mi padre Eduardo Moncayo y a mi madre Jakeline Vallejo que siempre estuvieron apoyandome a lo largo de esta etapa de mi vida, gracias a ellos soy el hombre que soy. A los docentes de la Universidad Politecnica Salesiana, que son personas muy profesionales y me han formado academicamente.

Finalmente, agradezco a mi compañero Anthony Robles por acompañarme y haber confiado en mi en este arduo camino de aprendizaje.

Juan Sebastian Moncayo Vallejo

RESUMEN

Este proyecto se enfoca en el diseño y construcción de una máquina clasificadora de plástico, específicamente polipropileno. El proceso se lleva a cabo en un contenedor similar a una pecera, que contiene una mezcla de agua y alcohol. Los plásticos se depositan manualmente en este contenedor y son expuestos a la solución que gracias a sus propiedades el polipropileno flota, mientras que otros plásticos se hunden. Luego una barredora automatizada retira el polipropileno para su almacenamiento y pesaje, mientras que el resto se elimina mediante un mecanismo de succión en la parte inferior de la pecera. Finalmente la solución restante se almacena para su reutilización en futuros procesos de clasificación.

Palabras claves: clasificadora, polipropileno, solución.

ABSTRACT

This project focuses on the design and construction of a plastic sorting machine, specifically polypropylene. The process takes place in a container similar to a fish tank, which contains a mixture of water and alcohol. The plastics are manually deposited in this container and are exposed to the solution that, thanks to its properties, polypropylene floats, while other plastics sink. An automated sweeper then removes the polypropylene for storage and weighing, while the rest is removed using a suction mechanism at the bottom of the fish tank. Finally, the remaining solution is stored for reuse in future classification processes.

Keywords: sorter, polypropylene, solution.

ÍNDICE

I.	Introducción	1
II.	Problema	2
III.	Objetivos	3
III-A.	Objetivo general	3
III-B.	Objetivos específicos	3
IV.	Fundamentos Teóricos	4
IV-A.	Pellets de plástico	4
IV-B.	Polipropileno	4
IV-C.	Clasificadoras de plástico	5
IV-D.	Módulo de relé de estado sólido	5
IV-E.	Fuente de poder de 15v	6
IV-F.	Arduino	6
IV-G.	Pantalla LCD2004	6
IV-H.	Sistema de desplazamiento	7
IV-H1.	Motor Nema 17	7
IV-H2.	Módulo DRV8825	7
IV-H3.	Servo motor SG90	8
IV-H4.	Micro Servo mg995	8
IV-I.	Sistema de bombeo	9
IV-I1.	Mini bomba sumergible de 12v	9
IV-I2.	Interruptor de nivel	9
IV-I3.	Bomba de agua 1/2 hp - 120v	10
V.	Marco Metodológico	11
V-A.	Diseño y construcción de la clasificadora	11
V-B.	Diseño y construcción del sistema de barrido y extracción	11
V-C.	Diseño y construcción del sistema aspersor	11
V-D.	Dimensionamiento del tanque	12
V-E.	Densidad de la solución	12
V-F.	Presión del agua	14
V-G.	Tiempo de vaciado	14
V-H.	Ecuación de Torricelli	15
V-I.	Tiempo de llenado	17
VI.	Resultados	19
VI-A.	funcionamiento de la clasificadora.	19
VII.	Cronograma	24
VIII.	Presupuesto	25
IX.	Conclusiones	26
X.	Recomendaciones	27
	Referencias	28

Anexo A: Planos en Solidworks	29
Anexo B: Esquema eléctrico del prototipo	35
Anexo C: Programación del arduino	38
Anexo D: Proceso de construcción	46

ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Pellets plásticos [3].	4
2.	Polipropileno [5]	5
3.	Réle Sólido [8].	5
4.	Fuente de poder de 15v [9]	6
5.	Arduino [10]	6
6.	Display lcd [11]	7
7.	Motor paso a paso nema 17 [12]	7
8.	Driver DRV8825 [13]	8
9.	Servo motor SG90 [14]	8
10.	Servo motor MG995 [15]	9
11.	Mini bomba sumergible [16]	9
12.	Interruptor de nivel [17]	10
13.	Bomba de agua [18]	10
14.	Vista de componentes.	11
15.	Cantidad de agua	13
16.	Cantidad de alcohol	13
17.	Cantidad total de la mezcla	14
18.	Medidas de la pecera	15
19.	Tanque rectangular siendo cronometrado con accionamiento de llenado por bomba	18
20.	Accionamiento de bomba	19
21.	Interruptor de nivel tipo boya	20
22.	Accionamiento del aspersor	20
23.	sistema de barrido y extracción	21
24.	Accionamiento de la galga	22
25.	Accionamiento del sistema de extracción	23
26.	Ensamblaje general del prototipo	29
27.	Plano para diseño de pecera	30
28.	Plano del soporte lateral	31
29.	Plano del soporte-base motor	32
30.	Plano del espesor de agua	33
31.	Cilindro para transportar	34
32.	Esquema de conexión general	35
33.	Esquema de conexión de relé para control de activación y desactivado de las bombas de agua	36
34.	Esquema de conexión de servo motores-paro y marcha	37
35.	Definición de las variables y librerías	38
36.	Segmentación de celda de carga	39
37.	Muestreo e identificación del peso	40
38.	Inicio del accionamiento	41
39.	Muestreo e identificación del peso	42
40.	Boton y accionamiento de bomba de agua	43
41.	Accionamiento del sistema de barrido y extracción	44
42.	Sistema de extraccion del agua y plastico sobrante	45
43.	Diseño del prototipo en Solidwork	46
44.	Ensamblaje de las piezas impresas en 3D	47
45.	Conexión de la bomba	48
46.	Acomplamiento de manjeras,codos y uniones	49
47.	Armado del cajetin	50

ÍNDICE DE TABLAS

I.	Cronograma	24
II.	Presupuesto	25

I. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene como fin el diseño y la construcción de un prototipo clasificador de plástico, específicamente del tipo polipropileno. Este sistema opera mediante un proceso automatizado que incluye un sistema de llenado controlado por una bomba de agua, así como componentes adicionales como rodillos barredores, servomotores, un sensor de nivel y un mecanismo de extracción. Todos estos elementos se integran en una estructura diseñada en forma de pecera, donde la solución compuesta por agua y alcohol desempeña un papel fundamental.

El criterio de clasificación se fundamenta en la diferencia de densidades: el plástico que se hunde hasta el fondo de la pecera, debido a su densidad, se identifica como no reciclable, mientras que aquel que permanece en la superficie se considera reciclable.

Una vez que se ha logrado la clasificación, el plástico polipropileno es retirado por el mismo mecanismo automatizado y almacenado en un contenedor para su posterior uso en diversas aplicaciones. Por otro lado, el plástico no reciclable se elimina mediante el sistema de extracción ubicado en la parte inferior de la pecera.

Se ha implementado un sistema de tuberías que dirige la solución hacia un tanque de almacenamiento mientras el sistema de extracción elimina el plástico no reciclable. Posteriormente, el líquido retorna al mismo contenedor para continuar con el proceso de clasificación.

Este sistema garantiza una gestión eficiente de los materiales y recursos involucrados en el proceso de clasificación, reduciendo al mínimo el desperdicio y fomentando la reutilización de los elementos.

Finalmente, se ha incorporado una pantalla que permite a los usuarios visualizar la cantidad de plástico reciclado en gramos de manera específica. Este enfoque no solo contribuye a mejorar la eficiencia operativa del proceso, sino que también se espera que eleve la calidad del material reciclado final.

II. PROBLEMA

La Asociación Europea de Transformadores de Plástico (EuPC) lanzó una encuesta sobre el presente y el futuro del uso de materiales plásticos reciclados en la industria europea. Tras un periodo de cinco meses durante el cual 485 participantes de 28 se han presentado los resultados de la encuesta a los miembros de EuPC en un informe[1].

De acuerdo con el informe, la principal barrera que impide un mayor aprovechamiento de los materiales plásticos reciclados como materias primas es su calidad. Cerca del 60 % de las compañías europeas especializadas en la transformación de plásticos opinan que es complicado obtener suministros de materiales plásticos reciclados que cumplan con los estándares de calidad requeridos [1].

Según el informe, únicamente el 27 % de las empresas europeas dedicadas a la transformación de plásticos consideran que sus clientes están suficientemente conscientes de los beneficios y la importancia de emplear materiales reciclados. Según la misma fuente, se requiere una adaptación del marco regulatorio actual para estimular la adopción de materiales plásticos reciclados. Casi el 60 % de las compañías transformadoras de plásticos opinan que la regulación existente no es idónea para promover y respaldar un incremento futuro en el uso de plásticos reciclados [1].

Hasta ahora, en Ecuador, no se han implementado mejoras significativas en la innovación del proceso de reciclaje de plásticos. Este proceso y la subsiguiente separación manual de los plásticos resultan en un producto de reciclaje que carece de las cualidades adecuadas para ser utilizado como materia prima en otros productos. A nivel global, solo alrededor del 8 % del plástico se recicla, y entre estos materiales, el polipropileno (PP) se recicla muy poco, aproximadamente un 1 %. Esto se debe a las características del polipropileno, que, aunque es óptimo para la creación de nuevos productos de plástico, aún enfrenta limitaciones en su proceso de reciclaje [1].

III. OBJETIVOS

III-A. Objetivo general

Desarrollar un prototipo automatizado mediante un sistema de hundimiento y flotación para clasificar plástico tipo polipropileno.

III-B. Objetivos específicos

- Diseñar un sistema mecatrónico de barrido horizontal con bombeo líquido para clasificar plástico tipo polipropileno por hundimiento y flotación.
- Determinar la correcta composición de solución para que la mayor cantidad de plástico polipropileno flote y sea clasificado.
- Construir un prototipo de tanque báscula para su validación.

IV. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

IV-A. *Pellets de plástico*

La granulación es el resultado central en el reciclaje de materiales plásticos, revitalizando plásticos subutilizados en micro fragmentos tipo "macarrones". Varias granzas plásticas se derivan, como PELD, polietileno y PP en tonos rojo y negro. Empresas especializadas en la industria recolectan, clasifican y compactan desechos plásticos en fardos, que se entregan a empresas que los usan como materia prima.[2]

El proceso uniforme de transformación de gránulos involucra separación, limpieza, paletización y moldeado (inyección, termoformado y compresión). Plásticos no peligrosos de rechazos industriales se seleccionan, limpian y trituran, luego se lavan para eliminar impurezas por densidad. Tras secarse, se granulan y cortan monofilamentos para empaçar los gránulos resultantes.[2]

La versatilidad de su aplicación abarca una amplia gama de productos. Su calidad inodora y no tóxica hace que destaque en la fabricación de envases para alimentos y medicamentos. En resumen, esta perspectiva enfatiza el máximo aprovechamiento de los recursos.[2]



Figura 1. Pellets plásticos [3].

IV-B. *Polipropileno*

Tras la Segunda Guerra Mundial, la industria de los plásticos experimentó un rápido avance al sustituir metales por materiales sintéticos en maquinarias y productos para condiciones extremas. En 1953, K. Ziegler desarrolló el polietileno, y en 1954 G. Natta introdujo el polipropileno, los plásticos más usados hoy.[4]

Aunque comúnmente se cree que el polipropileno es el termoplástico más utilizado, en realidad, el polietileno ocupa ese lugar. Aun así, el PP sobresale por su versatilidad en aplicaciones, incluyendo la industria automotriz, textil, empaque, medicina y productos cotidianos, gracias a su equilibrada relación calidad/precio [5].

