

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**DISEÑO DE UN SISTEMA TELEOPERADO PARA RECOLECCIÓN DE  
RESIDUOS SÓLIDOS FLOTANTES EN HUMEDALES**

**Tesis para obtener el título profesional de ingeniero mecatrónico**

**AUTOR**

Richard Daniel Cárdenas Rondán

**ASESOR:**

Mag. Hector Hugo Oscanoa Fernandez

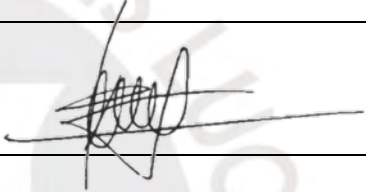
Lima, mayo 2024

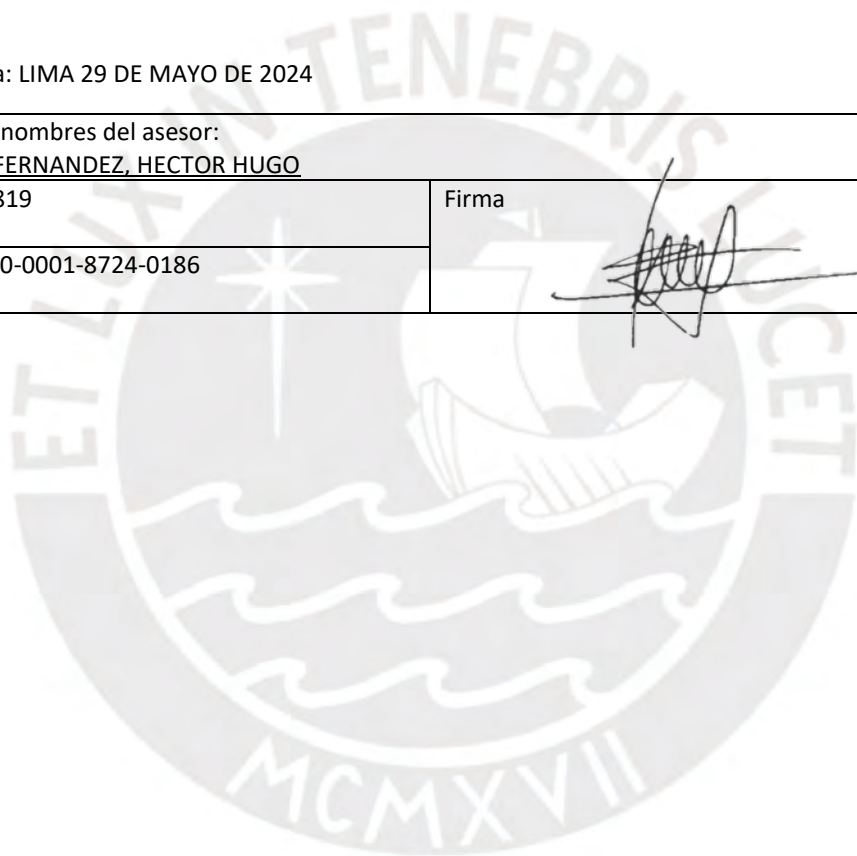
### Informe de Similitud

Yo, **HECTOR HUGO OSCANOA FERNANDEZ**, docente de la Facultad de **CIENCIAS E INGENIERÍA** de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis/el trabajo de investigación titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA TELEOPERADO PARA RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS FLOTANTES EN HUMEDALES**, del autor **RICHARD DANIEL CÁRDENAS RONDÁN** dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de **6%**. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 29/05/2024.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: LIMA 29 DE MAYO DE 2024

Apellidos y nombres del asesor: <b>OSCANOA FERNANDEZ, HECTOR HUGO</b>	
DNI: 72351819	Firma 
ORCID: 0000-0001-8724-0186	



## Resumen

La degradación de los humedales en el Perú se debe en gran medida a la contaminación provocada por el ser humano, ante esto el gobierno promueve el desarrollo de tecnología para la prevención y mitigación de la contaminación como son los residuos sólidos que flotan en la superficie del agua. En el siguiente proyecto se diseña un vehículo recolector de residuos sólidos flotantes con capacidad de ser teleoperado. Esta solución apoyará en labores de limpieza, aumentando la eficiencia y reduciendo el impacto ambiental de la intervención humana o maquinaria pesada.

El diseño del vehículo está basado en modelos de barco del tipo catamarán cuyo casco se encuentra dividido en dos puntos de flotación. Se aprovecha el espacio entre flotadores para instalar una red que atraparán los residuos sólidos cuando el vehículo pase por encima de ellos realizando la acción de barrido. Se acondicionan electrónica de control y monitoreo, tales como una cámara, iluminación, alarma sonora, unidad de medición inercial, medidor de batería y sensores ultrasónicos para estimar el almacenamiento. Con las características propuestas el vehículo podrá realizar el barrido de hasta 5,1 hectáreas por carga de baterías.

En adición se diseñó un mando de monitoreo y control remoto. La tecnología de comunicación propuesta permitirá controlar el vehículo hasta distancias de 2,5km con línea de visión. El mando además de controlar las funciones del vehículo cuenta con un zumbador para indicar alarmas y una pantalla para visualizar la información de sensores que retroalimenta el vehículo teleoperado. Se podrá utilizar el teléfono celular para recibir la señal de video desde el vehículo.

El costo total del sistema se valoriza en 13 026 soles, 12 560 soles para el vehículo y 466 soles para su mando. Se diseñan piezas plásticas que podrán ser elaboradas mediante impresión 3D lo cual ayuda a reducir costos de fabricación.

*Agradezco a mis padres, Richard Efrain y Norma María, y mi hermana Claudia Andrea, quienes, siendo Contador, Obstetra y Arquitecta respectivamente aceptaron mi vocación profesional hacia la Ingeniería y mantuvieron un apoyo constante a lo largo de estos años. También expresar gratitud a mi asesor, el Mag. Hector Oscanoa, por confiar en este proyecto que llevo imaginando y diseñando durante mucho tiempo. Por último, agradezco a mis amigos, tanto de la universidad, el colegio, el trabajo, el barrio y otras áreas, quienes me estiman y confían en mis habilidades y talentos, permitiéndome siempre dar lo mejor de mí a nivel profesional.*

## Índice de contenido

Resumen.....	i
Índice de contenido.....	iii
Índice de figuras.....	vi
Índice de tablas.....	viii
Lista de Símbolos.....	ix
Antecedentes.....	1
1.1. Problemática.....	1
1.2. Propuesta de solución.....	5
1.2.1. Alcance.....	5
1.2.2. Objetivo general.....	6
1.2.3. Objetivos específicos.....	6
1.2.4. Metodología.....	6
1.3. Estado del Arte.....	8
1.4. Lista de requerimientos.....	10
1.5. Solución optima.....	14
Diseño del vehículo recolector.....	15
2.1. Diseño mecánico.....	16
2.1.1. Flotación.....	16
2.1.2. Armazón.....	19
2.1.3. Cálculo de propulsión.....	23
2.1.4. Diseño de red recolectora para el vehículo.....	25
2.1.5. Protección de componentes electrónicos.....	28
2.2. Diseño electrónico.....	29
2.2.1. Consideraciones de altura y temperatura en circuitos eléctricos.....	29
2.2.2. Diagrama de componentes.....	30
2.2.3. Selección de dispositivos electrónicos.....	31
2.2.4. Selección de microcontrolador.....	41
2.2.5. Energización y acondicionamiento del sistema.....	42

2.2.6.	Diagrama de conexiones y esquemático del sistema .....	47
2.3.	Control del sistema .....	49
2.3.1.	Diagrama de flujo del sistema de control .....	49
2.3.2.	Control de velocidad de propulsores.....	50
2.3.3.	Medición de capacidad de almacenamiento .....	52
2.4.	Integración de dominios.....	54
2.4.1.	Montaje de componentes electrónicos .....	54
2.4.2.	Evaluación del peso total del vehículo.....	56
2.4.3.	Características del sistema integrado .....	57
	Diseño del mando de monitoreo y control remoto.....	59
3.1.	Diseño mecánico.....	60
3.1.1.	Diseño de carcasa con soporte para teléfonos.....	60
3.1.2.	Fijación de componentes.....	61
3.1.3.	Fabricación de la carcasa .....	63
3.2.	Diseño electrónico .....	65
3.2.1.	Diagrama de componentes .....	65
3.2.2.	Selección de componentes electrónicos.....	66
3.2.3.	Selección de microcontrolador .....	69
3.2.4.	Energización y acondicionamiento del dispositivo.....	70
3.2.5.	Diagrama de conexiones y esquemático del sistema .....	73
3.3.	Control del sistema .....	75
3.3.1.	Estructura de programación del microcontrolador .....	75
3.3.2.	Estructura de programación del transceptor .....	76
3.3.3.	Método de control de motores del vehículo recolector.....	77
3.4.	Integración de dominios.....	78
3.4.1.	Integración de la electrónica en la carcasa protectora .....	78

3.4.2. Simulación de la lógica de control.....	81
Costos del sistema.....	83
4.1. Costo del vehículo recolector.....	83
4.2. Costo del mando de monitoreo y control remoto.....	85
Conclusiones.....	88
Bibliografía.....	90
Anexo A: Proceso de diseño y selección de solución óptima.....	96
Anexo B: Dispositivos comerciales del proyecto.....	116
Anexo C: Piezas de fabricación 3D.....	135
Anexo D: Código de programación de microcontroladores.....	140
Anexo E: Planos.....	152



## Índice de figuras

Figura 1. Limpieza de laguna Chinchaycocha.....	2
Figura 2. Robot autónomo de monitoreo de Tumi Robotics.....	3
Figura 3. Limpieza manual de canales de humedales.....	3
Figura 4. Concepto de solución óptima.....	14
Figura 5. Forma preliminar de flotadores.....	16
Figura 6. Cálculo de dimensiones de los flotadores.....	17
Figura 7. Forma final de flotadores y empuje generado.....	18
Figura 8. Diseño del armazón.....	20
Figura 9. Instalación de varillas para reducir la deformación del armazón.....	21
Figura 10. Montaje de componentes en armazón.....	22
Figura 11. Fuerza de arrastre en el agua.....	23
Figura 12. Dimensiones para la red recolectora.....	25
Figura 13. Tipos de malla Raschel y tamaño de orificio.....	25
Figura 14. Forma y dimensiones de la red.....	26
Figura 15. Red recolectora ensamblada.....	26
Figura 16. Mecanismo de montaje de red recolectora.....	27
Figura 17. Comportamiento de la red recolectora.....	27
Figura 18. Diagrama de componentes del sistema electrónico.....	30
Figura 19. Disposición de los propulsores en el vehículo.....	32
Figura 20. Disposición de los propulsores en el vehículo.....	34
Figura 21. Mecanismo pan-tilt para cámara de vehículo.....	35
Figura 22. Instalación de antenas en la caja electrónica.....	36
Figura 23. Circuito divisor de voltaje.....	38
Figura 24. Tecnología de luces LED “Neopixel”.....	39
Figura 25. Sensores ultrasónicos en vehículo.....	40
Figura 26. Instalación de baterías en el vehículo.....	45
Figura 27. Diagrama de conexiones de componentes.....	47
Figura 28 Diagrama esquemático del sistema electrónico del vehículo.....	48
Figura 29 Diagrama de flujo del sistema de control.....	49
Figura 30 Curva de comportamiento del propulsor a 12V, PWM vs kgf.....	50
Figura 31 Parámetros de control de propulsores.....	50
Figura 32 Función para cálculo PWM de motor.....	51
Figura 33 Estados para definir capacidad de almacenamiento.....	52
Figura 34 Montaje de caja electrónica.....	54
Figura 35 Montaje de dispositivos en el vehículo recolector.....	55
Figura 36 Flotación del vehículo dado su peso final.....	56
Figura 37 Modelado 3D final del vehículo recolector.....	58
Figura 38. Carcasa del mando y mecanismo de sujeción de teléfono.....	60
Figura 39. Elementos de montaje para la carcasa.....	61
Figura 40. Elementos de montaje para el teléfono.....	62
Figura 41. Impresión 3D de la carcasa.....	63
Figura 42. Tuerca cautiva superficial en impresiones 3D.....	64
Figura 43. Tuerca cautiva lateral en impresiones 3D.....	64
Figura 44. Diagrama de componentes del sistema electrónico del mando.....	66



Figura 45. Sistema de Antena FPV que usa teléfonos inteligentes .....	67
Figura 46. Diagrama de conexión de componentes electrónicos.....	73
Figura 47. Diagrama esquemático del mando de control .....	74
Figura 48. Algoritmo de control del mando.....	75
Figura 49. Algoritmo de comunicación transceptor.....	76
Figura 50. Transformación de datos analógicos al motor .....	77
Figura 51. Placa de circuito impreso del mando de control.....	78
Figura 52. Electrónica ensamblada en carcasa .....	79
Figura 53. Integración de Receptor y teléfono en la carcasa .....	80
Figura 54. Comunicación entre microcontroladores mediante transceptor .....	81
Figura 55. Estructura de los paquetes de datos de comunicación.....	81
Figura 56. Información que recibe el operador en pantalla .....	82