Es un termoplástico obtenido del propileno, con copolímeros al añadir etileno. Es rígido, cristalino, de alto punto de fusión, resistente químicamente y ligero. Se mejora con cargas como talco. Tiene barrera a aromas, brillo, no toxicidad, resistencia hasta 135°C y aplicaciones amplias: envases, piezas automotrices, ropa, electrodomésticos, entre otros. Este destaca por su total reciclabilidad, la ausencia de contaminación en su incineración y su tecnología de producción de mínimo impacto ambiental.[5]



Figura 2. Polipropileno [5]

IV-C. Clasificadoras de plástico

Una máquina de clasificación de plásticos es esencial en la industria para separar polímeros según sus propiedades físicas y químicas. Su uso principal está en el reciclaje, automatizando la segregación de plásticos para reutilización; separándolos también según propiedades como composición química, color y densidad, siendo esencial en el reciclaje para optimizar la gestión de residuos y reducir acumulación en vertederos.[6]

Consta de etapas clave como la alimentación con polímeros, detección mediante sensores para evaluar propiedades como color y densidad, clasificación basada en los datos de los sensores con métodos como aire comprimido o brazos robóticos, recolección en compartimentos separados y ajuste a través de sistemas de control para optimizar el proceso según los tipos de plástico.[6]

IV-D. Módulo de relé de estado sólido

Los relés de estado sólido (SSR) son dispositivos electrónicos que regulan el flujo de corriente entre dos circuitos mediante una señal de entrada de bajo voltaje, como 12VDC, o voltajes más altos, como 110VCA o 220VCA. A diferencia de los relés electromecánicos, los SSR no poseen partes móviles ni contactos mecánicos, lo que los hace más eficientes, rápidos, duraderos y silenciosos.[7]

Estos dispositivos son ampliamente utilizados en diversas aplicaciones industriales y domésticas, como el control de motores, iluminación, sistemas de calefacción, refrigeración, entre otros. Su principal ventaja radica en su capacidad para conmutar altas potencias utilizando una señal de control de baja tensión, lo que resulta en una reducción significativa del consumo de energía y del calentamiento. Además, los SSR son altamente resistentes a las interferencias electromagnéticas y a las vibraciones, lo que los hace ideales para entornos industriales exigentes. Su diseño consta de un sensor que detecta la señal de control, como un transistor u optoacoplador, un interruptor electrónico de estado sólido que abre o cierra el circuito de potencia, como un tiristor o triac, y un circuito de protección que previene sobrecargas o cortocircuitos.[7]



Figura 3. Réle Sólido [8].

IV-E. Fuente de poder de 15v

Se trata de una fuente de alimentación industrial conmutada destinada a instalación o en armarios de distribución. Esta fuente es de diseño industrial, está cubierta por una estructura metálica con protección IP20, cuenta con tornillos de terminales estándar para conectar la tensión de red de entrada incluyendo el cable de tierra y tres pares de cables de salida de tensión de corriente continua. La fuente tiene protección contra cortocircuitos, protección contra sobretensión y protección contra sobrecarga de corriente.[9]

Tiene varios usos como por ejemplo, para alimentar servomotores, domótica, puertas de entrada y otras aplicaciones.[9]



Figura 4. Fuente de poder de 15v [9]

IV-F. Arduino

Arduino es una plataforma de electrónica de código abierto que se caracteriza por su facilidad de uso tanto en el ámbito del software como del hardware. Su principal objetivo es permitir la creación de una amplia gama de microcontroladores en una sola placa, los cuales pueden ser adaptados para diversos propósitos según las necesidades del usuario. En resumen, se trata de una herramienta sencilla que facilita la realización de proyectos interactivos para cualquier persona interesada en la electrónica.[10]

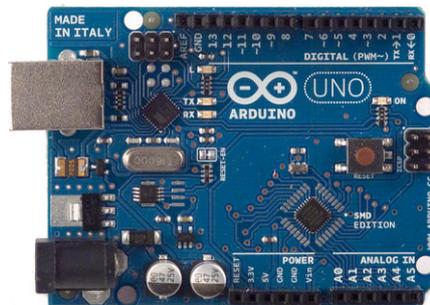


Figura 5. Arduino [10]

IV-G. Pantalla LCD2004

La pantalla LCD 20x4 alfanumérica monocromática de cristal líquido es un dispositivo visual electrónico que aprovecha las propiedades de modulación de la luz de los cristales líquidos para mostrar caracteres alfanuméricos y otros símbolos en un formato de 20 caracteres por línea, con 4 líneas en total. A diferencia de emitir luz directamente, este tipo de pantalla modula la luz incidente para la visualización.[11]

Su compatibilidad total con pantallas basadas en el controlador Hitachi HD44780 implica que la programación y las conexiones son iguales. Con su capacidad de mostrar 20 caracteres por línea y 4 líneas en total, el display

puede visualizar hasta 80 caracteres simultáneamente.[11]

Este tipo de pantalla es muy utilizado en proyectos con microcontroladores como PIC, AVR y Arduino, ofreciendo una forma clara y legible de mostrar datos y textos de sensores. Sirve como una valiosa herramienta para la interfaz humano-máquina en diversos proyectos electrónicos.[11]



Figura 6. Display lcd [11]

IV-H. Sistema de desplazamiento

IV-H1. Motor Nema 17: Es un motor paso a paso PAP bipolar de 4 hilos, con un torque de 4kg-cm y 1.8 grados/paso. El voltaje nominal de trabajo es de 5 VCD, mientras que el consumo de corriente es de 1.7A. Estos motores se pueden usar en multiples aplicaciones de proposito general.[12]



Figura 7. Motor paso a paso nema 17 [12]

IV-H2. Módulo DRV8825: El controlador basado en el chip DRV8825 de Texas Instruments es una evolución con respecto al chip A4988 en el control de motores paso a paso bipolares, permitiendo gestionar corrientes de hasta 2.5A. Es ampliamente empleado en placas de control de impresoras 3D y máquinas CNC de código abierto como RAMPS y CNC Shield.[13]

Una de sus características destacadas es la capacidad de ajustar la corriente máxima de salida mediante un

potenciómetro, brindando flexibilidad para adaptarse a diferentes aplicaciones y necesidades de corriente. Además, ofrece seis resoluciones de microstepping distintas, con una resolución máxima de 1/32, lo que posibilita un control más preciso y suave del motor.[13]

El rango de voltajes de alimentación que puede manejar varía desde 8.2V hasta 45V, ofreciendo así versatilidad en la selección de la fuente de alimentación. También puede suministrar hasta 1.5A por bobina sin requerir ventilación forzada o un disipador de calor, lo que simplifica el diseño y reduce costos adicionales.[13]



Figura 8. Driver DRV8825 [13]

IV-H3. Servo motor SG90: Micro servo con control de giro de 360 grados de rotación continua. Ideal para proyectos pequeños de robótica o mecatrónica que no requieren gran par de torsión.[14]

Permite trabajar con diversidad de plataformas de desarrollo como Arduino, PICs, Raspberry Pi, o en general a cualquier microcontrolador.[14]

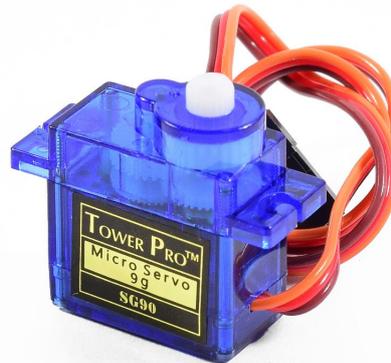


Figura 9. Servo motor SG90 [14]

IV-H4. Micro Servo mg995: Es un engranaje de metal digital servo de alto par para tu proyecto de robotica, aviones, helicópteros y carros etc. Dentro de los servos económicos el MG995 Tower Pro destaca por su gran torque, engranajes metálicos y gran robustez.[15]

Funciona con la mayoría de tarjetas electrónicas con microcontroladores y además con la mayoría de los sistemas de radio control comerciales. Es utilizado principalmente en proyectos de robótica y modelismo de mediano tamaño.[15]



Figura 10. Servo motor MG995 [15]

IV-I. Sistema de bombeo

IV-11. Mini bomba sumergible de 12v: Mini bomba de agua sumergible 12VDC 3m 240L/h ideal para experimentar con sistemas de fluidos. La bomba es de tamaño reducido, de bajo consumo eléctrico, silenciosa, diseñada para trabajar sumergida y en modo continuo, su motor interno es de tipo sin escobillas (brushless) lo que asegura una larga vida útil sin necesidad de mantenimiento.[16]

Utilizado en aplicaciones como: riego automatizado, dosificación, llenado de tanques(control de nivel), acuarios, refrigeración por agua y más.[16]



Figura 11. Mini bomba sumergible [16]

IV-12. Interruptor de nivel: Los sensores de nivel tienen la función de monitorear de manera constante el nivel del producto, mientras que los interruptores de nivel detectan la presencia o ausencia del producto en un nivel predefinido de forma puntual. Estos interruptores, de tipo encendido y apagado (on/off), alternan entre dos posiciones: una para abrir y otra para cerrar el circuito.[17]

Cuando el interruptor de nivel cambia de estado (abierto/cerrado), activa un contacto que puede desencadenar diversas acciones, como activar una alarma de seguridad (por ejemplo, indicando que el depósito está lleno o vacío) o iniciar una acción específica en el proceso, como poner en marcha una bomba para llenar o vaciar el depósito.[17]



Figura 12. Interruptor de nivel [17]

IV-13. Bomba de agua 1/2 hp - 120v: Es un bomba ideal para el trasvase de agua u otros líquidos en la industria de la ganadería, agricultura, acuicultura, sistemas de agua potable y otras aplicaciones industriales. Alcanza una altura máxima 26 metros, produce un caudal máximo de 85 litros por minuto y succión máxima 8 metros. [18]



Figura 13. Bomba de agua [18]

V. MARCO METODOLÓGICO

El presente proyecto tiene como fin la implementación de un sistema automatizado separador de plástico, específicamente del tipo polipropileno. Se busca aprovechar las propiedades químicas del agua y el alcohol para actuar sobre los tipos de plásticos involucrados en el proceso. La solución resultante de la mezcla de agua y alcohol presenta una densidad aproximada de 899 kg/m^3 , la cual influye en los plásticos vertidos en el recipiente.

La clave del sistema radica en que, debido a su densidad, el material deseado, en este caso, el polipropileno, se mantiene a flote, permitiendo su separación efectiva del resto de materiales que se sumerge, constituyendo así el material no deseado. Este fenómeno se produce gracias a la interacción entre la solución y las propiedades densimétricas de los plásticos presentes.

Para una comprensión más detallada de la construcción y funcionamiento del sistema automatizado separador de plástico tipo polipropileno, es esencial destacar los siguientes puntos clave.



Figura 14. Vista de componentes.

V-A. *Diseño y construcción de la clasificadora*

Los componentes del prototipo se construyen utilizando PLA(Filamento) . Para fabricar cada pieza, se emplean diversos procedimientos de manufactura, que incluyen cortes por calor , por herramientas y modelados por impresión 3D.

V-B. *Diseño y construcción del sistema de barrido y extracción*

El diseño del sistema de barrido consiste en soportes montados en los bordes laterales de la pecera, con dimensiones especificadas en los planos. Estos soportes tienen un eje horizontal atravesado en sus orificios para sostener los rodillos barreadores con uñas, los cuales tienen un radio adecuado para la extracción del plástico con respecto al nivel del agua.

V-C. *Diseño y construcción del sistema aspersor*

El diseño y construcción del sistema aspersor tiene como objetivo principal agitar el plástico que se encuentra en la superficie, moviéndolo hacia el extremo opuesto donde se ubica el sistema de barrido y extracción. Este sistema opera principalmente con una minibomba sumergible de 12V, la cual impulsa el contenido del fondo de la pecera hacia la superficie a través de una manguera. Este impulso se distribuye por los conductos dispuestos a lo largo

del aspersor, como se muestra en los planos. El aspersor se monta en los bordes laterales de la pecera de forma horizontal con respecto al sistema de barrido y extracción.

V-D. Dimensionamiento del tanque

El diseño del tanque cuenta con dimensiones de 80 cm x 30 cm x 40 cm, empleando vidrio de 6 mm de grosor para resistir tensiones de ruptura que oscilan entre 1200 y 2000 kg/cm².

Para los calculos del diseño del tanque se establecen los siguiente lineamientos:

Capacidad volumetrica: Determina la capacidad de la solucion en litros en el tanque.

$$V=L*A*H$$

Se debe destacar que el recipiente no es llenado en su totalidad; en cambio, se limita a alcanzar una altura de entre 36 y 37 cm.

Sabiendo que:

L: Largo del tanque

A: Ancho del tanque

H: Alto del tanque

$$\begin{aligned}V &= L * A * H \\V &= 60\text{cm} * 30\text{cm} * 27\text{cm} \\V &= 48,600\text{cm}^3\end{aligned}$$

Obteniendo el volumen del tanque en cm³, se realiza una conversion que esta dada por la siguiente formula:

$$\begin{aligned}V_{\text{Litros}} &= 48,600 \div 1000 \\V &= 48,6 \text{ Litros}\end{aligned}$$

V-E. Densidad de la solución

Se utiliza una combinación de agua y alcohol en proporciones similares en relación a las dimensiones previamente definidas.