## Índice de tablas

Tabla 1. Equipos comerciales que realizan limpiezas de residuos flotantes.....	9
Tabla 2. Materiales para proyectos acuáticos.....	19
Tabla 3. Propulsores comerciales impermeables .....	31
Tabla 4. Driver controlador de propulsores .....	32
Tabla 5. Transceptores comerciales y características.....	33
Tabla 6. Cámara y transceptor FPV .....	34
Tabla 7. Servomotor para control de rotación de cámara .....	35
Tabla 8. acelerómetro MPU-9250.....	37
Tabla 9. Buzzer impermeable.....	38
Tabla 10. Arreglo de luces LED RGB y guía de colores .....	39
Tabla 11. Sensores ultrasónicos impermeables.....	40
Tabla 12. Puertos empleados por periféricos del vehículo.....	41
Tabla 13. Microcontroladores comerciales .....	42
Tabla 14. Consumo eléctrico de componentes principales .....	43
Tabla 15. Baterías comerciales.....	44
Tabla 16. Regulador de voltaje DC-DC.....	46
Tabla 17. Consumo eléctrico de componentes principales .....	56
Tabla 18. Características de materiales empleados en impresión 3D .....	63
Tabla 19. Módulos FPV comerciales .....	67
Tabla 20. Pantallas comerciales para visualización de datos .....	68
Tabla 21. Microcontroladores compactos comerciales .....	69
Tabla 22. Consumo eléctrico de componentes principales .....	70
Tabla 23. Baterías recargables comerciales .....	70
Tabla 24. Módulos de acondicionamiento de energía.....	71
Tabla 25. Batería Li-Po 4000mAh.....	72
Tabla 26. Costo del vehículo recolector y sus apartados .....	83
Tabla 27. Equipos y dispositivos comerciales del vehículo recolector.....	84
Tabla 28. Costo de componentes de fabricación del vehículo .....	85
Tabla 29. Costo total del mando y sus apartados .....	85
Tabla 30. Costo de componentes electrónicos y uniones atornilladas .....	86
Tabla 31. Costo de piezas de fabricación del mando .....	86
Tabla 32. Costo total del sistema .....	87

## Lista de Símbolos

m: metro

mm: milímetros (1 000m)

kg: kilogramos (kg)

cm<sup>3</sup>: volumen en centímetros cúbicos ( $m^3 * 10^{-6}$ )

$\rho$ : densidad (kg/m<sup>3</sup>)

m/s: velocidad

km/h: velocidad en kilómetros por hora ( $m.s^{-1} * 3.6$ )

MPa: Mega pascal (N.m<sup>-2</sup>)

Kgf: kilogramo fuerza (N x 9.81)

ha: hectárea (10 000 m<sup>2</sup>)

V: Voltios

mV: milivoltios ( $V * 10^{-3}$ )

A: amperios

mA: miliamperios ( $A * 10^{-3}$ )

W: Watts

mW: mili Watts ( $W * 10^{-3}$ )

A.h: Amperios por hora

W.h: Watts por hora

## Capítulo 1

### Antecedentes

En el año 2021 se publicó el documento de investigación “Diseño preliminar de un sistema teleoperado para la recolección de residuos sólidos flotantes en los Pantanos de Villa” que propone un sistema mecatrónico teleoperado para el apoyo en labores de limpieza del pantano en mención (Cárdenas, 2021). El presente capítulo expande la problemática a la situación de todos los humedales en el Perú, así como una propuesta de solución.

#### 1.1. Problemática

La ANA (Autoridad Nacional del Agua, 2019) define a los humedales como masas de agua que se forman en terrenos de forma permanente o temporal y desarrolla flora y fauna a su alrededor, entre ellos se encuentran los lagos, lagunas, pantanos y marismas. Algunos beneficios de estos ecosistemas son: absorción del CO<sub>2</sub> de la atmosfera, reducción del caudal de los ríos que previene avenidas e inundaciones, y control de la erosión del suelo.

En Perú se identifican casos de áreas naturales cuya integridad está puesta en peligro similar al caso estudiado en Pantanos de Villa. Se identifican casos como la laguna “Alto Perú” (SPDA, 2021) donde se recolectaron 6 toneladas de residuos sólidos, la laguna “Huaypo” (Agencia Peruana de Noticias, 2021) donde se recolectó una tonelada y la laguna “Chinchaycocha” en donde se recolectó 3 toneladas de residuos (Agencia Peruana de Noticias, 2023), en la figura 1 se presenta imágenes de las labores de limpieza de esta última.

El informe “Estrategia nacional de humedales” (MINAM, 2015) identifica cuatro causas de degradación de humedales: la fragilidad del ecosistema a efectos naturales e intervención humana, la débil institucionalidad del estado en gestión de conservación, la falta de gobernanza con capacitación especializada, finalmente la falta de inclusión de valores sociales y poca participación ciudadana en la conservación de los humedales.



**Figura 1. Limpieza de laguna Chinchaycocha**

Tomado de *Andina.pe* (Agencia Peruana de Noticias, 2023): “Junín: comuneros limpian el lago Chinchaycocha y recogen 3 toneladas de residuos sólidos”

El Ministerio del ambiente propone el desarrollo tecnológico como una medida de prevención de degradación de humedales, considerando que se debe fomentar el uso de tecnologías limpias que eviten o mitiguen la afectación de los humedales. (MINAM, 2015)

En lo que respecta al uso de tecnologías mecatrónicas a favor del medioambiente se ha identificado que SERNANP (Servicio Nacional de Áreas Protegidas por el Estado) usa drones como herramientas para el monitoreo de flora y fauna silvestre (Agencia Peruana de Noticias, 2021). También existen un proyecto que involucran un robot autónomo para realizar estudios en lagunas por parte de un *startup* “Tumi Robotics”, el cual se presenta en la figura 2. Los estudios realizados por este robot son levantamiento batimétrico, que es el estudio de la profundidad del terreno cubierto por agua, y medición de calidad de agua como temperatura, pH, oxígeno disuelto y otros. (Agencia Peruana de Noticias, 2022)



**Figura 2. Robot autónomo de monitoreo de Tumi Robotics**

*Tomado de Andina.pe (Agencia Peruana de Noticias, 2022): “Startup desarrolla robot marino que permite estudiar los ecosistemas marinos en bahías”*

Por otro lado, actividades de mitigación como la limpieza de humedales son realizadas por personal voluntario o guardabosques lo cual requiere de mucho personal dispersado en toda la extensión del humedal el cual es un proceso lento y con dificultad de acceso, tal como se representa en la limpieza de canales de los Pantanos de Villa en la figura 3.



**Figura 3. Limpieza manual de canales de humedales**

*Tomado de Andina.pe (junio 2021), “Pantanos de Villa: recogen más de 3 t de residuos en canales que alimentan humedal”*

La cantidad de personal requerido para actividades de limpieza es variable, pero se estima que una persona puede cubrir en una jornada la limpieza 1 hectárea. A continuación, se presenta algunos casos de limpieza y la cantidad de personal requerido:

- En la limpieza de la laguna Huaypo 50 personas realizaron limpieza de 75 hectáreas. (Agencia Peruana de Noticias, 2021)
- En el humedal de ventanilla 300 voluntarios realizaron la limpieza de 275 hectáreas. (Pataforma digital única del Estado Peruano, 2019)
- En la laguna Wilcacochoa alrededor de 10 pobladores realizaron limpieza de 1.2 hectáreas (SPDA, 2020)
- En Pantanos de Villa, 150 personas limpiaron más de 7km de canales, de aproximadamente 2 metros de ancho, equivalente a 14 hectáreas (Agencia Peruana de Noticias, 2021)

Se observa que en las actividades de limpieza cada persona emplea bolsas de basura grandes para el almacenamiento de residuos sólidos. El tamaño de bolsa comercial se identifica que tiene una capacidad de 140 litros. Los tipos de residuos flotantes que se pueden identificar son los residuos plásticos de uso diario como botellas o envolturas y residuos orgánicos como restos de alimentos o materia vegetal en descomposición. Por otro lado, residuos no flotantes que se identifican en estos entornos son las piezas de vidrio, metales y residuos de construcción.

En resumen, actualmente en Perú no se emplea o desarrolla tecnologías mecánicas para apoyo en la limpieza de las superficies acuáticas de los humedales. Se considera importante el diseño de una solución que pueda trabajar en múltiples tipos de humedales porque las actividades de limpieza serán más eficientes, el impacto ambiental será menor y aumenta la seguridad del trabajador al no entrar en contacto directo con el ecosistema.

## 1.2. Propuesta de solución

Se propone el diseño de un sistema mecatrónico teleoperado, conformado por un vehículo recolector de residuos sólidos flotantes en superficies acuáticas con capacidad de operar en humedales de poca profundidad, y un mando de monitoreo y control para la comunicación remota.

### 1.2.1. Alcance

- El sistema mecatrónico teleoperado consta de dos equipos que se complementan, un vehículo recolector y un mando de control remoto. Cada equipo es independiente y tendrá su propio proceso de diseño, pero ambos equipos serán compatibles para mantener una intercomunicación.
- El sistema mecatrónico estará diseñado solo para trabajar en humedales de aguas tranquilas, no se considera el mar o ríos de alto caudal donde la turbulencia del agua es un factor considerable que afecte al comportamiento del sistema.
- La propuesta será una solución compacta y de bajo peso para trabajar en entornos frágiles como son los humedales.
- La solución contempla la recolección de residuos sólidos flotantes de hasta de dimensiones tan delgadas como una colilla de cigarro (8mm).
- La solución mecatrónica podrá cubrir como mínimo la misma cantidad de territorio que 5 personas en un plazo de una jornada laboral.
- El sistema mecatrónico deberá soportar situaciones climáticas como en el lago Titicaca, a 4 000 metros de altura y 10°C.



### 1.2.2. Objetivo general

Diseñar un sistema teleoperado, conformado por un vehículo con capacidad de desplazarse sobre la superficie acuática del humedal y recolectar residuos sólidos flotantes, el vehículo podrá ser teleoperado a través de un dispositivo de mando para monitoreo y control remoto.

### 1.2.3. Objetivos específicos

- Diseñar un vehículo de trabajo para el entorno marino cuyo peso pueda ser levantado y transportado por una sola persona.
- Diseñar el sistema de recolección con capacidad de almacenar al menos 140 litros de residuos sólidos.
- Diseñar un sistema electrónico que permita al vehículo una autonomía para recorrer hasta 5 hectáreas de superficie acuática.
- Diseñar un sistema de teleoperación que permita el control y monitoreo del vehículo recolector a distancias de 500 metros.
- Establecer el costo del sistema teleoperado dentro del rango de financiamiento del estado peruano para proyectos de desarrollo tecnológico y un valor de producto que compita con productos similares en el mercado internacional.

### 1.2.4. Metodología

El proyecto empleará la metodología VDI 2206 “*A new guideline for the design of mechatronic systems*” (J. Gausemeier, 2002), toma el mismo enfoque del trabajo de investigación (Cárdenas, 2021) considerándose una problemática más extensa. Las etapas de la metodología son:

- Requerimientos: El funcionamiento del sistema queda completamente definido a partir de una lista de requerimientos.

- Concepto de solución: se propone un sistema un concepto de solución detallando las funciones y características físicas del producto.
- Diseño por dominios: Se trabajarán los dominios de la ingeniería que involucra a cada equipo, entre los cuales destaca el dominio mecánico, eléctrico/electrónico y control.
- Integración del sistema: A partir de los elaborado en cada dominio, se elaborará las relaciones entre los dominios para integrar todo en un solo sistema.

Asimismo, se realiza una evaluación del costo de fabricación e implementación que se utilizará para comparar la tecnología propuesta con otras soluciones presentes en el mercado.





### 1.3. Estado del Arte

Previamente, en el trabajo de investigación (Cárdenas, 2021) se realiza una amplia investigación de modelos comerciales, patentes, trabajos de investigación y artículos de publicaciones que tratan sobre tecnologías en relación con sistemas mecatrónicos acuáticos. En este apartado se agregan algunos productos comerciales nuevos que han aparecido recientemente o han sido actualizados desde el trabajo de investigación.

En la tabla 1 se presenta tres productos comerciales que realizan limpieza de residuos sólidos flotantes: WasteShark, WaterBug, Clearbot y JellyfishBoat. Algunas de las características analizadas son: el peso del producto, dimensiones principales, capacidad de almacenamiento, autonomía, su método de operación y precio del producto.

De la información recolectada se observa que todos los productos presentan un costo por encima de los 10 000 dólares y todos implementan una funcionalidad para ser teleoperados, algunos incluso presentan cámara para realizar monitoreo autónomo. El modelo de flotación más utilizado para embarcaciones robóticas es el casco catamarán de múltiples propulsores. Todos los vehículos emplean baterías como medio de disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> con una autonomía desde las 4 hasta 8 horas.