El objetivo es calcular la densidad total de la solución en el recipiente, para lo cual se calculan las masas parciales tanto del agua como del alcohol sobre el volumen total de 48,6 litros.

Densidad del agua = 997kg/m³

$$\begin{aligned}d &= m/v \\m &= v * d\end{aligned}$$

Se toma en cuenta la mitad del volumen total, ya que el tanque es llenado con una mezcla de mitad agua y mitad alcohol.

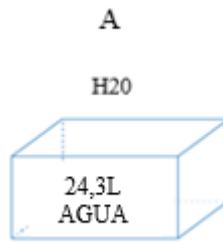


Figura 15. Cantidad de agua

$$m = 24,3L * 997kg/m^3$$

$$m = 24300ml * 0,997g/ml$$

$$m_1 = 24227.1g$$

Después, se calcula la mitad restante de la masa necesaria para alcanzar los litros de la solución total en el tanque.

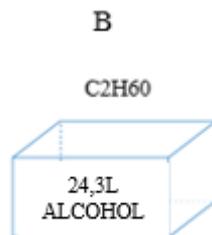


Figura 16. Cantidad de alcohol

Densidad del etanol = 789kg/m³

$$d = m/v$$

$$m = v * d$$

$$m = 24,3L * 789kg/m^3$$

$$m = 24300ml * 0,789g/ml$$

$$m_2 = 19172,7g$$

Densidad de la solución: 899kg/m³

Para la calcular la densidad de la solución , se utiliza la misma formula de densidad:

$$P = m/v$$

Una vez obtenido el valor de las dos masas , se obtiene el valor definitivo de la densidad de la solución.

$$P = (m_1 + m_2) / 48,6l$$

AB



Figura 17. Cantidad total de la mezcla

Dividiendo la suma de las dos masas con el valor total del volumen del tanque.

$$P = 24227.1\text{g} + 19172,7\text{g} / 48,600\text{ml}$$
$$p = 89,299\text{kg/m}^3$$

V-F. Presión del agua

Para este cálculo se utiliza la ecuación de la presión hidrostática, que se aplica cuando hay un líquido en un recipiente y hay una diferencia de altura entre dos puntos dentro del líquido. La fórmula general para la presión hidrostática es:

$$P = d * g * h$$

Donde:

P = presión en el fondo del tanque.

d = densidad de la solución.

g = aceleración debido a la gravedad.

h = altura del líquido desde el punto de referencia hasta el fondo del tanque.

Se sustituye el valor de la densidad de la solución previamente calculado y se considera las variables de altura de llenado y gravedad.

$$P = 89,299\text{kg/m}^3 * 9,8\text{m/s}^2 * 0,37\text{m}$$
$$P = 323,798\text{N/m}^2$$

V-G. Tiempo de vaciado

El principio de Torricelli se aplica para determinar la velocidad de flujo en un fluido en un punto determinado. En este caso, al considerar la diferencia de altura h entre dos puntos, Z1 y Z2, junto con otras variables conocidas como la presión inicial P1, la velocidad inicial V1, y la pérdida de carga hf, podemos establecer una ecuación que nos permite calcular la velocidad v2 en el punto más bajo.

$$h = Z_1 - Z_2$$

P1/y = 0 - En el punto más alto la presión es 0 por la atmósfera

$$V_1 = 0$$

hf = 0 - Pérdida de carga

Sustituyendo en 1

$$Z_1 - Z_2 + 0 + 0 = 0 + V_2^2 / 2g + 0$$

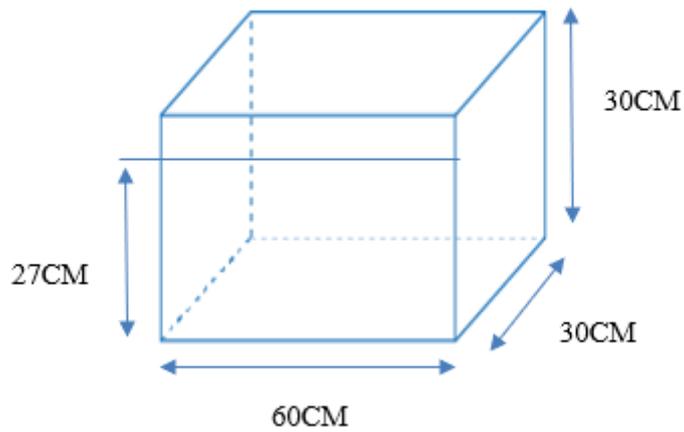


Figura 18. Medidas de la pecera

$$h = \frac{V_2^2}{2g}$$

Principio de Torricelli – $V_2 = \sqrt{2gh}$

Donde :

g es la aceleración debido a la gravedad

V-H. Ecuación de Torricelli

1. Principio matemático

$$Z_1 = \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + hf$$

$Z_1 =$ Altura max

$\frac{P_1}{\gamma} =$ Presión punto 1

$\frac{V_1^2}{2g} =$ Velocidad de la altura/gravedad

$hf =$ Perdida de Carga

$\frac{P_z}{\gamma} = 0$

$V_2 = \sqrt{2gh} - -$ Velocidad Teórica

La velocidad real sera:

$$V = V_2 * C_v$$

Por tanto:

$$V = C_v * \sqrt{2gh}$$

Se aplica la ecuación de continuidad:

$$Q = A * V$$

$$Q = A * C_v \sqrt{2gh}$$

Sin embargo:

$$A = A_{orificio}$$

Por tanto:

2.Caudal

$$Q = A_{orificio} * C_c * C_u$$

Donde:

$C_c =$ Coeficiente de contracción

$C_u =$ Coeficiente de velocidad

$C_d =$ Coeficiente de descarga

Tiempo de vaciado

$$Q = dv/dt$$

$$dv = Q * dt$$

$$Q = \text{Caudal}$$

$$dv = \text{Volumén Derivado}$$

$$dt = \text{Tiempo Derivado}$$

$$dv = -A * dh$$

Por lo tanto: reemplazando

$$-A * dh = Q dt$$

$$-A * dh = A_{orificio} \sqrt{2gh} * dt$$

$$\int_0^t dt = \frac{1}{A_{orificio} * C_d \sqrt{2g}} \int_0^t \frac{A}{h} * dh$$

$$\frac{A}{C_d \sqrt{2g}} \int_{h_2}^{h_1} \frac{dh}{\sqrt{h}} = \int_{t_2}^{t_1} dt$$

$$\frac{A}{C_d \sqrt{2g}} [(2\sqrt{h_1}) - (2\sqrt{h_2})] = [t_1 - t_2]$$

$$\frac{A}{a\sqrt{g^2}} 2[\sqrt{h_1}] = t_2$$

$$\frac{A_b}{a_c} \sqrt{\frac{zh}{g}} = t$$

$$a_c = \frac{\pi D a^2}{4}$$

$$a = \frac{\pi(0,06)^2}{4}$$

$$a = 0,028m$$

$$a = 0,028m$$

$$A_b = a * c \quad \longrightarrow \quad \text{Área de la base}$$

$$A_b = 0,6 * 0,3m$$

$$A_b = 0,18m^2 \quad \text{Altura del tanque}$$

$$t = \frac{(0,18m^2)}{(0,028m^2)} \sqrt{\frac{2(0,27m)}{g}} = 13,71s \text{ de vaciado}$$

V-I. Tiempo de llenado

Para el tiempo de llenado se definen las variables del volumen del tanque y el flujo volumetrico.

Donde :

V: Volumen del tanque.

Q: Flujo de entrada de solución al tanque.

T: Tiempo de llenado del tanque.

Primero se determina el valor volumen del tanque multiplicando sus dimensiones (largo, ancho y altura).

$$V=L*A*H$$

donde: L, A y H son el largo, ancho y altura del tanque respectivamente.

El tiempo de llenado (t) se puede encontrar dividiendo el volumen del tanque entre el flujo de entrada de líquido.

$$t= V/Q$$

Es importante tener en cuenta que el tiempo de llenado del tanque puede variar dependiendo del flujo de entrada de líquido y las condiciones del sistema, como la presión y la viscosidad del líquido.

Al seguir este procedimiento, se puede determinar con precisión el tiempo requerido para llenar un tanque con un flujo de entrada de líquido dado.

El tiempo de llenado lo obtenemos mediante las pruebas de llenado.



Figura 19. Tanque rectangular siendo cronometrado con accionamiento de llenado por bomba

Con esta prueba podemos determinar que el tiempo de llenado del tanque hasta 28cm es aproximadamente 108 seg. Por lo tanto se reemplaza el valor en la ecuación con los valores de las variables ya conocidas.

$$1.8\text{min}=48.6\text{L}/Q$$

Se despeja la variable Q , para determinar el valor del caudal.

$$Q=48.6\text{L}/1.8\text{min}$$

$$Q=27\text{L}/\text{min}$$

VI. RESULTADOS

VI-A. funcionamiento de la clasificadora.

El proceso comienza con el llenado manual de los tipos de plástico a procesar en el tanque principal. Una vez lleno, se activa el botón de marcha, lo que acciona la bomba de 110V para transferir el contenido del tanque reservorio al tanque principal. Este proceso es controlado mediante un interruptor de nivel tipo boya, el cual identifica el nivel del agua y detiene automáticamente el llenado del tanque principal cuando alcanza el nivel deseado.

Para facilitar la separación de los plásticos, se utiliza un sistema de agitación con una bomba sumergible de 12V, que desplaza el plástico de la superficie de la pecera hacia un extremo del tanque. Luego, este plástico es retirado con un sistema de barrido hacia la tolva, donde la celda de carga muestra el peso en gramos.

Posteriormente, se activa el mecanismo de desfogue en el fondo de la pecera, accionado por un servomotor para retirar el plástico no deseado que se encuentra en el fondo del tanque. Durante este proceso, los trozos de plástico son recolectados en una malla cernidora y luego retirados con un sistema de arrastre hacia un recipiente. Mientras tanto, la solución de alcohol y agua retorna al tanque reservorio para iniciar nuevamente el proceso.

Este ciclo se repite continuamente para clasificar y recolectar los plásticos deseados de manera eficiente.



Figura 20. Accionamiento de bomba

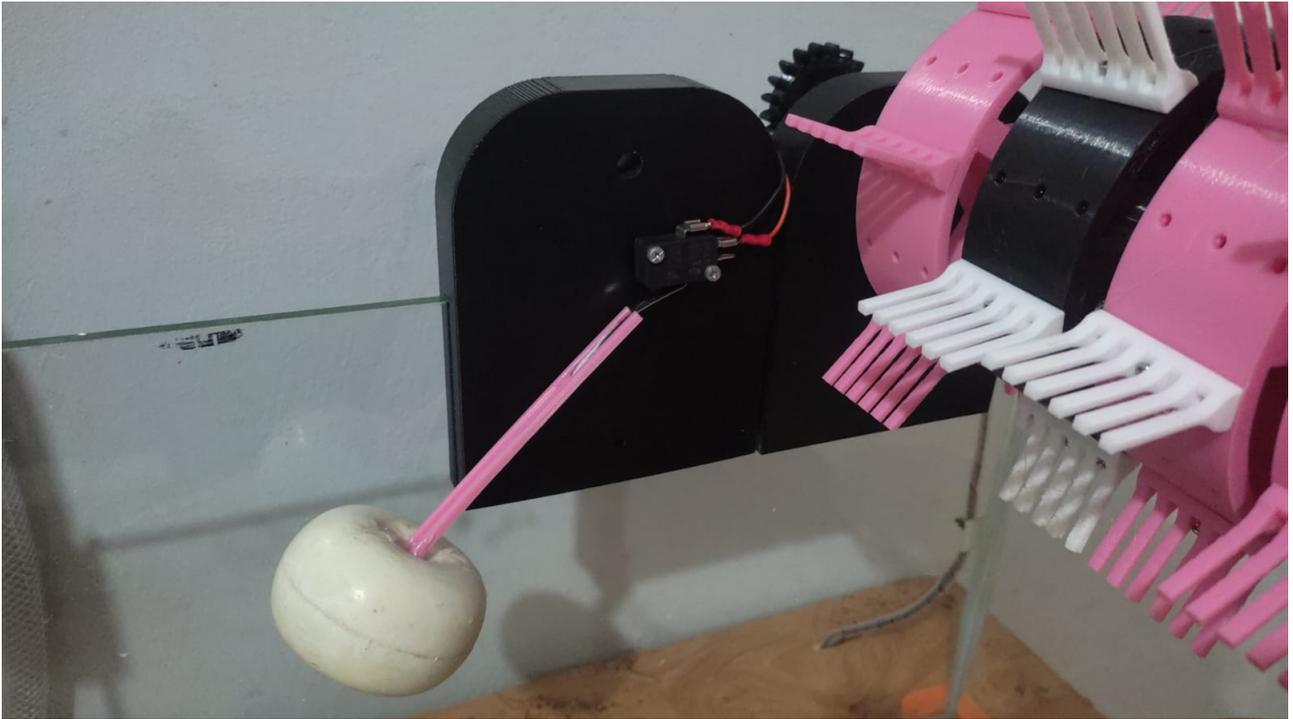


Figura 21. Interruptor de nivel tipo boya



Figura 22. Accionamiento del aspersor

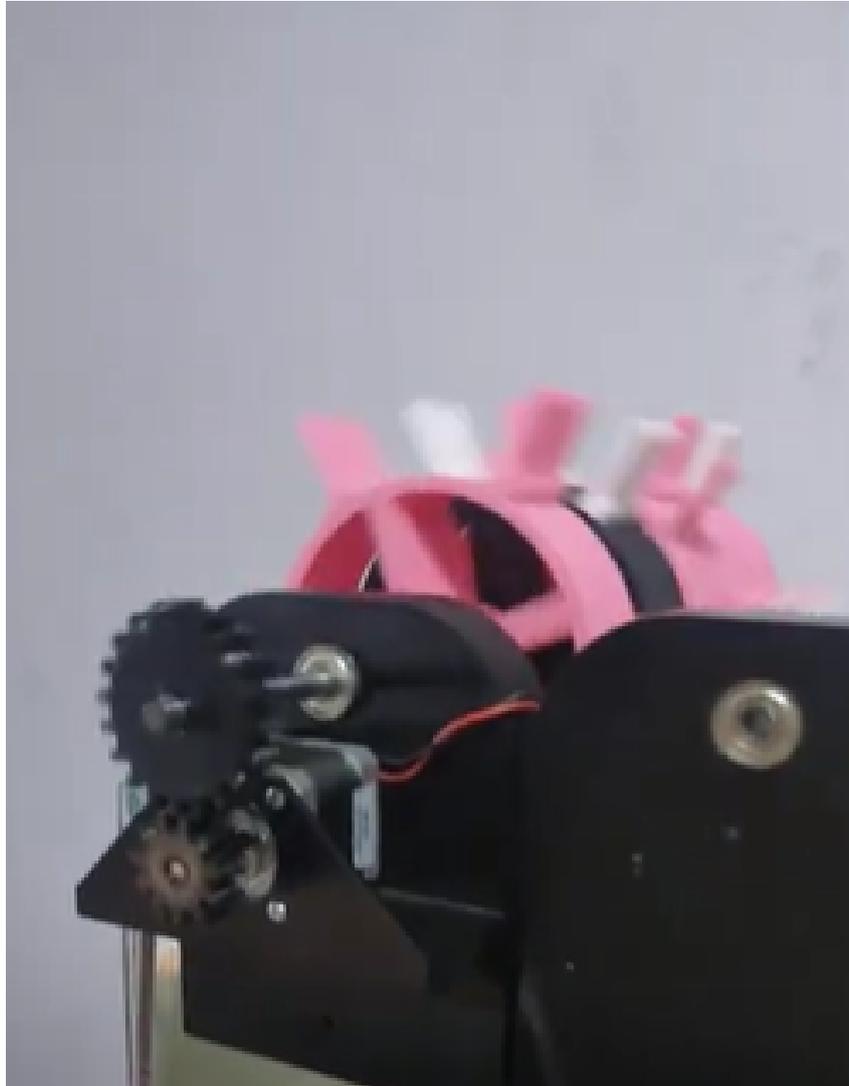


Figura 23. sistema de barrido y extracción

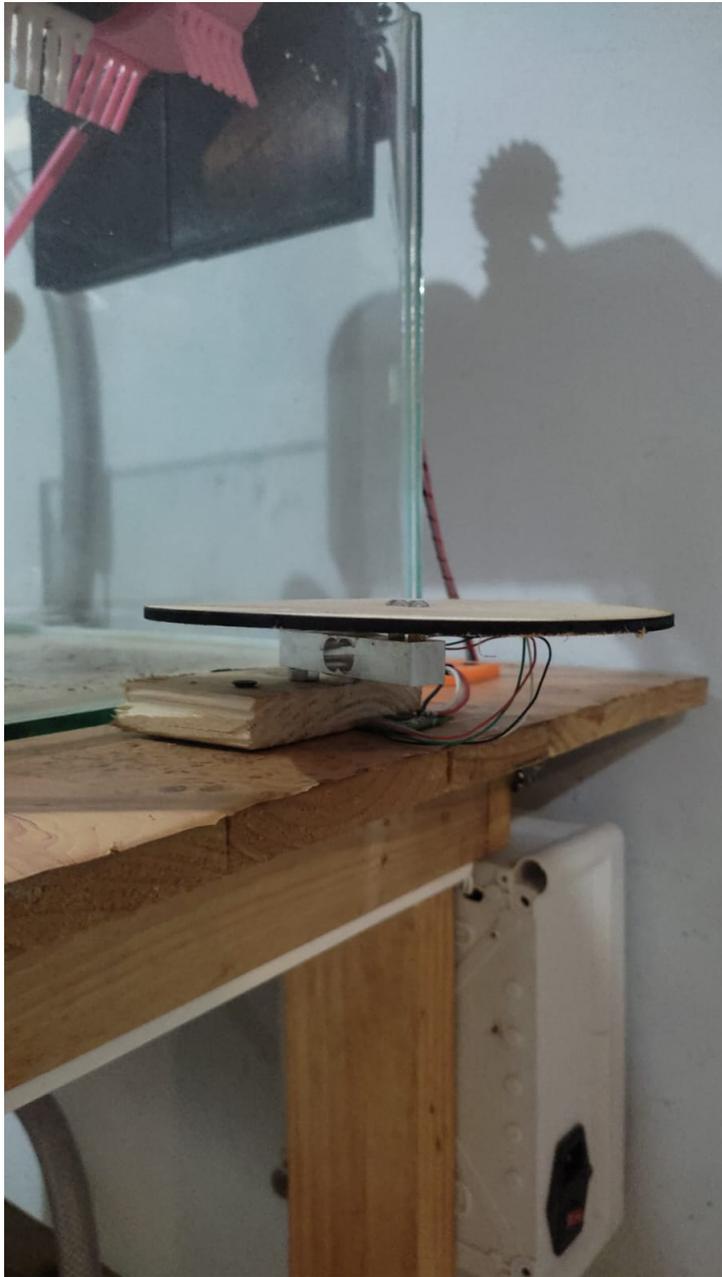


Figura 24. Accionamiento de la galga



Figura 25. Accionamiento del sistema de extracción

VII. CRONOGRAMA

A continuación se muestra el cronograma de trabajo.

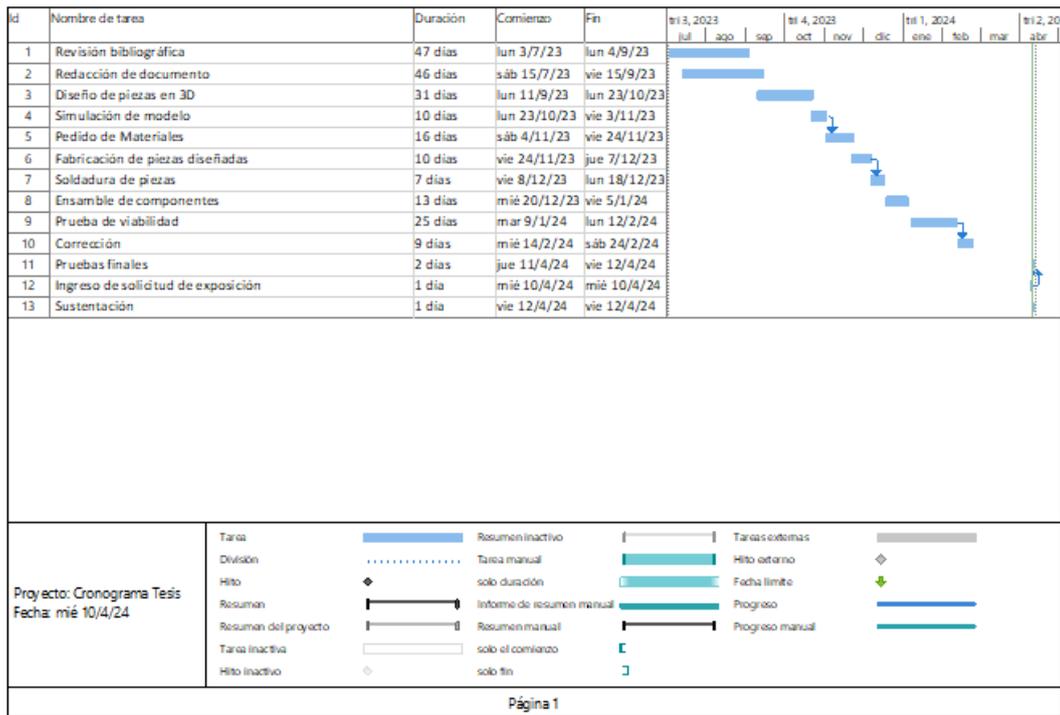


Tabla I
CRONOGRAMA

VIII. PRESUPUESTO

A continuación se muestra el presupuesto del proyecto.

Item	Artículo	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Final
1	Arduino	Arduino	1	\$ 10,00	\$ 10,00
2	Bomba de agua 110v	Bomba de agua de 110v	1	\$ 35,00	\$ 35,00
3	Motor Nema 17	Motor Nema 17	1	\$ 15,10	\$ 15,10
4	Chip para contro de motor de paso	Chip para contro de motor de paso	1	\$ 10,00	\$ 10,00
5	Servo control sg90 360grados	Servo motor de 360grados	1	\$ 6,10	\$ 6,10
6	Modulo rele de 4 canales	Modulo relé	1	\$ 10,00	\$ 10,00
7	Micro servo mg995 180grados	Servo de 180grados	1	\$ 3,20	\$ 3,20
8	Mini bomba sumergible 12v	Mini bomba sumergible 12v	1	\$ 11,00	\$ 11,00
9	Fuentes de voltaje 12v	Fuente de poder de 12v	1	\$ 35,00	\$ 35,00
10	Interruptor de nivel	Interruptor de nivel	1	\$ 4,20	\$ 4,20
11	Galga de peso	Medidor de peso	1	\$ 7,00	\$ 7,00
12	Botoneras	Botoneras	2	\$ 4,30	\$ 8,60
13	Pantalla lcd2004	Pantalla lcd2005	1	\$ 10,30	\$ 10,30
14	Tablero de plástico	Tablero de plástico	1	\$ 11,20	\$ 11,20
15	Pecera de vidrio	Pecera de vidrio 60*30*30	1	\$ 50,00	\$ 50,00
16	Anillos de acero inox	Anillos de acero inox	8	\$ 1,25	\$ 10,00
17	Canaleta	Canaleta	1	\$ 2,40	\$ 2,40
18	Codos y Uniones	Codos y Uniones	15	\$ 0,83	\$ 12,50
19	Filamento PLA	Filamento PLA	2,3kg	\$ 23,42	\$ 46,85
20	Eje liso	Eje liso	3	\$ 3,33	\$ 10,00
21	Rollo estaño	Rollo estaño	50gr	\$ 4,25	\$ 4,25
22	Termoencogibles	Termoencogibles	1mtr	\$ 1,50	\$ 1,50
23	Poleas dentadas 8mm	Poleas dentadas 8mm	4	\$ 1,00	\$ 4,00
24	Riel din	Riel din	1	\$ 2,00	\$ 2,00
25	Conjunto de tornillos varios	Conjunto de tornillos varios	10	\$ 0,2	\$ 2,00
26	Manguera lisat2"	Manguera lisat2"	4mtrs	\$ 2,50	\$ 10,00
27	Mesa de madera	Mesa de madera	1	\$ 25,00	\$ 25,00
28	Pape Tapiz	Pape Tapiz	2mtrs	\$ 1,26	\$ 2,52
29	Pvc tuberias	Pvc tuberias	2	\$ 4,75	\$ 9,50
30	Silicona y Pegatubos	Silicona y Pegatubos	1	\$ 8,50	\$ 8,50
Total					\$377,72

Tabla II
PRESUPUESTO

IX. CONCLUSIONES

La conclusión celebra el hito alcanzado con el prototipo de máquina clasificadora de plástico, un proyecto que nació de la necesidad y se convirtió en realidad a través de la ingeniería desde cero, impulsada por un experimento inicial.