**Tabla 1. Equipos comerciales que realizan limpiezas de residuos flotantes**

Tecnología	Características
<p data-bbox="295 324 678 392">WasteShark (RanMarine Technology, s.f.)</p> 	<p data-bbox="790 268 1109 302">Entorno de trabajo - mar</p> <p data-bbox="790 309 1061 342">Peso - 72 kilogramos</p> <p data-bbox="790 349 1236 383">Velocidad – 3 kilómetros por hora</p> <p data-bbox="790 389 1284 423">Propulsión - 2 propulsores sumergidos</p> <p data-bbox="790 430 1236 463">Dimensiones – 157 x 109 x 52 cm</p> <p data-bbox="790 470 1061 504">Autonomía - 6 horas</p> <p data-bbox="790 510 1300 544">Capacidad almacenamiento – 160 litros</p> <p data-bbox="790 551 1388 651">Tipo de control - teleoperado hasta 3 kilómetros con cámara, También tiene modelo autónomo</p> <p data-bbox="790 658 1388 692">Precio – 17 000 dólares el modelo teleoperado</p>
<p data-bbox="343 766 630 833">WaterBug (Weeder's Digest, s.f.)</p> 	<p data-bbox="790 694 1324 728">Entorno de trabajo - lagunas y humedales</p> <p data-bbox="790 734 1125 768">Peso – 375 libras (170 kg)</p> <p data-bbox="790 775 1324 842">Flotación - se sumerge solo 10 cm bajo el agua</p> <p data-bbox="790 848 1316 916">Dimensiones - Largo: 182cm alto: 55cm ancho 160cm</p> <p data-bbox="790 922 1061 956">Autonomía - 5 horas</p> <p data-bbox="790 963 1348 996">Propulsión - 2 propulsores rueda de paletas</p> <p data-bbox="790 1003 1396 1037">Tipo de control - teleoperado hasta 150 metros</p> <p data-bbox="790 1043 1300 1077">Capacidad almacenamiento - 300 litros</p> <p data-bbox="790 1084 1093 1117">Precio - 49 070 dólares</p>
<p data-bbox="279 1131 694 1198">Clearbot (Open Ocean Engineering, s.f.)</p> 	<p data-bbox="790 1120 1109 1153">Entorno de trabajo - mar</p> <p data-bbox="790 1160 1364 1193">Recolección – cinta transportadora y canasta</p> <p data-bbox="790 1200 1332 1267">Dimensiones - Largo: 300cm, alto: 50cm, ancho 1 300cm</p> <p data-bbox="790 1274 1061 1308">Autonomía - 4 horas</p> <p data-bbox="790 1314 1284 1348">Propulsión - 2 propulsores sumergidos</p> <p data-bbox="790 1355 1332 1422">Tipo de control - teleoperado hasta 5km y autónomo con cámara</p> <p data-bbox="790 1429 1388 1462">Capacidad almacenamiento – 200 Kilogramos</p>
<p data-bbox="391 1478 582 1545">JellyfishBot (IADYS, s.f.)</p> 	<p data-bbox="790 1467 1276 1500">Entorno de trabajo – mar, ríos y lagos</p> <p data-bbox="790 1507 1276 1541">Dimensiones – 70x70x48 centímetros</p> <p data-bbox="790 1547 1069 1581">Peso – 20 kilogramos</p> <p data-bbox="790 1588 1061 1621">Capacidad – 80 litros</p> <p data-bbox="790 1628 1053 1662">Velocidad – 2 nudos</p> <p data-bbox="790 1668 1109 1702">Autonomía – 6 a 8 horas</p> <p data-bbox="790 1709 1332 1742">Tipo de control – autónomo y teleoperado</p> <p data-bbox="790 1749 1284 1783">Propulsión - 3 propulsores sumergidos</p> <p data-bbox="790 1789 1292 1823">Precio – 10 000 libras (12 500 dólares)</p>

#### 1.4. Lista de requerimientos

El sistema teleoperado a desarrollarse queda completamente definido estableciendo requerimientos que ayuden a cumplir con los objetivos específicos de la propuesta de solución.

A continuación, se elabora una lista con los requerimientos para este proyecto.

- **Función principal:** La función principal del vehículo recolector teleoperado es transportarse sobre la superficie acuática y recolectar residuos sólidos flotantes. Mediante un mando de monitoreo y control el operador podrá gestionar el estado del vehículo y enviar órdenes.
- **Geometría:** La dimensiones límites del vehículo no debe exceder 100x100x50cm en ancho para facilitar el transporte, asimismo la profundidad en la que sumerge el vehículo no deberá sobrepasar los 15 centímetros para una facilidad su navegación por la orilla de los humedales y en entornos de baja profundidad.
- **Peso:** El peso del vehículo descargado debe ser menor de 25 kilogramos, peso máximo establecido para el transporte de cargas para un hombre adulto según la Norma Básica de ergonomía RM375. (MTPE, 2008)
- **Materia:** La capacidad de residuos sólidos que puede recoger el vehículo recolector debe ser al menos 140 litros, equivalente a un tamaño comercial de bolsas empleadas para basura. El tamaño mínimo de residuo a recolectar es el equivalente a una colilla de cigarrillo de 8mm de diámetro.
- **Cinemática:** El vehículo debe alcanzar los 8 kilómetros por hora para lograr una alta velocidad de trabajo, este valor de velocidad podrá ser regulable debido a que a mayor velocidad mayor es el consumo de energía.
- **Material:** Se requiere que la estructura de vehículo esté compuesta por materiales resistentes a la corrosión y bajas temperaturas.

- **Condiciones de trabajo:** El vehículo debe contar con la protección adecuada para resistir potenciales chorros de agua que puedan impactar en cualquier parte del equipo. El vehículo debe poder trabajar a temperaturas de hasta 10°C.
- **Energía:** Los equipos, vehículo y mando, operarán empleando energía eléctrica con el objetivo de disminuir la emisión de CO<sub>2</sub>. Se emplearán baterías recargables para facilitar el uso de la tecnología. El recorrido total del vehículo de limpieza debe barrer por lo menos 5 hectáreas por carga de batería.
- **Uso:** El operador podrá controlar el vehículo desde un mando de control adaptado con periféricos de entrada para su control. El vehículo recolector contará con una cámara integrada para que el operador pueda observar en tiempo real señales de video del entorno y poder tomar decisiones. El vehículo retroalimentará al mando de control con información de interés como velocidad, batería y capacidad de almacenamiento. El operador podrá activar remotamente luces para apoyo en casos de poca iluminación.
- **Comunicación:** El vehículo contará con un mando que se usará para monitorear y controlar hasta 500 metros de distancia en campo abierto.
- **Software:** El software para la programación tanto del vehículo y su mando deben ser de código abierto. Ambos equipos no deben ser exclusivamente dependientes.
- **Seguridad:** El vehículo contará con una sirena que podrá ser encendida por el operador en caso lo necesite o emitir una alarma sonora en caso exista una pérdida de comunicación y el vehículo se haya perdido de vista. Se instalará iluminación para mejorar la visibilidad en los entornos que se requiera.
- **Variables controladas:** El operador podrá controlar desde el mando el desplazamiento y velocidad del vehículo, el movimiento de la cámara y encendido y apagado de otros instrumentos como las luces y la sirena.
- **Señales de entrada:** Los dos equipos, mando y vehículo tienen señales de entrada.

Señales que ingresan al mando de control:

- **Periféricos de entrada:** Se utilizará para registrar valores de desplazamiento del vehículo, potencia de propulsores, movimiento de la cámara, sirena y luces.
- **Señal de energía interna:** Se medirá la batería interna del mando.
- **Señales de monitoreo:** El mando recibirá señales del vehículo tales como batería, velocidad, distancia y capacidad de almacenamiento.
- **Señal de video:** Imagen en tiempo real captada desde el vehículo

Señales que ingresan al vehículo recolector:

- **Señal de control del operador:** Señales que ingresan al vehículo desde el mando para actualizar estado de sensores y actuadores.
- **Imágenes del entorno:** Captura de imágenes
- **Señal de energía:** Se medirá la batería interna del vehículo.
- **Señal de velocidad:** Se medirá la velocidad de movimiento del vehículo
- **Señal de capacidad:** Se medirá la capacidad de almacenamiento de residuos sólidos flotantes.
- **Señales de salida:** Los dos equipos, mando y vehículo tienen señales de salida.

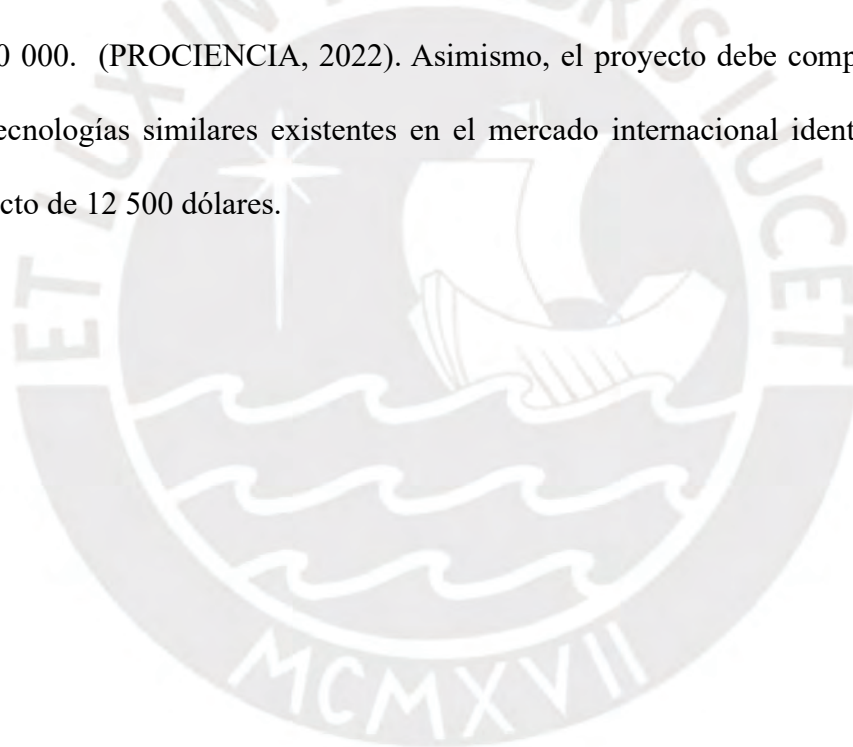
Señales que salen del vehículo recolector:

- **Señal de monitoreo:** Conjunto de señales que mide el vehículo las envía para conocimiento del operador por un canal de comunicación.
- **Señal de video:** Las imágenes capturadas por el vehículo se enviarán al mando de forma inalámbrica.

Señales que salen del vehículo recolector:

- **Señal de control del operador:** Señales que ingresan al vehículo desde el mando para actualizar estado de sensores y actuadores.

- **Transporte:** El vehículo contará con tiradores desde los cuales se levantará el peso del vehículo por personas, también contará con puntos de apoyo en la base para poder apoyar en vehículo en el piso sin dañar su estructura.
- **Montaje:** Todo componente o pieza debe estar unido entre ellos por uniones atornilladas inoxidable, el contacto con pegamentos con el entorno del humedal puede resultar una fuente de contaminación.
- **Costo:** El precio de implementación del sistema mecatrónico debe encontrarse dentro de los límites establecidos para proyectos de desarrollo tecnológico promocionados por el estado peruano, identificándose para el año 2023 el monto de financiamiento de hasta S/ 350 000. (PROCIENCIA, 2022). Asimismo, el proyecto debe competir en precio con tecnologías similares existentes en el mercado internacional identificándose un producto de 12 500 dólares.





### 1.5. Solución óptima

En la figura 4 se presenta la propuesta de solución óptima que se desarrolla para este proyecto. En el Anexo A: “Proceso de diseño de solución óptima” se presenta con mayor detalle el procedimiento mediante el cual se selecciona la solución más adecuada tras un análisis técnico-económico.