La combinación de alcohol y agua emergió como una solución poderosa para separar el polipropileno del resto de plásticos. La capacidad de mostrar en pantalla el peso exacto del plástico clasificado añade una dimensión de control y precisión al proceso, mejorando aún más su eficacia.

Este avance no solo representa un logro técnico, sino también un paso importante hacia una gestión más inteligente y sostenible de los desechos plásticos. Subraya la necesidad continua de explorar nuevas ideas y tecnologías, así como la importancia de la creatividad en la búsqueda de soluciones ambientales más efectivas y eficientes.

X. RECOMENDACIONES

Se recomienda integrar este proceso de clasificación de plástico reciclable en las líneas tradicionales de separación, especialmente para el polipropileno. Previo al ingreso a la clasificadora, es esencial que el plástico haya pasado por inspección, lavado y extrusión para garantizar una calidad óptima del polipropileno a separar. Por lo tanto, se aconseja extruir el plástico en pedazos pequeños y haber sido previamente revisado minuciosamente. Esta medida asegura un proceso de clasificación eficaz, maximizando tanto la eficiencia como la calidad del plástico reciclado resultante.

Es importante realizar pruebas piloto adicionales para validar la viabilidad y efectividad de esta integración en las líneas de separación existentes. Asimismo, se incita a continuar la investigación y refinamiento del proceso de clasificación en colaboración con expertos en la industria del reciclaje de plásticos, con el fin de adaptarse de manera óptima a las necesidades específicas y contribuir al objetivo de sostenibilidad ambiental.

REFERENCIAS

- [1] European plastics converters, *Plásticos*. dirección: <https://www.plasticsconverters.eu/>.
- [2] GlobaPast, *El polipropileno y el plástico reciclado*, 2022. dirección: <https://globaplast.com.mx/polipropileno-y-plastico-reciclado/>.
- [3] Alvizlo, *¿Son inocuos para la salud los pélets de plástico?* 2024. dirección: <https://www.productordesostenibilidad.es/2024/01/son-inocuos-para-la-salud-los-pellets-de-plastico/>.
- [4] G. Research, *Plásticos: Un mundo en expansión*, 2022. dirección: https://www.researchgate.net/publication/363661412_Plasticos_un_mundo_en_expansion.
- [5] Weerg, *¿Qué es polipropileno? Uso, ventajas y desventajas*, 2021. dirección: {<https://www.weerg.com/es/guias/polipropileno-usos-ventajas-ydesventajas#:~:text=El%20polipropileno%20mantiene%20la%20capacidad,m%C3%A9dicas%20y%20envases%20de%20p%C3%ADldoras>}.
- [6] Plastic Tecnologic, *Separación y Clasificación de plásticos*, <https://www.pt-mexico.com/articulos/como-separar-los-plasticos-para-su-reciclado>, 2023.
- [7] Tecmikro, *Réle estado sólido*, <https://tecmikro.com/reles-relays/645-rele-de-estado-solido.html>, 2024.
- [8] eivinueza, *Imagen Réle estado sólido*, <https://www.eivinueza.com.ec/automatizacion-y-control/reles-termicos/rele-estado-solido.html>, 2024.
- [9] ampul, *Fuente de alimentación 15v*, <https://www.ampul.eu/es/fuentes-de-alimentacion-conmutadas/5136-fuente-de-alimentacion-15v-3a-45w>, 2024.
- [10] Aquae, *¿Sabes qué es un Arduino y para qué sirve?* <https://www.fundacionaquae.org/wiki/sabes-arduino-sirve/>, 2020.
- [11] Pro Electronics, *Pantalla lcd2004*, <https://www.electronicsecuador.com/producto/lcd-2004/>, 2024.
- [12] Prometec, *Motor paso a paso*, <https://www.prometec.net/motores-paso-a-paso-introduccion/>, 2024.
- [13] Naylamp, *Driver DRV8825*, <https://naylampmechatronics.com/driver-pap-stepper/126-driver-pap-drv8825.html>, 2024.
- [14] Novatronicec, *Servo motor SG90*, <https://novatronicec.com/index.php/product/servomotor-sg90-360-grados/>, 2024.
- [15] ProElectronic, *Motor paso a paso*, <https://www.electronicsecuador.com/producto/micro-servo-mg995-180/>, 2024.
- [16] Pro Electronics, *Mini Bomba de agua 12v*, <https://www.electronicsecuador.com/producto/mini-bomba-de-agua-12v-4lt-min/>, 2024.
- [17] DirectIndustry, *Interruptor de Nivel*, <https://guide.directindustry.com/es/que-interruptor-de-nivel-elegir/>, 2024.
- [18] Proferret, *Bomba de 110v 1/2*, <https://proferret.com.ec/producto/bomba-de-agua-1-2-hp-110v-1x1-total/?2e>, 2024.

ANEXO A PLANOS EN SOLIDWORKS

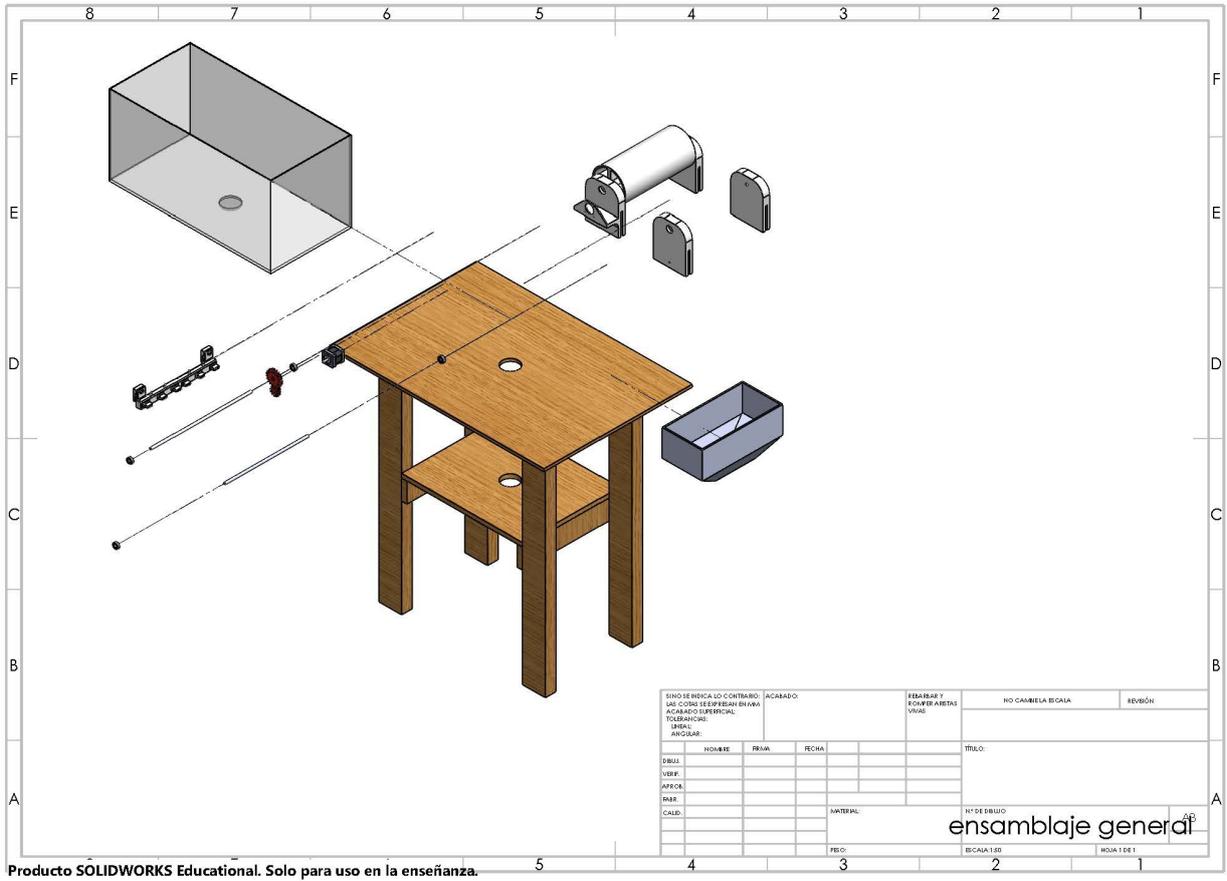


Figura 26. Ensamblaje general del prototipo

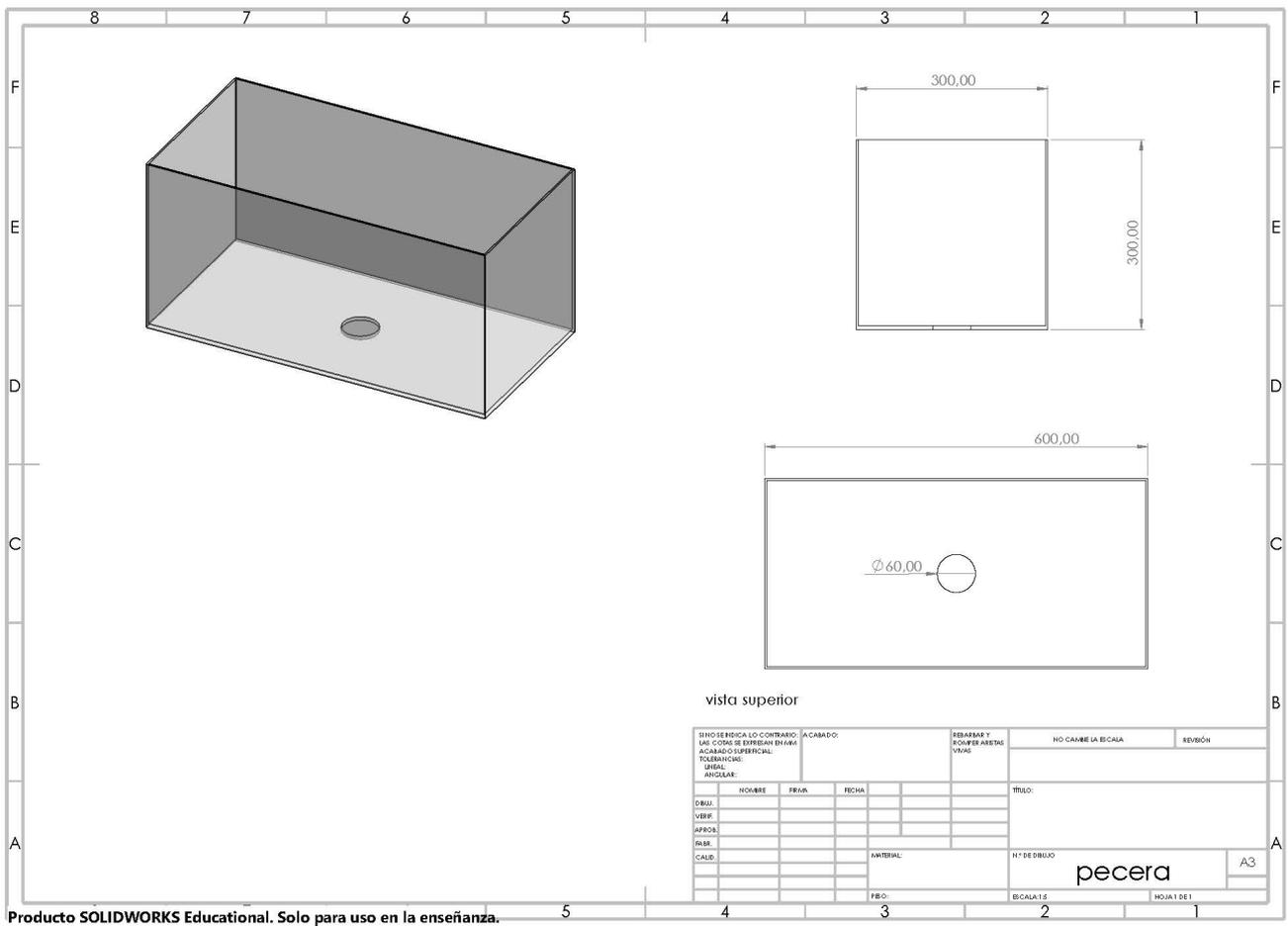
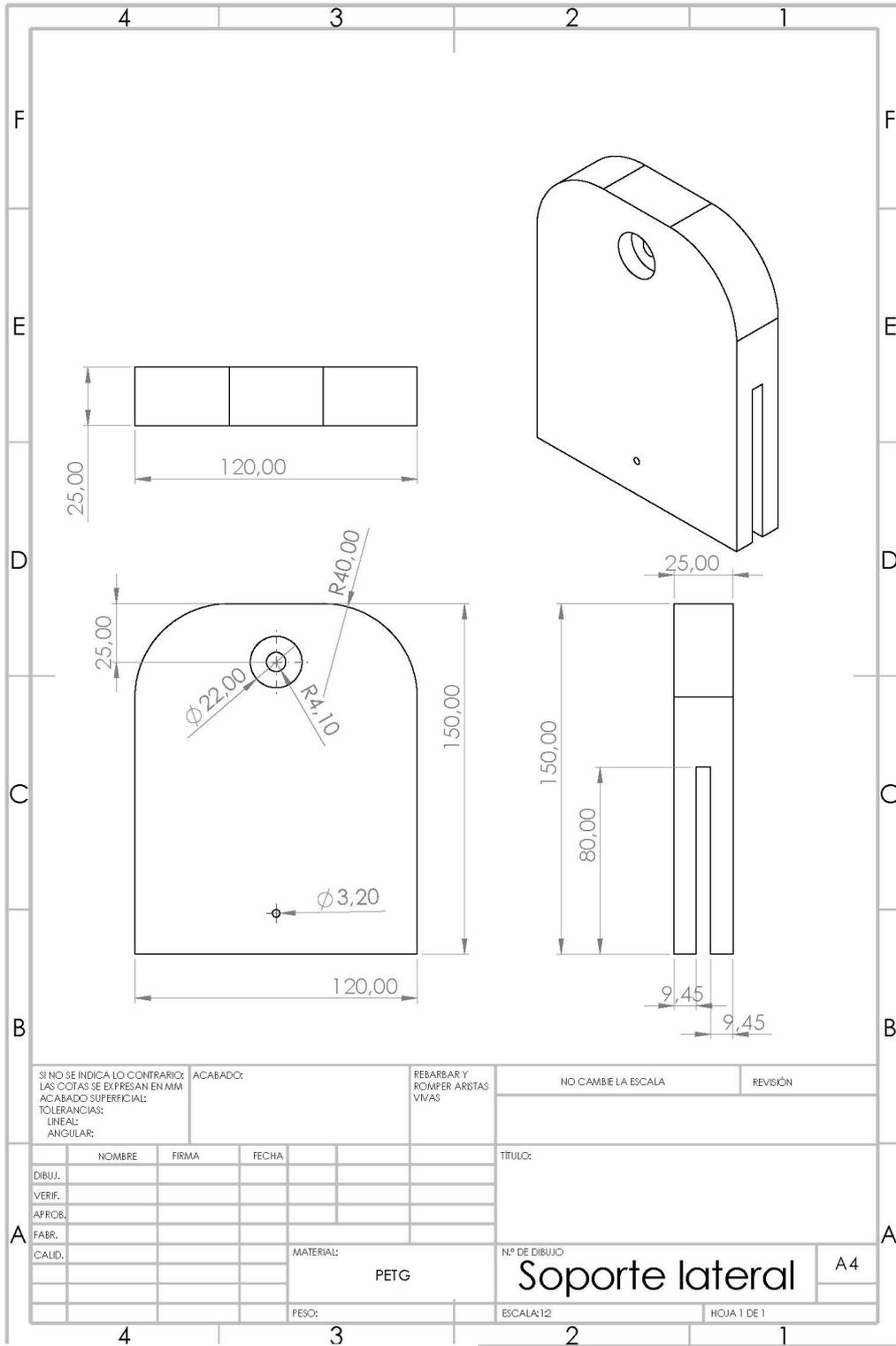
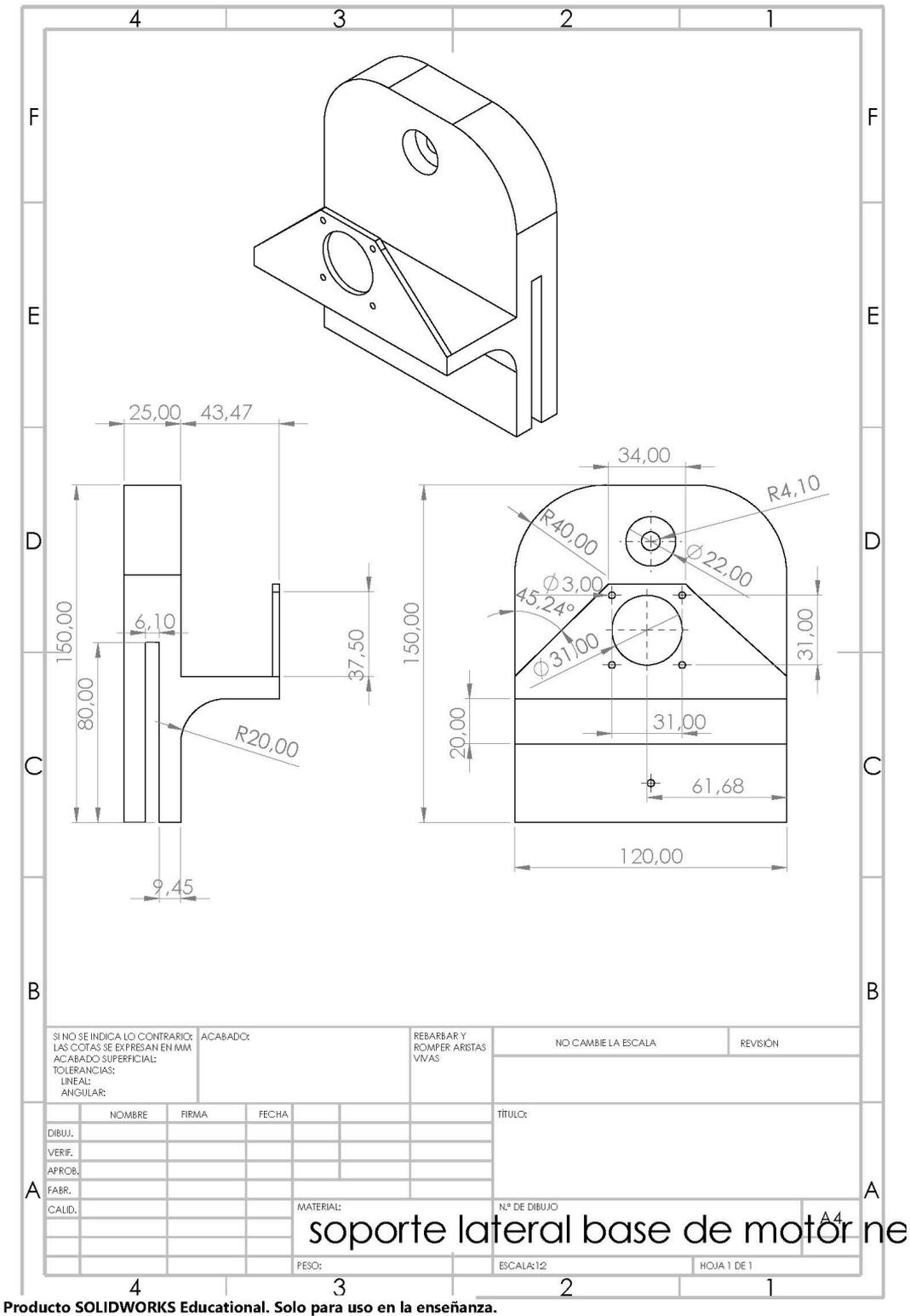


Figura 27. Plano para diseño de pecera



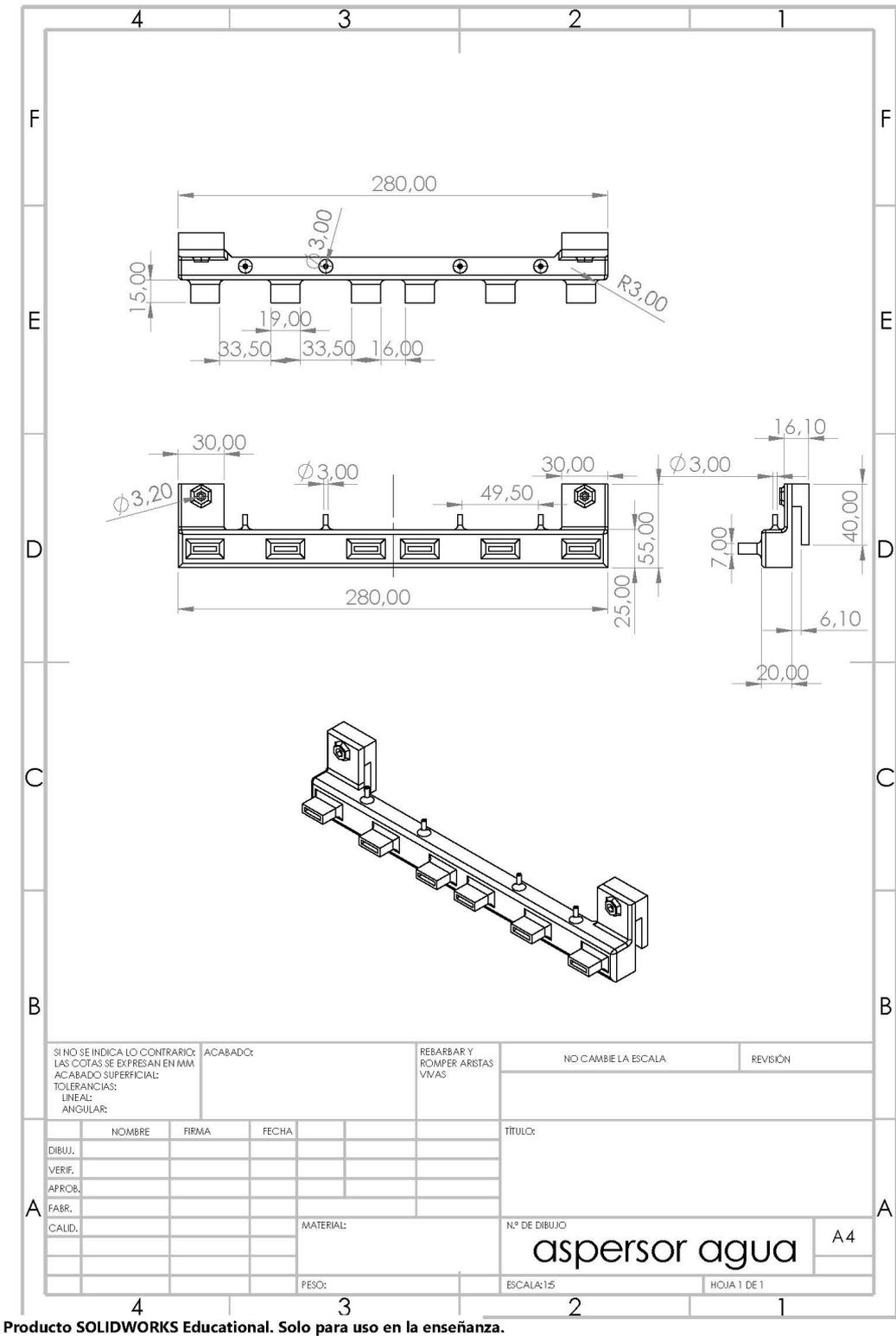
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 28. Plano del soporte lateral