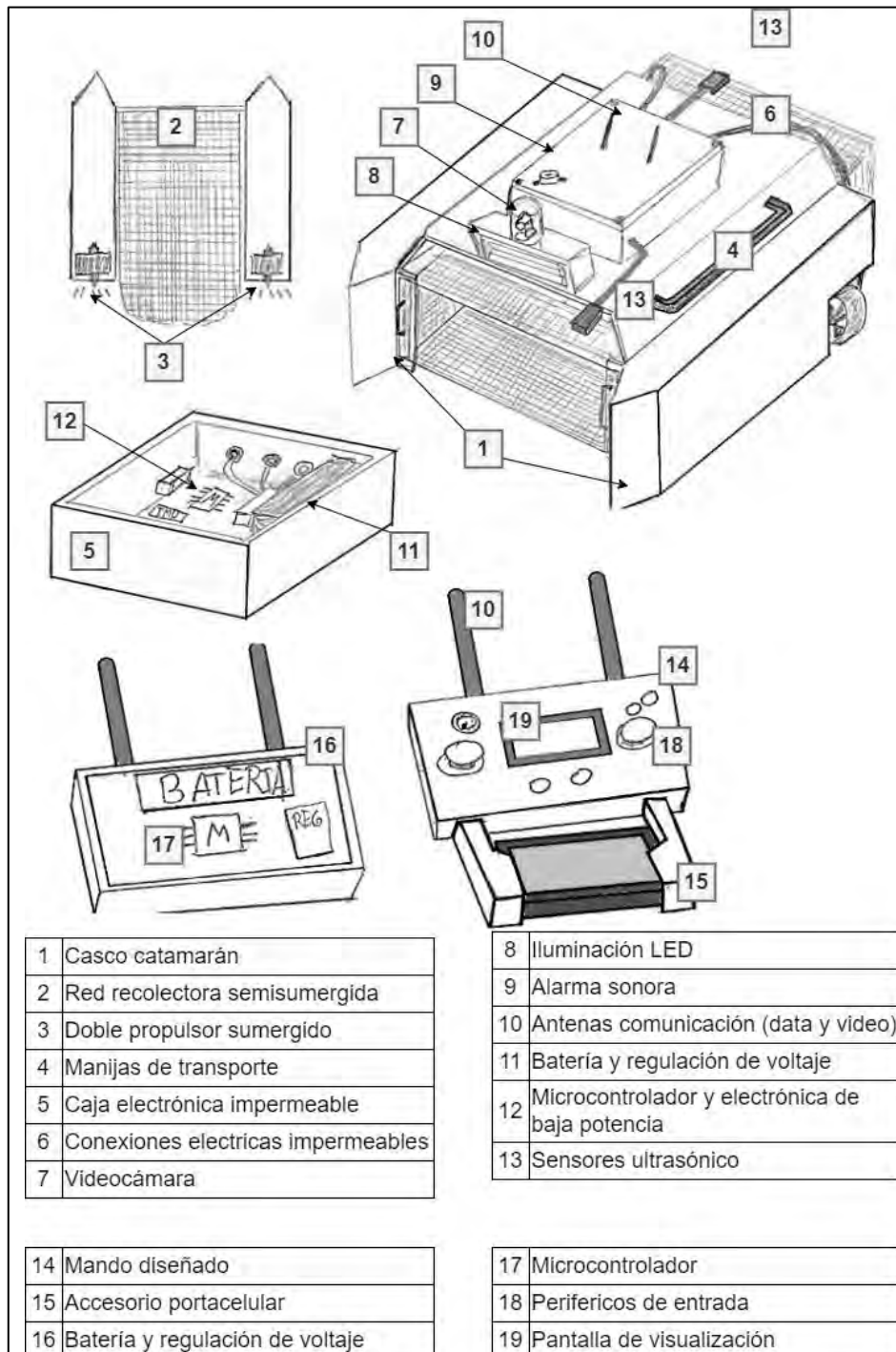


Figura 4. Concepto de solución óptima

## Capítulo 2

### Diseño del vehículo recolector

El diseño del vehículo recolector teleoperado está basado en la propuesta de solución y cuenta con las siguientes características:

- El casco del vehículo tendrá una estructura similar a las embarcaciones catamarán.
- Las dimensiones del vehículo estarán delimitadas en 100x100x50 centímetros y su máxima profundidad será de 15 centímetros. El peso máximo sin carga es de 25kg que facilitará su transporte.
- La velocidad del vehículo debe alcanzar los 8 kilómetros por hora.
- La distancia de teleoperación será de 500 metros.
- La capacidad de almacenamiento debe ser de al menos 140 litros.
- El tamaño mínimo de residuo sólido a recolectar en de 8mm de lado.
- El vehículo debe tener una autonomía de barrido de 5 hectáreas.
- Considerar efectos de temperatura hasta 10 grados centígrados.
- Considerar la inclusión de accesorios para el levantamiento y transporte por hasta dos personas.

En el diseño mecánico se define la estructura del vehículo en conformidad con el cumplimiento de las funciones de: flotación, propulsión y recolección. El diseño electrónico abarca la selección de componentes y distribución de energía para sensores y actuadores. El diseño de control propone el diagrama de flujo para la programación de la electrónica seleccionada y método de control para propulsores y sistema de almacenamiento. En el proceso de integración se verifica el montaje de componentes eléctricos en la estructura mecánica y se valida la correcta flotación del sistema.

## 2.1. Diseño mecánico

Este apartado abarca el diseño de los flotadores, el armazón para el montaje de componentes, se realiza el cálculo de propulsión, se diseña el método de recolección e identifica equipamiento de protección electrónica.

### 2.1.1. Flotación

El casco catamarán está compuesto por dos puntos de flotación que puede consistir en una única pieza o dos flotadores por separado, en cuyo caso deben ser iguales debido a que la simetría aumenta la estabilidad y resistencia estructural. La forma característica de los cascos planos no se sumerge mucho por lo que son óptimos para entornos de marea tranquila como humedales (LAGOON, s.f.). En la figura 5 se presenta la forma preliminar para un flotador usando de base la estructura de cascos planos.

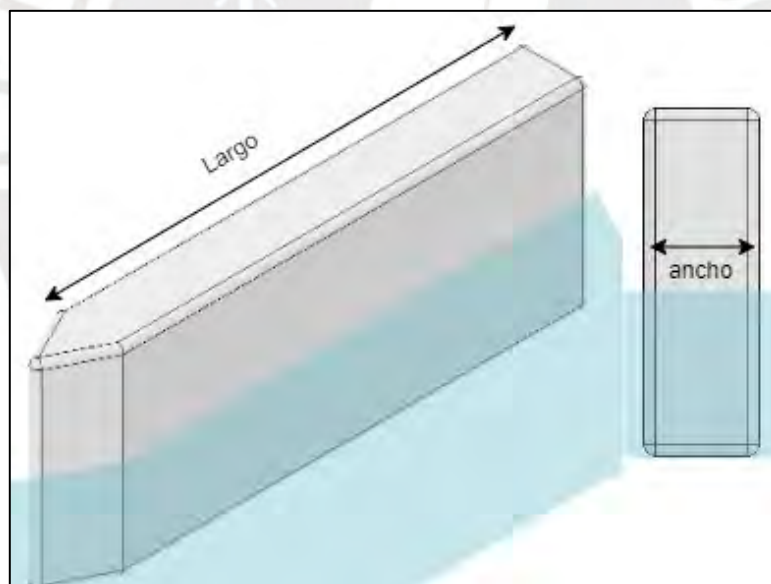


Figura 5. Forma preliminar de flotadores

Según requerimientos, el vehículo debe tener un peso no mayor de 25 kilogramos al encontrarse sin carga. Se emplea la fórmula de empuje hidrostático, también conocido como principio de Arquímedes, para calcular la profundidad que se sumerge un cuerpo en agua (1).

$$F. \text{ empuje} = (\text{densidad del fluido}) * (\text{gravedad}) * (\text{Vol. sumergido}) \quad (1)$$

Considerando que el fluido de trabajo es agua y la carga a dimensionar es 25kg, se calcula el volumen que ocuparía el casco en agua (2), obteniéndose 25 000 cm<sup>3</sup>.

$$[(25 \text{ kg}) \times (\text{gravedad})] = \left(1'000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) * (\text{gravedad}) * (\text{Vol. sumergido}_{25\text{kg}})$$

$$\text{Vol. sumergido}_{25\text{kg}} = 0,025 \text{ m}^3 = 25\,000 \text{ cm}^3 \quad (2)$$

El largo preliminar escogido para el vehículo se establece en 700mm y una geometría cuadrada para el área sumergida. Considerando 2 flotadores, una profundidad de flotación de 15cm y el volumen de agua desplazada obtenida en (2), se realiza los cálculos del ancho en la figura 6, cada flotador debe ser de 12 cm de ancho.

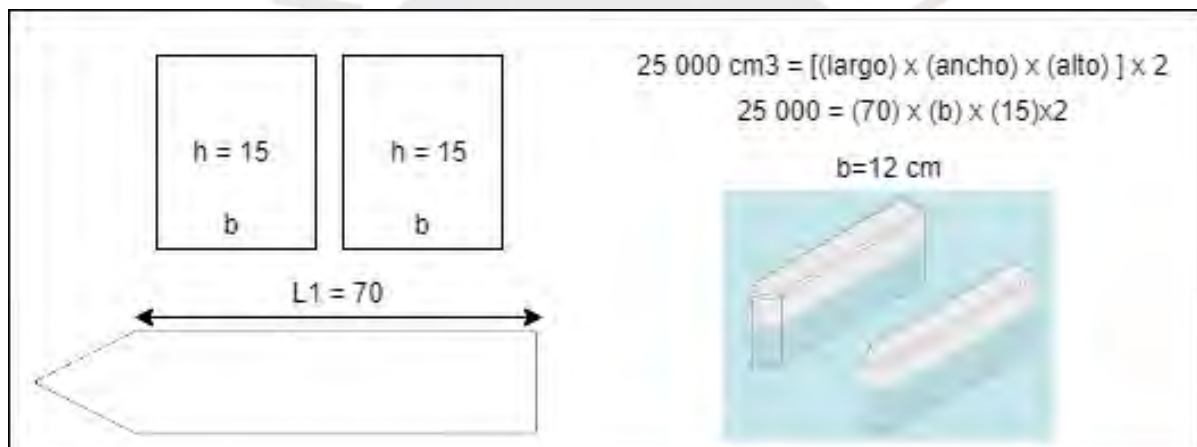
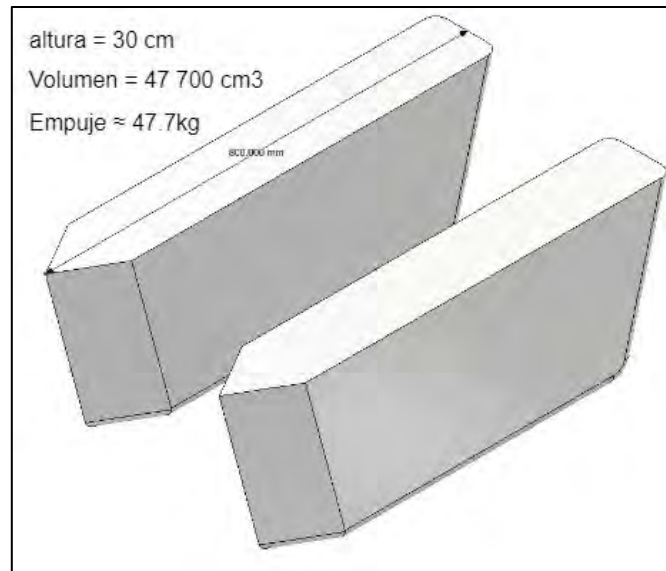


Figura 6. Cálculo de dimensiones de los flotadores

Se ajusta la forma del flotador para mejorar su hidrodinámica, en la parte frontal se ajusta la silueta de forma en “V”, se redondea ligeramente los bordes de la base.

Con el volumen calculado en (2) los flotadores estarán completamente sumergidos y se necesita aumentar la altura de separación entre el agua y el cuerpo del vehículo. También aumentar la altura brindará de mayor estabilidad al vehículo y capacidad de carga de peso. Se considera aumentar el doble la altura de los flotadores para una altura final de 30cm por cada flotador, mediante un software de modelado 3D se calcula el volumen final que posee el par de flotadores propuesto en la figura 7 y se estima su fuerza de empuje total en 47,7kg.



**Figura 7. Forma final de flotadores y empuje generado**

El método de fabricación propuesto para estas piezas es el mismo que el empleado para tablas de surf. Se empleará espuma de poliestireno expandido para la forma de la pieza junto con resina poliéster como matriz del recubrimiento y fibra de vidrio como refuerzo.

Según un trabajo de investigación de la facultad de Náutica de la Universidad Politécnica de Cataluña (Pérez, 2016), algunas de las propiedades de la resina poliéster son su considerable resistencia y rigidez, su capacidad de usarse como recubrimiento brinda características como resistencia al agua, corrosión y abrasión, mientras que la fibra de vidrio es un refuerzo que agrega resistencia mecánica y mejora la adherencia del material matriz.

El cálculo del peso de los flotadores requiere de la selección de los materiales:

- La densidad seleccionada de poliestireno expandido (EPS) es de 30kg/m<sup>3</sup>, el material no absorbe ni acumula agua, es inocuo e inerte (BASF, 2020).
- El peso en conjunto de la fibra de vidrio y resina poliéster depende del modelo de fibra seleccionada y la cantidad de capas a aplicar. Según documentación de una empresa especialista en plásticos reforzados con fibra de vidrio se toma como referencia que dos capas de resina poliéster reforzado por fibra de 300gr/m<sup>2</sup> puede pesar 0.6kg de fibra y 1.5kg de resina por metro cuadrado. (Delta Glass)

- El volumen de dos flotadores modelados es de  $47\,700\text{ cm}^3$  o  $0,0477\text{ m}^3$ .
- El área superficial de ambos flotadores es de  $1,25\text{ m}^2$

El peso total de los flotadores se calcula en (3).

$$\begin{aligned}
 \text{Peso}_{\text{casco}} &= (\text{Vol}_{\text{casco}} \times \text{Densidad}_{\text{EPS}}) + (\text{Area}_{\text{Flotadores}} \times \text{Peso}_{\text{Resina}}) \\
 \text{Peso}_{\text{casco}} &= (0,0477 \times 30) + (1,2 \times 2.1) \\
 \text{Peso}_{\text{casco}} &= 3,96\text{ kg}
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

En primera instancia se escogió la forma del flotador considerando factores de estabilidad e hidrodinámica. Luego, considerando factores de peso y tamaño se dimensiono el modelo de cada flotador. Finalmente se seleccionó el método de fabricación y se calculó el peso total del casco en el sistema, para un aproximado de 4 kilogramos de material que podrá soportar más de 45 kilogramos en flotación. Los planos con las dimensiones finales de cada flotador se pueden encontrar en el Anexo E.