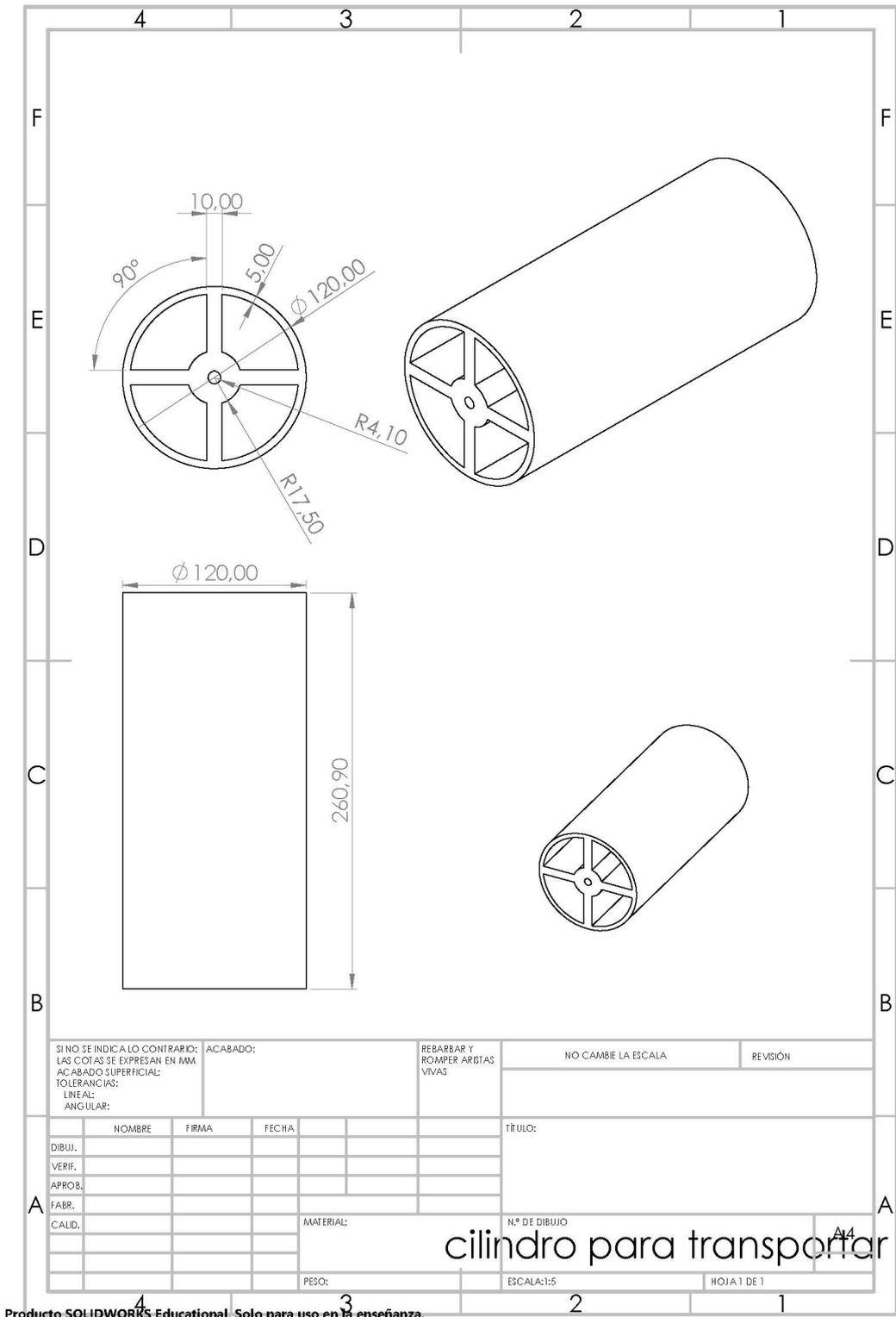
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 29. Plano del soporte-base motor



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 30. Plano del aspersor de agua



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 31. Cilindro para transportar

ANEXO B
ESQUEMA ELÉCTRICO DEL PROTOTIPO

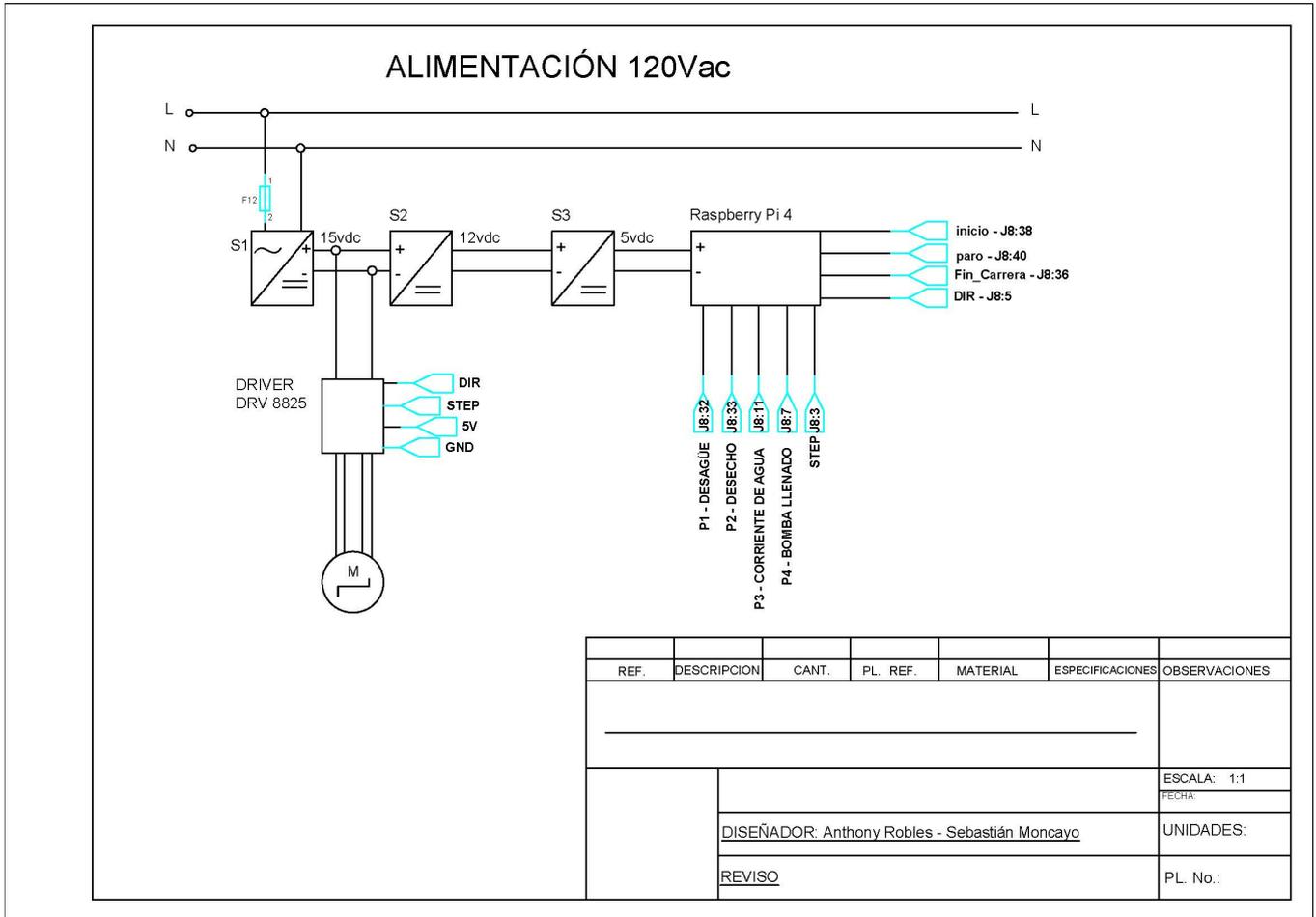
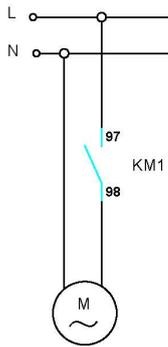
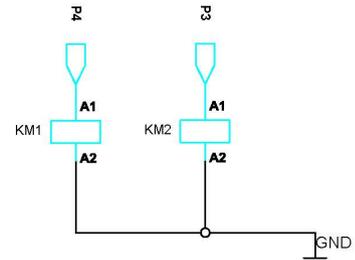
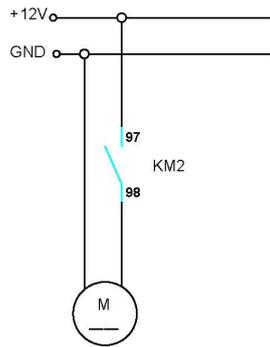


Figura 32. Esquema de conexión general

ALIMENTACIÓN 120Vac



ALIMENTACIÓN 12Vdc



REF.	DESCRIPCION	CANT.	PL. REF.	MATERIAL	ESPECIFICACIONES	OBSERVACIONES
						ESCALA:
						FECHA:
DISEÑADOR: Anthony Robles - Sebastián Moncayo						UNIDADES:
REVISOR						PL. No.:

Figura 33. Esquema de conexión de relé para control de activación y desactivado de las bombas de agua

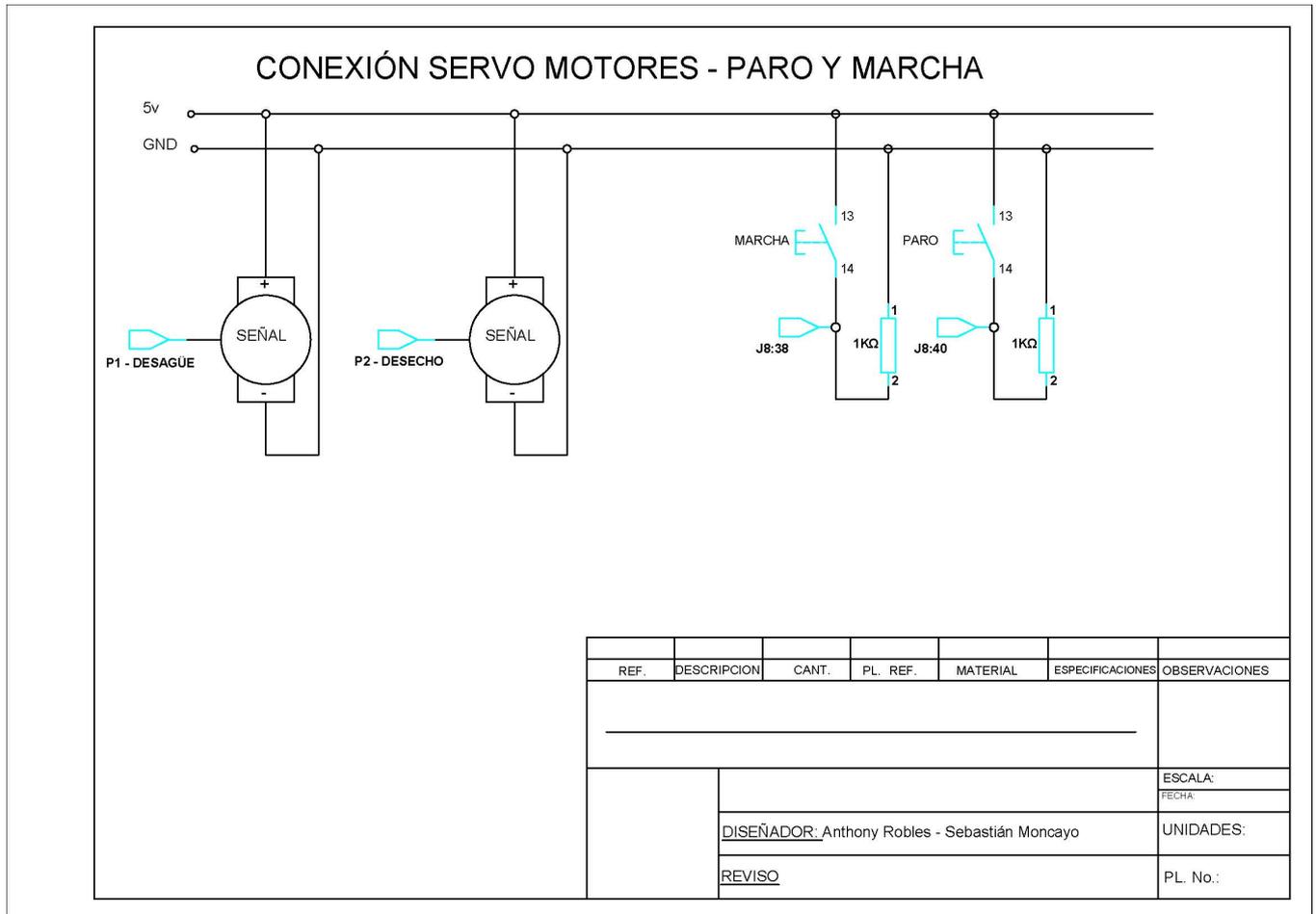


Figura 34. Esquema de conexión de servo motores-paro y marcha

ANEXO C
PROGRAMACIÓN DEL ARDUINO

Proyecto_Tesis.ino

```
1  #include <Wire.h>
2  #include <LiquidCrystal_I2C.h>
3  #include <Servo.h>
4  #include <AccelStepper.h>
5  #include "HX711.h"
6  #include <EEPROM.h>
7
8  #define SSR_PIN 7
9  #define RELAY_PIN 8
10 #define SERVO_PIN 9
11 #define CONTINUOUS_SERVO_PIN 10
12 #define DIR_PIN 4
13 #define STEP_PIN 2
14 #define START_BUTTON_PIN 5
15 #define STOP_BUTTON_PIN 6
16 #define LCD_ADDRESS 0x27 // Dirección I2C de la pantalla LCD
17
18 LiquidCrystal_I2C lcd(LCD_ADDRESS, 16, 2); // Inicializa el objeto LCD
19
20 Servo servoMotor;
21 Servo continuousServo;
22 AccelStepper myStepper(AccelStepper::DRIVER, STEP_PIN, DIR_PIN);
23
24 bool isRunning = false;
25
```

Figura 35. Definición de las variables y librerías

```

26 byte DT = 12;
27 byte CLK = 11;
28 byte modo = 3;
29 byte tara = 13;
30 int peso_conocido[4] = {500, 1000, 3000, 5000};
31 long escala;
32
33 HX711 balanza;
34
35 void anti_debounce(byte boton){
36     delay(100);
37     while(digitalRead(boton)); //Anti-Rebote
38     delay(100);
39 }
40
41 void calibration(){
42     int i = 0, cal = 1;
43     long adc_lecture;
44     lcd.setCursor(2, 0);
45     lcd.print("Calibracion de");
46     lcd.setCursor(4, 1);
47     lcd.print("Balanza");
48     delay(1500);
49     balanza.read();
50     balanza.set_scale(); //La escala por defecto es 1
51     balanza.tare(20); //El peso actual es considerado Tara.
52     lcd.clear();
53     while(cal == 1){
54         lcd.setCursor(1, 0);
55         lcd.print("Peso Conocido:");

```

Figura 36. Segmentación de celda de carga

```

56     lcd.setCursor(1, 1);
57     lcd.print(peso_conocido[i]);
58     lcd.print(" g      ");
59     if(digitalRead(tara)){
60         anti_debounce(tara);
61         i = (i > 2) ? 0 : i + 1;
62     }
63     if(digitalRead(modos)){
64         lcd.clear();
65         lcd.setCursor(1, 0);
66         lcd.print("Ponga el Peso");
67         lcd.setCursor(1, 1);
68         lcd.print("y espere ...");
69         delay(2000);
70         adc_lecture = balanza.get_value(100);
71         escala = adc_lecture / peso_conocido[i];
72         EEPROM.put(0, escala);
73         delay(100);
74         cal = 0;
75         lcd.clear();
76     }
77 }
78 }

```

Figura 37. Muestreo e identificación del peso

```

80 void setup() {
81     Serial.begin(9600);
82     while (!Serial);
83     Serial.println("Inicio del programa");
84
85     pinMode(SSR_PIN, OUTPUT);
86     pinMode(RELAY_PIN, OUTPUT);
87     pinMode(START_BUTTON_PIN, INPUT_PULLUP);
88     pinMode(STOP_BUTTON_PIN, INPUT_PULLUP);
89     servoMotor.attach(SERVO_PIN);
90     continuousServo.attach(CONTINUOUS_SERVO_PIN);
91     myStepper.setMaxSpeed(500);
92     myStepper.setAcceleration(100);
93
94     lcd.init();
95     lcd.backlight();
96     lcd.setCursor(0, 0);
97     lcd.print("PROYECTO");
98     delay(2000);
99     lcd.clear();
100
101     balanza.begin(DT, CLK);
102     pinMode(modo, INPUT);
103     pinMode(tara, INPUT);
104
105     lcd.init();
106     lcd.backlight();
107
108     EEPROM.get(0, escala);

```

Figura 38. Inicio del accionamiento

```

110     if(digitalRead(modos) && digitalRead(tara))
111         calibration();
112
113     lcd.setCursor(1, 0);
114     lcd.print("Retire el Peso");
115     lcd.setCursor(1, 1);
116     lcd.print("y Espere");
117     delay(2000);
118     balanza.set_scale(escala);
119     balanza.tare(20);
120
121     lcd.clear();
122     lcd.setCursor(1, 0);
123     lcd.print("Listo....");
124     delay(1000);
125     lcd.clear();
126 }
127
128 void loop() {
129     float peso;
130
131     peso = balanza.get_units(10);
132
133     lcd.setCursor(1, 0);
134     lcd.print("Peso: ");
135     lcd.print(peso, 0);
136     lcd.println(" g      ");
137     delay(5);
138

```

Figura 39. Muestreo e identificación del peso

```

139   if(digitalRead(tara)){
140   |   anti_debounce(tara);
141   |   balanza.tare(10);
142   }
143
144   if (digitalRead(START_BUTTON_PIN) == LOW && !isRunning) {
145   |   isRunning = true;
146   |   executeCycle();
147   }
148
149   if (digitalRead(STOP_BUTTON_PIN) == LOW) {
150   |   isRunning = false;
151   }
152 }
153
154 void executeCycle() {
155   continuousServo.write(90);
156   Serial.println("Inicio del ciclo");
157
158   lcd.setCursor(0, 0);
159   Serial.println("SSR encendido");
160
161   digitalWrite(SSR_PIN, HIGH);
162   unsigned long ssrStartTime = millis();
163   while (millis() - ssrStartTime < 95000) {
164   |   digitalWrite(SSR_PIN, HIGH);
165   |   delay(1);
166   }

```

Figura 40. Boton y accionamiento de bomba de agua

```

167 digitalWrite(SSR_PIN, LOW);
168 lcd.print(" barrido ");
169 lcd.setCursor(0, 0);
170
171 digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
172 delay(2000);
173 myStepper.moveTo(300000);
174 unsigned long startTime = millis();
175 while (millis() - startTime < 15000) {
176     digitalWrite(SSR_PIN, LOW);
177     myStepper.run();
178 }
179 digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
180 digitalWrite(SSR_PIN, LOW);
181
182 lcd.setCursor(0, 0);
183 Serial.println("Moviendo motor");
184
185 delay(1200);
186 servoMotor.write(90);
187 delay(1000);
188 servoMotor.write(180);
189 delay(10000);
190 servoMotor.write(90);
191 delay(1000);
192 servoMotor.write(0);
193 delay(1200);
194 servoMotor.write(90);
195 delay(1000);

```

Figura 41. Accionamiento del sistema de barrido y extracción

```

196     servoMotor.write(180);
197     delay(1200);
198     servoMotor.write(0);
199     delay(10000);
200
201     lcd.setCursor(0, 0);
202     Serial.println("DESFOGUE");
203
204     continuousServo.write(0);
205     delay(2200);
206     continuousServo.write(360);
207     delay(2200);
208     continuousServo.write(0);
209     delay(2200);
210     continuousServo.write(360);
211     delay(2200);
212     continuousServo.write(0);
213     delay(2200);
214     continuousServo.write(90);
215
216     lcd.setCursor(0, 0);
217     Serial.println("LIMPIEZA");
218
219     Serial.println("Fin del ciclo");
220
221     isRunning = false;
222     myStepper.setCurrentPosition(0);
223 }

```

Figura 42. Sistema de extraccion del agua y plastico sobrante

ANEXO D
PROCESO DE CONSTRUCCIÓN



Figura 43. Diseño del prototipo en Solidwork



Figura 44. Ensamblaje de las piezas impresas en 3D

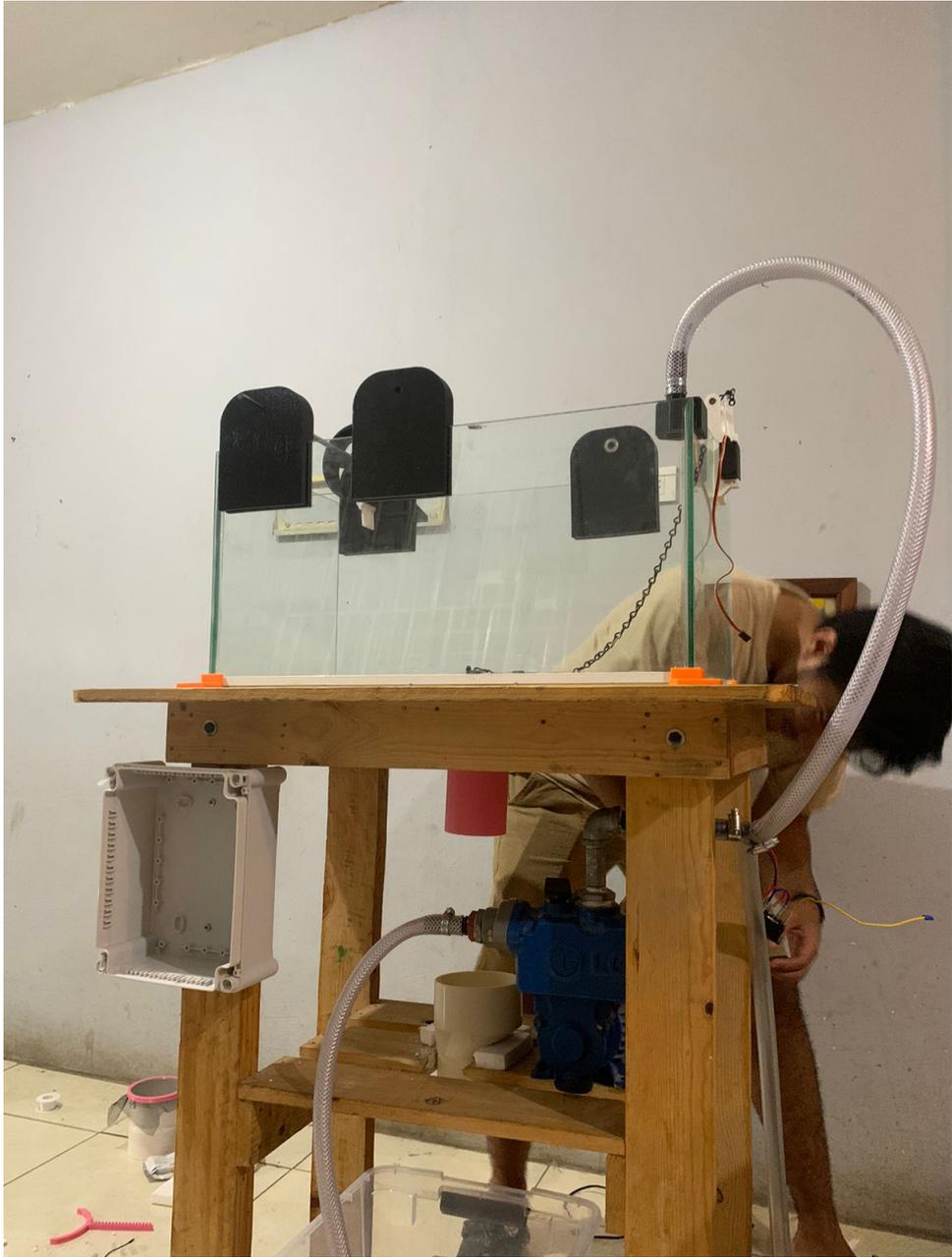


Figura 45. Conexión de la bomba



Figura 46. Acomplamiento de manjera,codos y uniones



Figura 47. Armado del cajetin