### 2.1.2. Armazón

En el armazón se ensamblarán todas las demás piezas. Es importante identificar materiales adecuados para darle rigidez al vehículo sin que represente peso elevado. Los materiales apropiados para entornos acuáticos se documentan en la tabla 2. El objetivo es seleccionar un material ligero y resistente.

**Tabla 2. Materiales para proyectos acuáticos**

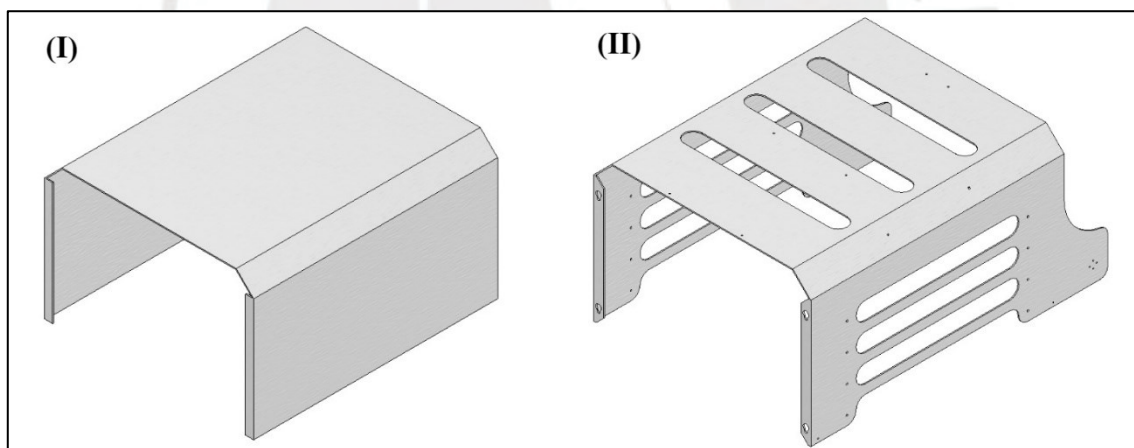
Material	Densidad (kg/dm <sup>3</sup> )	Resistencia a la fluencia (MPa)
Acero alta resistencia (HY80)	7,86	550
Aleación de Aluminio (7075)	2,9	503
Aleación de Titanio (6-4 STOA)	4,5	830
CFRP (Epoxy/S-lass)	2,1	1200
GFRP(Epoxy/HS)	1,7	1200
Acrílico	1,2	103

*Nota: extraído de Robótica Submarina: Conceptos, Elementos, Modelado y Control (Moreno, Saltarén, & Puglisi, 2014)*

Se selecciona la aleación de aluminio 7075 por ser ligero en comparación a otros metales y a diferencia de las resinas y plásticos es más fácil su fabricación. El armazón será una sola pieza fabricada a partir de una lámina de aluminio anodizado para mejorar su resistencia a la corrosión, el espesor de referencia es de 3mm sobre el cual se evaluará su comportamiento.

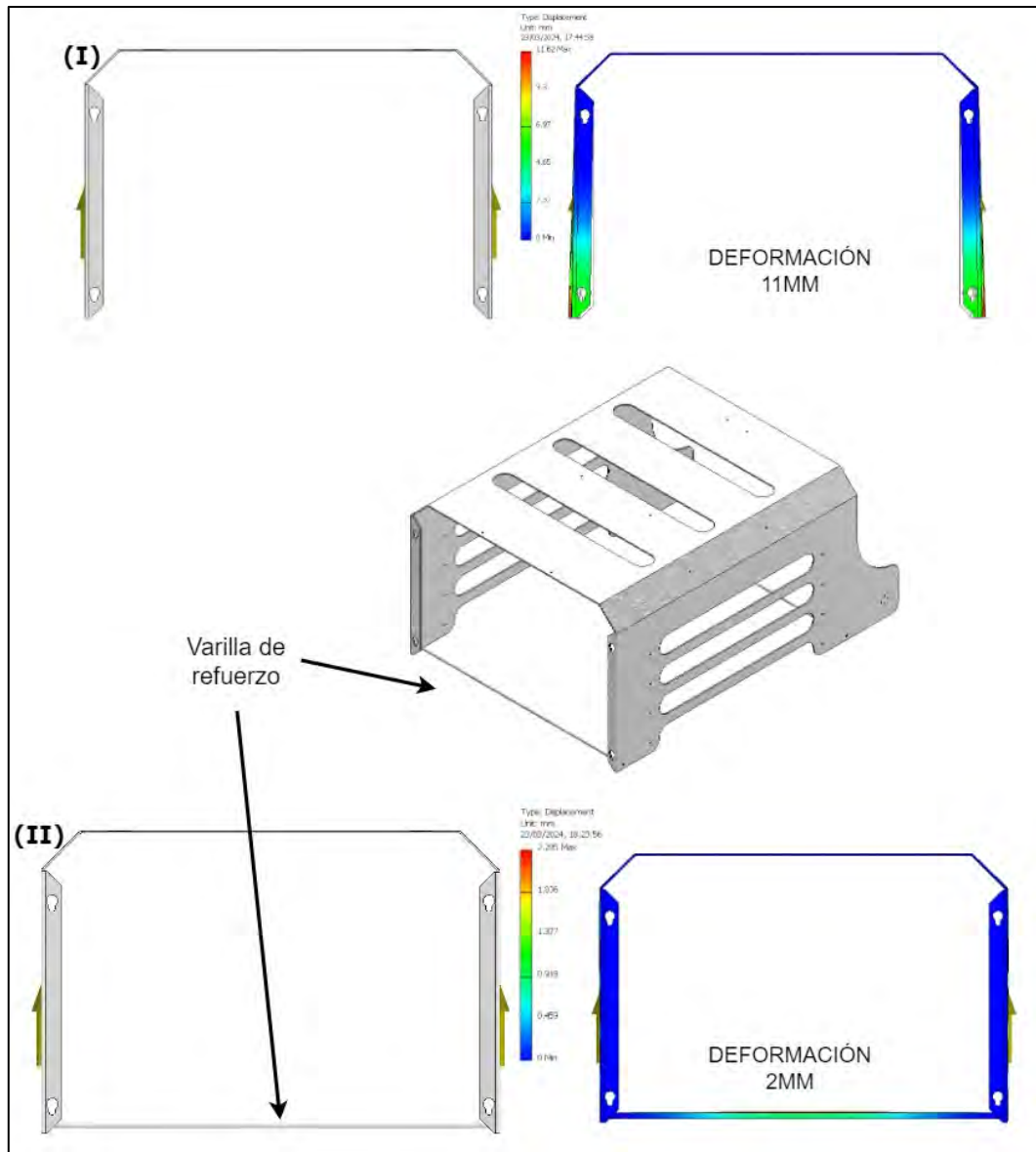
Asimismo, en el diseño del armazón se debe considerar agujeros pasantes para uniones atornilladas, evitar ángulos de 90° y esquinas en forma de punta que generen concentración de esfuerzos. Se debe disminuir lo máximo posible la cantidad de material del armazón para trabajar con menor peso sin que esto perjudique las características mecánicas.

En la figura 8-I se presenta el modelo de forma propuesto para el armazón, mientras que en 8-II se desarrolla la pieza reduciendo material en zonas donde habrá pocos esfuerzos, se agregan algunos agujeros para montaje de piezas y se acondiciona espacio en la parte posterior para los propulsores.



**Figura 8. Diseño del armazón**

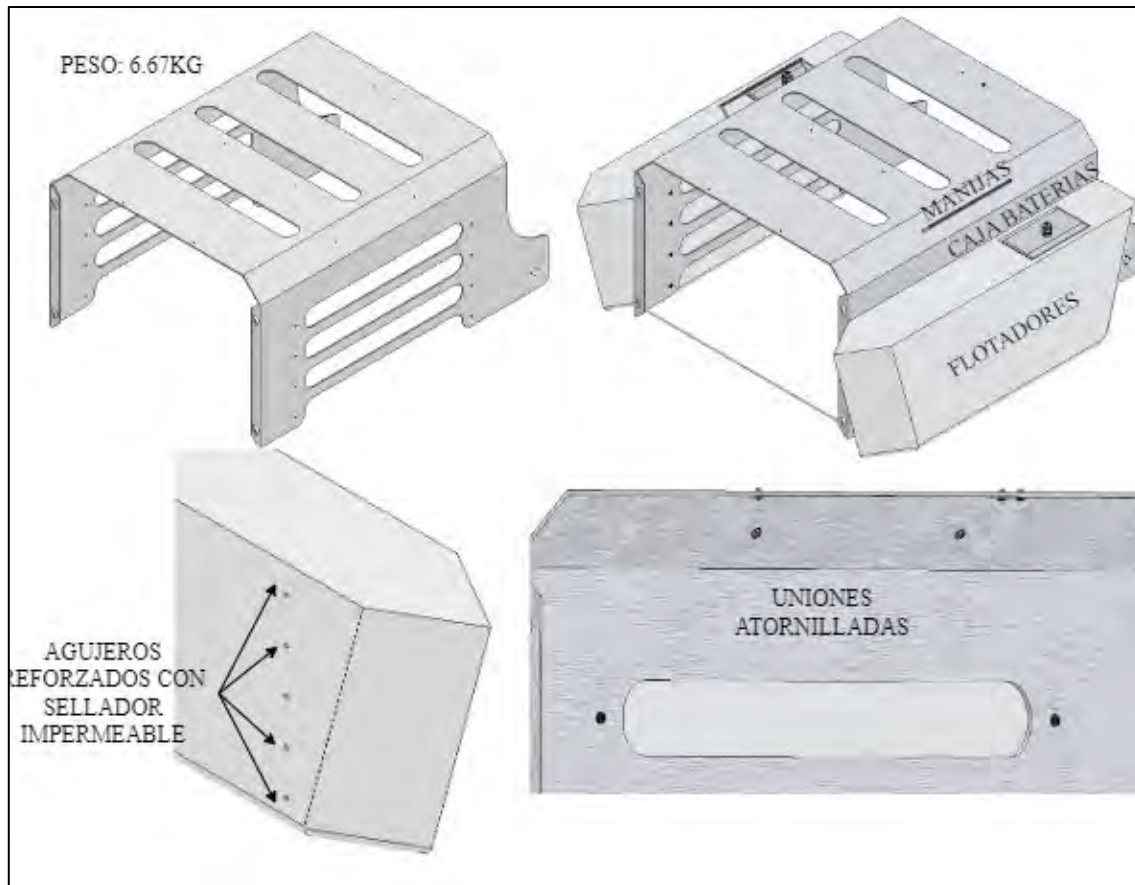
Se considera que la estructura propuesta podría encontrarse vulnerable a deformaciones de las láminas que cargarán con el peso de los flotadores según se expone en la figura 9-I, por lo que se propone reforzar las placas uniéndolas mediante un par de varillas con rosca interior para poder ser montadas en los extremos de las placas tal como se presenta en la figura 9-II. Se aprecia que realizar esta unión reduce la deformación de la estructura en general lo cual mejora la estabilidad general del vehículo.



**Figura 9. Instalación de varillas para reducir la deformación del armazón**

Empleando el software de modelado 3D se estima el peso total del armazón en 6,5kg, en la siguiente figura se presenta una la imagen detallada del armazón y sus uniones atornilladas con los flotadores y la manija de transporte. Las uniones atornilladas con el flotador tienen una longitud de 2cm para aumentar el contacto de la pieza. El agujero del casco se refuerza con sellador impermeable para mejorar la unión atornillada. Asimismo, se contempla acondicionar un espacio dentro de los flotadores para la instalación de baterías con el objetivo de distribuir homogéneamente el peso en el vehículo y reducir lo más posible el centro de masa.





**Figura 10. Montaje de componentes en armazón**

Se diseñó un armazón de 6.5kg para el montaje del vehículo. Se optimizó el peso de la pieza reduciendo material en zonas donde no existe concentración de esfuerzos y se reforzó partes de la pieza que puede verse afecta a deformaciones. Finalmente se acondicionaron agujeros para las uniones atornillada con otros elementos del sistema. El plano del armazón se puede encontrar en el Anexo E en el punto 4.

### 2.1.3. Cálculo de propulsión

La velocidad requerida para el vehículo es de 8 kilómetros por hora según los requerimientos del sistema. Se ajusta la velocidad en una escala de metros por segundo (4).

$$velocidad = 8 \frac{km}{h} = 2,22 \frac{m}{s} \quad (4)$$

Analizando las fuerzas sobre el vehículo en la figura 11, se identifica una Resistencia “R” que se opone a la propulsión del vehículo. En “*Ship Resistance and Propulsión*” (Molland, 2011) se evalúa que la resistencia total de una embarcación viene dada según la formula (5).

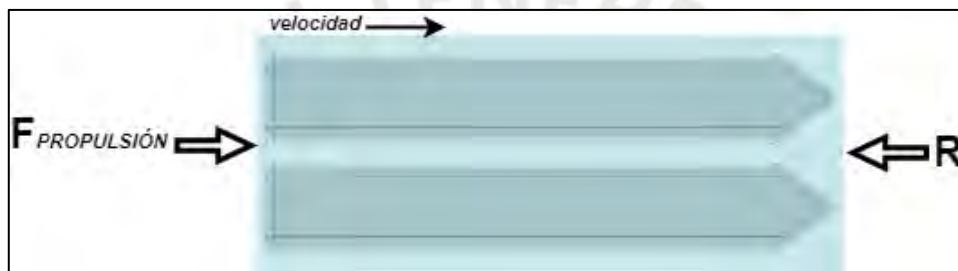


Figura 11. Fuerza de arrastre en el agua.

$$Resistencia_{total} = R_{fricción} + R_{viscosidad\ de\ presión} + R_{marea} \quad (5)$$

Debido a que el proyecto de un vehículo recolector solo está enfocado a entornos de aguas tranquilas la resistencia de la marea se puede despreciar. La presión ejercida sobre el casco diseñado puede considerarse mínima debido a que es un proyecto de pequeña escala. Por lo tanto, la resistencia predominante en el desplazamiento es la fricción entre el agua y toda la superficie sumergida del casco. El método de cálculo de la fricción en embarcaciones utiliza la fórmula similar al arrastre en mecánica de fluidos (6).

$$Resistencia_{Fricción} = C_F * \frac{1}{2} * \rho * S * V^2 \quad (6)$$

$C_F$  = Coeficiente de fricción

$\rho$  = Densidad del fluido, agua con densidad de  $1000\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$

$S$  = Superficie mojada, del modelo 3D se obtiene  $0.67\text{ m}^2$

$V$  = Velocidad

A diferencia de la mecánica de fluidos convencional, el coeficiente de arrastre para embarcaciones tiene un método de cálculo según la formula (7) propuesto por el ITTC (International Towing Tank Conference) cuyo valor es dependiente de número de Reynolds el cual cumple con la formula (8) para embarcaciones.

$$C_F = \frac{0.075}{(\log_{10} Re - 2)^2} \quad (7)$$

$$Re = \frac{Velocidad_{fluido} * Largo_{embarcación}}{Viscosidad_{cinematica}_{fluido}} \quad (8)$$

El valor de Reynolds se calcula estimando que la viscosidad cinemática del “agua dulce” a 25 grados centígrados es  $0,893 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ , la velocidad de  $2,22 \text{ ms}^{-1}$  y el largo de la embarcación  $0.7 \text{ m}$ . Se emplea el resultado de  $Re$  en (9) para calcular el Coeficiente de fricción (10) y finalmente la resistencia de la fricción en (11).

$$Re = \frac{2,22 * 0.7}{0,893 * 10^{-6}} = 1\ 740\ 201 \quad (9)$$

$$C_F = \frac{0,075}{(\log_{10} 1'740'201 - 2)^2} \cong 0,0042 \quad (10)$$

$$Resistencia_F = C_F * \frac{1}{2} * (1000) * (0,67) * (2,22)^2 \cong 7N \quad (11)$$

En el libro “Principles of Naval Architecture” se expone que experimentalmente se ha demostrado que la resistencia por fricción puede representar hasta el 80% de la resistencia total de una embarcación de baja velocidad (Lewis, 1988), por lo que se aplicará un factor de 1,25 a la resistencia por fricción calculada para obtener la resistencia total para la propulsión del vehículo a  $8 \text{ km.h}^{-1}$  (12).

$$Resistencia_{total} = Fricción * FS = 7 * 1,25 = 8,75N$$

$$Fuerza_{propulsión} \equiv Resistencia_{total} = 8,75N \quad (12)$$

#### 2.1.4. Diseño de red recolectora para el vehículo

La red recolectora debe tener una capacidad superior a 140 litros y recolección de residuos de hasta 8mm de lado, la ubicación de la red será entre los cascos del vehículo. En la figura 12 se presenta las dimensiones para la red, en total tendrá una capacidad de 198 litros.

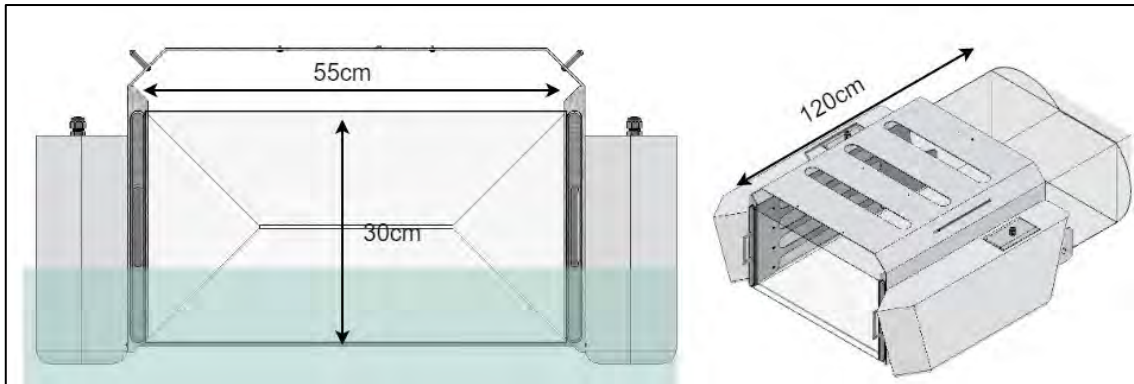


Figura 12. Dimensiones para la red recolectora.

El método de recolección de residuos flotantes propuesto es similar al empleado para la pesca de arrastre, solo que en este caso la red se encuentra semisumergida. Se ha identificado las redes “Raschel” de polietileno como material de fabricación, el material flota y es resistente para actividades de contacto con el agua (Grupo GHA, s.f.). La geometría de la malla permite el flujo de agua por lo que el arrastre será bajo. En la siguiente figura se presenta los tipos de malla Raschel comerciales y sus distintos modelos de fabricación, se empleará una malla del 50% que es suficiente para capturar residuos sólidos de menos de 8mm por lado.

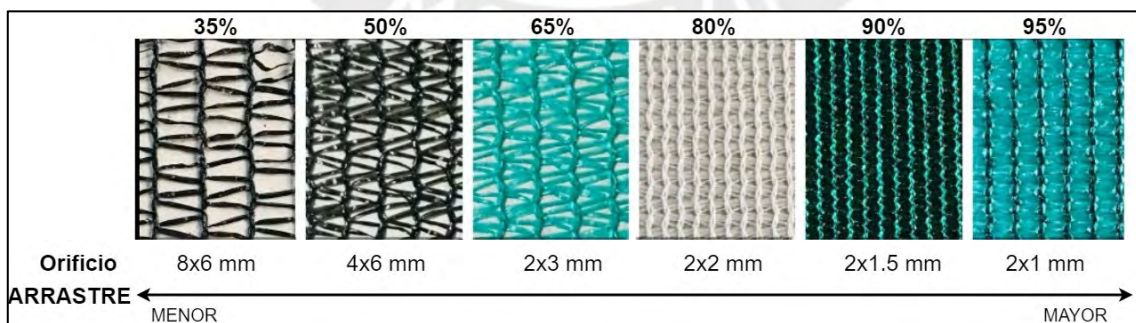
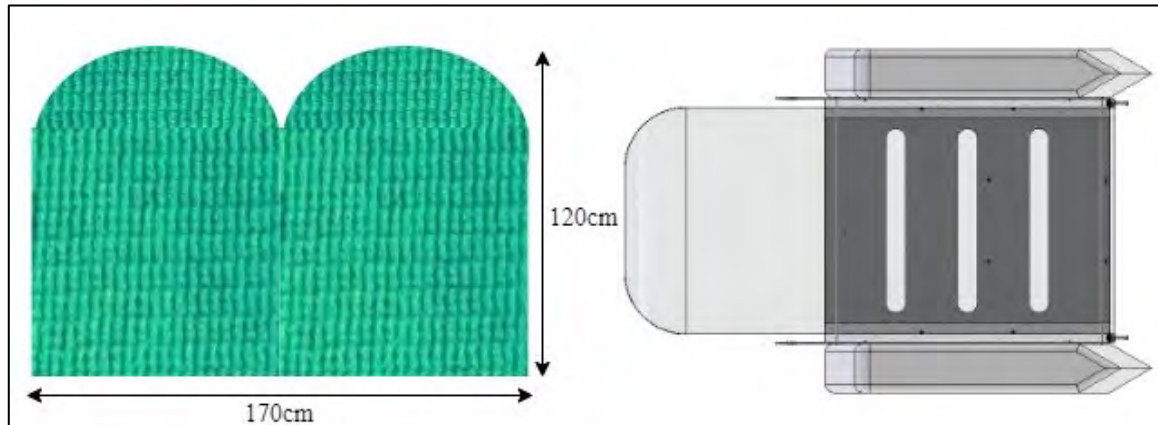


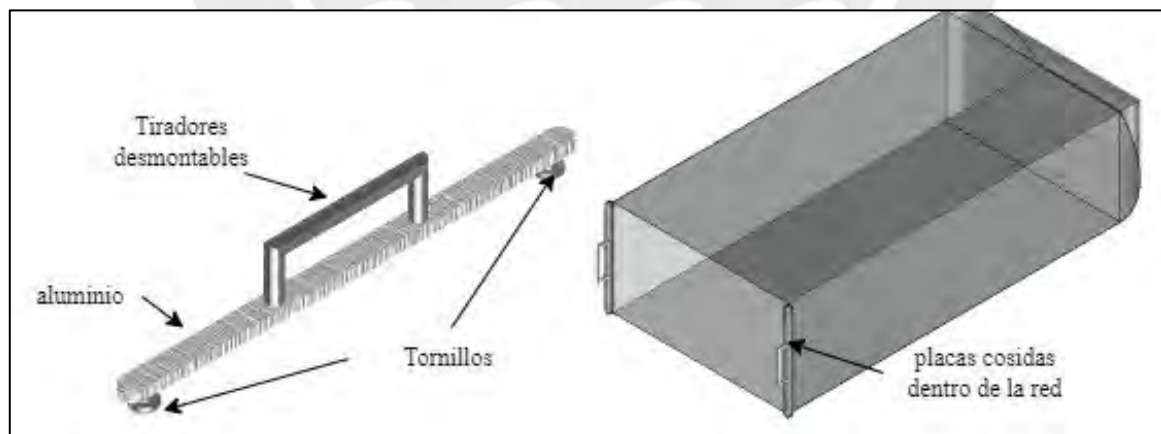
Figura 13. Tipos de malla Raschel y tamaño de orificio

La forma de la red podrá ser confeccionada mediante técnicas de costura, se propone aplicar una forma redondeada a la red para permitir que los residuos que van siendo capturados se distribuyan homogéneamente en el fondo, las dimensiones deben ser como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 14. Forma y dimensiones de la red**

El método para colocar y retirar la red del vehículo consiste en emplear unas placas de aluminio con tiradores instalados dentro de las costuras en los bordes de la red, estas placas cuentan con agujeros para fijación. Las placas se presentan en la siguiente figura.



**Figura 15. Red recolectora ensamblada**

La fijación con el vehículo utilizará un punto de apoyo en la parte frontal del armazón, se acondicionará agujeros para que los tornillos de la red recolectora puedan engancharse con facilidad. Se presenta este mecanismo en la figura 16.

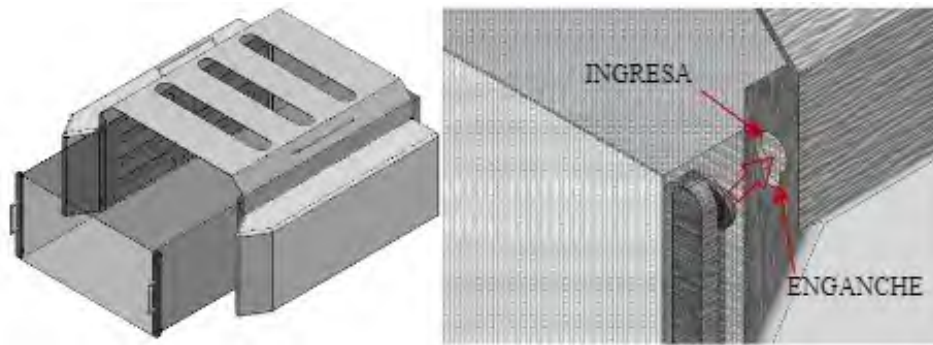


Figura 16. Mecanismo de montaje de red recolectora

El comportamiento de la red recolectora a lo largo del tiempo se presenta en la figura 17, al inicio de las operaciones la red se encuentra vacía y flotará (1), conforme se vaya llenando al fondo de la red empezará a formarse una acumulación de residuos que permanecerá flotando debido a que su densidad es menor que la del agua (2). Finalmente, la cantidad de residuos se acumulará a lo largo de todo el vehículo (3) pero la cantidad que se llena la canasta dependerá también del tamaño de los residuos. A mayor largo de la red recolectora la recolección será más eficiente pero mayor el arrastre.

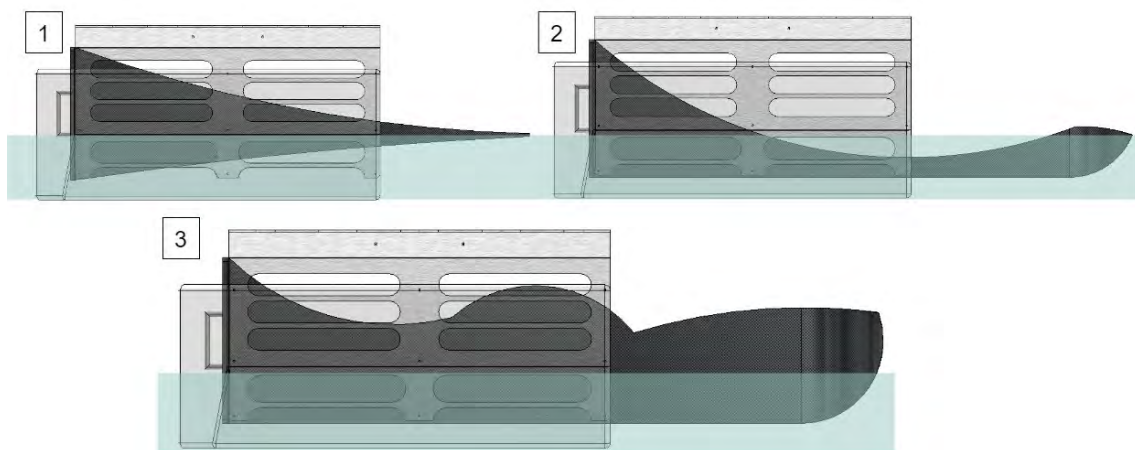


Figura 17. Comportamiento de la red recolectora

El arrastre del vehículo aumentará cuando se transporte residuos sólidos, se sobredimensionará la fuerza de propulsión por un factor de 1,5 para contrarrestar el arrastre, la fuerza de propulsión necesaria se calcula en (13)

$$Fuerza_{propulsión+arrastre} = 1,5 * Fuerza_{propulsión} = 13,125N \quad (13)$$

### **2.1.5. Protección de componentes electrónicos**

Se empleará cajas electrónicas para almacenar y proteger los dispositivos electrónicos sensibles del agua, existe la norma IEC 60529 (International Electrotechnical Commission, 2013) que establece un estándar de encapsulamiento para diferentes grados de protección contra el ingreso de materiales sólidos y líquidos empleando la nomenclatura IP-XY en donde “X” representa el grado de protección contra sólidos y “Y” contra líquidos.

El requerimiento de la caja electrónica es para proteger a todo componente electrónico sensible de entrar en contacto directo con el agua ante potenciales chorros de agua o inclusive sumergimientos temporales por accidentes. En tal sentido la categoría adecuada es la “IP-67” que propone que el encapsulamiento permitirá la protección ante inmersiones temporales.

El tamaño de la caja electrónica que se ubicará encima del armazón no quedará definido hasta la selección de componentes electrónicos, pero su dimensión no debe sobrepasar el tamaño de la superficie del armazón cuyas medidas son de 700mm x 400mm.

Por otro lado, se propone bajar el centro de masa de vehículo para aumentar la estabilidad, por lo que se acondicionará un espacio en los flotadores para la instalación de las baterías, por lo tanto, las baterías deberán tener un ancho no mayor de los 10cm para poder ser encajada dentro de los flotadores.

## **2.2.Diseño electrónico**

El diseño electrónico consta de los siguientes apartados: Consideraciones de altura y temperatura en circuitos electrónicos, diagrama de componentes, selección de dispositivos electrónicos, selección de microcontrolador, energización y regulación de voltaje, diagrama de conexiones y esquemático del sistema.

### **2.2.1. Consideraciones de altura y temperatura en circuitos eléctricos**

Según el portal de un servicio de reparación de electrónica (Global Electronic Services, Inc, 2023), la temperatura fría es preferible para mantener en buena operación los dispositivos electrónicos salvo en el caso que se llegue a temperaturas de congelamiento.

Según el portal de una empresa dedicada a refrigeración y calefacción (CAREL INDUSTRIES S.p.A, 2021), se identifica como principales consecuencias de trabajar en alturas elevadas la confiabilidad de circuitos de alto voltaje, el rendimiento de baterías y capacitores y la baja capacidad de disipación de calor en dispositivos. El sistema eléctrico a ser diseñado para el vehículo recolector no contempla en trabajar con altos voltajes o requerir disipación de calor.

Sin embargo, el sistema empleará baterías como fuente de energía y deberá establecerse un factor de pérdida solo en el caso de alturas elevadas. Según el artículo de un portal de investigación (Cadex Electronics, 2021) se espera que a temperaturas de  $-20^{\circ}\text{C}$  el rendimiento de una batería caiga al 50% de lo que podría funcionar a temperatura ambiente, por lo tanto hay que considerar que la temperatura impactará en las horas totales de funcionamiento del vehículo.



## 2.2.2. Diagrama de componentes

Se presenta en la figura 18 los módulos y componentes que conformarán el dominio eléctrico/electrónico del vehículo.

- Comunicación: Compuesto por un transceptor que permite comunicación bidireccional entre vehículo y mando.
- Video: Los componentes que la conforman son la cámara y transmisor FPV.
- Control: Mediante un adecuado microcontrolador se podrá gestionar la cantidad de señales de entrada y salidas pertinentes a una velocidad adecuada.
- Sensores: componentes que el sistema de control registra para luego enviar la información al mando. Está compuesto por sensores de ultrasonido para estimar la capacidad, sensor de velocidad un medidor de batería.
- Actuadores: Propulsores, luces, sirena y motores para mover la cámara.

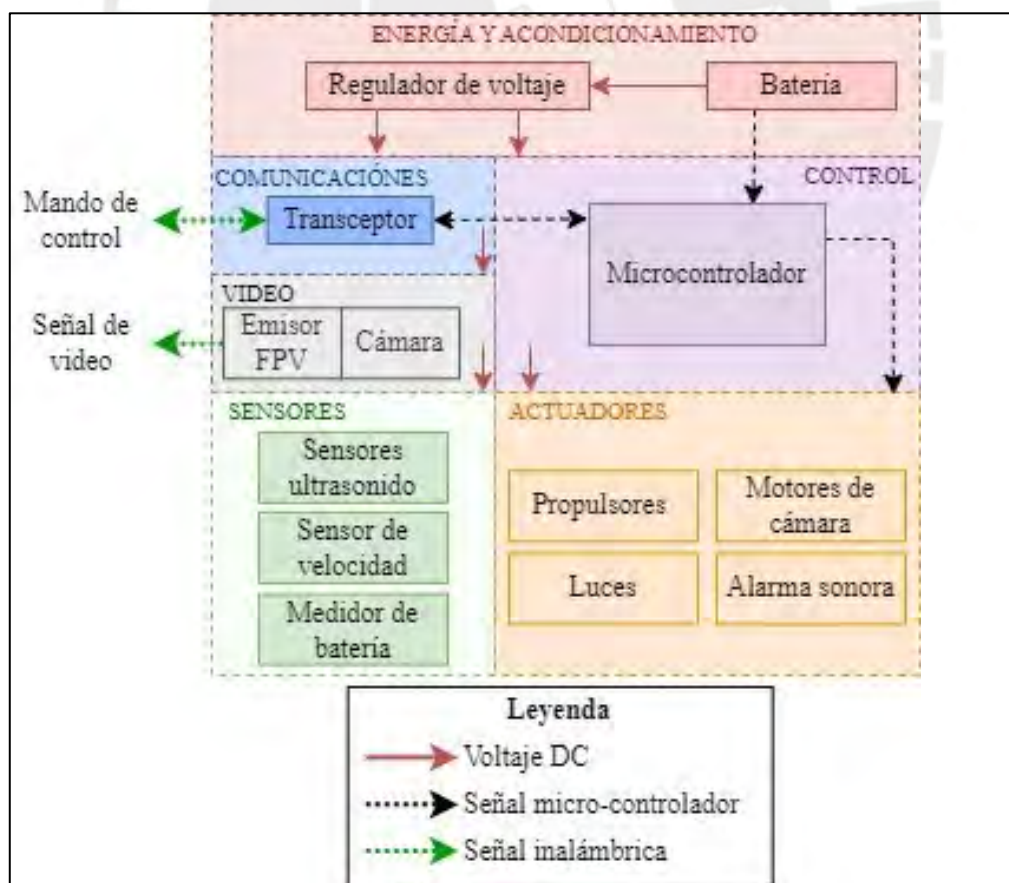


Figura 18. Diagrama de componentes del sistema electrónico

### 2.2.3. Selección de dispositivos electrónicos

Se evaluarán tecnologías comerciales que cumplan con los requerimientos del sistema y seleccionará el modelo que mejor características presente.

- Propulsores

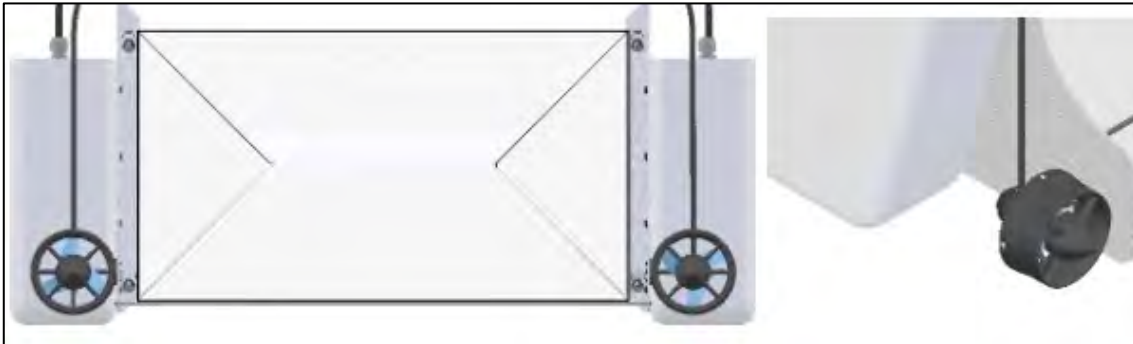
El vehículo requiere de dos propulsores, según cálculos realizados ambos deben proveer 13,125N de fuerza. Los propulsores comerciales detallan sus características técnicas empleando la unidad del kilogramo-fuerza (kg<sub>f</sub>) por lo que la fuerza requerida será 1.34kg<sub>f</sub> para dos propulsores, 0,67kg<sub>f</sub> por cada propulsor.

Se elabora la tabla 3 presentando productos comerciales evaluados, se consideran características como la máxima propulsión en bajos voltajes, así como el consumo eléctrico, bajo peso y dimensiones. Se selecciona el propulsor T200 por su eficiencia en la relación potencia mecánica con potencia eléctrica, el dispositivo consume menor energía para alcanzar la potencia mecánica requerida.

**Tabla 3. Propulsores comerciales impermeables**

<b>Propulsor</b>	<b>TD1.2</b> (Diamond Dynamics, s.f.)	<b>T200</b> (Blue Robotics Inc, s.f.)	<b>U01</b> (APISQUEEN, s.f.)
			
<b>Voltaje de operación</b>	12-24V	7-20V	12-24V
<b>Propulsión máx. a 12V</b>	0,9 kg <sub>f</sub>	2,92 kg <sub>f</sub>	1,2 kg <sub>f</sub>
<b>Potencia máxima en 12 V</b>	90W	205W	60W
<b>Potencia a 0.67 kg<sub>f</sub></b>	33W	14,4W	30W
<b>Diámetro</b>	78mm	100mm	75mm
<b>peso</b>	280g	344g	178g
<b>precio</b>	64 dólares	200 dólares	40 dólares


El propulsor será instalado en la parte trasera del vehículo detrás de cada casco, para el montaje se considerará una ampliación del armazón, de tal manera los propulsores y el espacio de almacenamiento de residuos se encontrarán separados por la placa para que ambos puedan trabajar de forma segura. El montaje del propulsor se presenta en la figura 19.



**Figura 19. Disposición de los propulsores en el vehículo**

Los propulsores requieren de un driver electrónico de control de velocidad (ESC por sus siglas en inglés) que mediante una señal de control por PWM se puede regular la potencia de los propulsores. Se empleará el ESC recomendado por el fabricante del propulsor cuyas características se presentan en la tabla 4.




**Tabla 4. Driver controlador de propulsores**

<b>Modelo</b>	Basic ESC 30 Amp BlueRobotics (Blue Robotics Inc, s.f.) 
<b>Voltaje operación</b>	7-26V
<b>Peso</b>	16,3g
<b>Tamaño</b>	32 x 18 x 6mm
<b>Control</b>	PWM
<b>Precio</b>	36 dólares

- Transceptor

El requisito del sistema es una distancia de comunicación de 500 metros. Se elabora la tabla 5 con los dispositivos transeptores comerciales evaluados y se comparan características adicionales como frecuencia de comunicación, interfaz y consumo eléctrico. Se selecciona el módulo E01-ML01DP5 debido a que permite una mayor distancia de control el cual beneficiará en gran medida al proyecto, pero requiriendo un consumo de energía mayor a otros modelos.

**Tabla 5. Transeptores comerciales y características**

<b>Transceptor</b>	NRF24L01+PA+LNA (Handson Technology) 	E01-ML01DP5 (Chengdu Ebyte Electronic Technology, 2019) 	HC-12 (elecrow, 2012) 
<b>Distancia de control</b>	1000m	2500m	1000m
<b>Frecuencia de comunicación</b>	2,4GHz	2,4GHz	430MHz
<b>Tamaño</b>	16,5x45mm	18x33,4mm	28x13mm
<b>Consumo de corriente</b>	115mA	130mA	100mA
<b>Interfaz de comunicación</b>	SPI	SPI	UART
<b>Conector Antena</b>	SMA	SMA	No

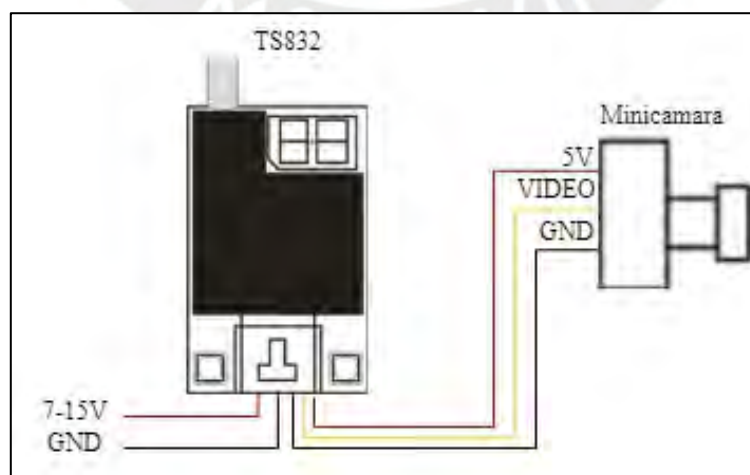
- Cámara y transmisor FPV

Las microcámaras FPV son dispositivos de bajo peso comúnmente usados en drones. Los transmisores son dispositivos que transmiten el video por radiofrecuencia usando señales en banda de 5,8GHz. Se escoge la cámara “RunCam Phoenix 2” y el transmisor “TS832”. Las características de los componentes se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 6. Cámara y tranceptor FPV**

<b>Modelo Cámara</b>	RunCam Phoenix 2 (RunCam Technology Co., 2020)
<b>Dimensiones</b>	19x19x20 mm
<b>Peso</b>	9g
<b>Resolución</b>	1000TVL
<b>Voltaje</b>	5-36V
<b>Modelo transmisor FPV</b>	TS832 (Hyperion Hk Ltd, 2013)
<b>Canales de frecuencia</b>	48 canales a 5,8GHz
<b>Potencia</b>	600mW
<b>Voltaje operación</b>	3,5 – 5,5V
<b>Distancia de control</b>	Hasta 5km al aire libre
<b>Peso</b>	19g
<b>Conector antena</b>	RP-SMA


El diagrama de conexiones entre la cámara, el transmisor FPV y la fuente de energía se presenta en la figura 20. Este sistema de video no requiere de un microcontrolador de intermediario para enviar la señal de video, sino es el módulo TS832 que envía la información.



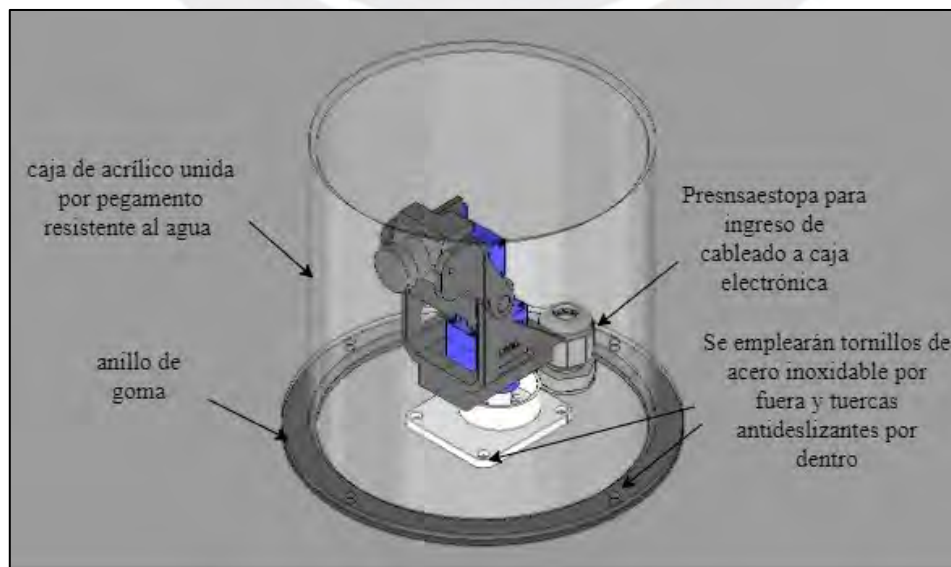
**Figura 20. Disposición de los propulsores en el vehículo**

El mecanismo *pan-tilt* es el más utilizado para el control de cámaras de monitoreo. Se puede diseñar un mecanismo *pan-tilt* a la medida para la cámara seleccionada empleando servomotores y piezas en fabricación 3D. Dado que el objeto a mover es muy ligero se selecciona el servomotor SG90, sus características se presentan en la tabla 7.

**Tabla 7. Servomotor para control de rotación de cámara**

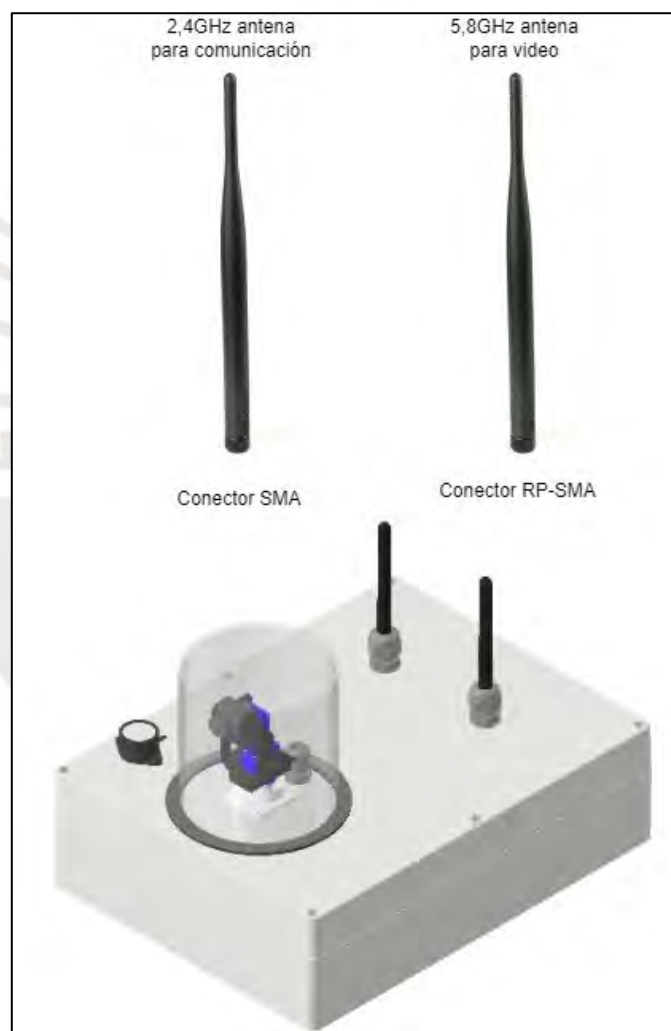
Modelo Servomotor	SG90 (Naylamp Mechatronics SAC, s.f.) 
torque	1,5kg
Voltaje	6V (Nominal)
Dimensiones	22x11,5x27mm
Peso	9g
Rotación	180°

En la figura 21 se presenta el mecanismo *pan-tilt*. Como medio de protección de la electrónica y para permitir la captura de imagen se acondiciona una caja transparente de acrílico fabricable empleando pegamento resistente al agua, se usará un anillo de goma en la base para prevenir el ingreso de agua y una prensaestopas en el interior para ingresar cableado dentro de la caja electrónica. Todas la piezas se unirán por tornillos inoxidable y tuercas antideslizantes.



**Figura 21. Mecanismo *pan-tilt* para cámara de vehículo.**

Otro aspecto a considerar son las antenas tanto para el transceptor seleccionado anteriormente como para el transmisor FPV, la electrónica es sensible al agua por lo que serán instalados dentro de la caja electrónica. Sin embargo, sus antenas deben estar expuestas por fuera de la caja electrónica para una adecuada comunicación. En la figura 22 se presenta el concepto solución, se selecciona antena comercial compatibles con el dispositivo, ambas antenas saldrán de la caja electrónica a través de prensaestopas, mientras que en el interior los equipos se encontrarán protegidos del agua.




**Figura 22. Instalación de antenas en la caja electrónica**

- Sensor de velocidad

El control de propulsores está directamente relacionado con la potencia suministrada, pero la velocidad de movimiento del vehículo puede variar debido a diversos factores como el arrastre del agua o el aumento del arrastre de los residuos recolectados, por lo que es necesario medir la velocidad real en la que se mueve el vehículo para que el operador pueda tener una información fácil de interpretar para la toma de decisiones.

La tecnología empleada para la medición de velocidad son los acelerómetros, en la tabla 8 se presenta el modelo comercial de acelerómetro MPU-9250. Según documentación de desarrolladores y programadores que han trabajado con este módulo (HiBit, 2022), es posible utilizar algoritmos y funciones para calcular la velocidad e inclusive el posicionamiento en tiempo real del módulo reduciendo al mínimo el error del sensor. La función principal que se va a cumplir con este módulo es el cálculo de la velocidad, pero se identifica la viabilidad de realizar el cálculo de posicionamiento y distancia máxima recorrida como funciones adicionales.

**Tabla 8. acelerómetro MPU-9250**

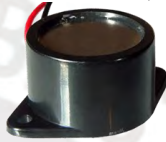
<b>Modelo</b>	MPU-9250 (Components101, s.f.) 
<b>Voltaje operación</b>	5V
<b>Corriente operación</b>	4mA
<b>Tamaño</b>	20x16 mm
<b>Comunicación</b>	I2C
<b>Grados de libertad</b>	9
<b>Precio total</b>	60 soles



- Alarma sonora

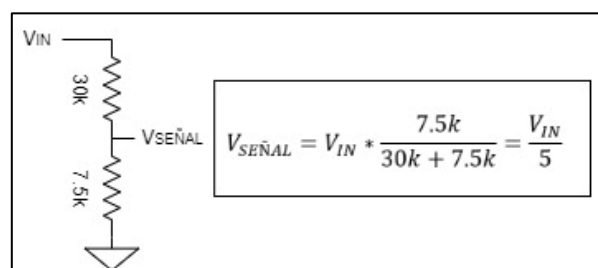
La alarma se instalará en el exterior de la caja electrónica por lo que debe ser resistente al agua. El propósito es generar ruido que ayude a ahuyentar animales de las cercanías para facilitar labores de limpieza y ser una función activable en caso se pierda la señal de control remoto y se tenga que buscar el vehículo extraviado. En la siguiente tabla se presenta un *buzzer* resistente al agua con un valor “IP67” que cumple con las necesidades del proyecto.

**Tabla 9. Buzzer impermeable**

<b>Modelo</b>	CPE-267 (CUI Devices, 2022) 
<b>Dimensiones</b>	Diámetro 25cm x 16cm altura
<b>Voltaje nominal</b>	12V
<b>Presión de sonido</b>	85dB
<b>Corriente (12V)</b>	35 mA
<b>Temperaturas de operación</b>	-30 a 80 °C
<b>Protección</b>	IP67

- Medidor de batería

El porcentaje de carga de una batería está relacionado al voltaje que entrega. Los microcontroladores y microprocesadores admiten un rango de voltaje de hasta 3.3V o 5.0V, por lo que se propone emplear un típico circuito divisor de voltaje de proporción 5 para que así un procesador pueda medir valores de voltaje de hasta 16.5V o 20V respectivamente. En la figura 22 se presenta los valores de resistencia para el circuito.



**Figura 23. Circuito divisor de voltaje**

- Iluminación

La función de la iluminación en el vehículo es para apoyo eventual en actividades nocturnas o de poca luz. Adicionalmente se considera que el color de la iluminación puede emplearse complementariamente para visualizar estados del vehículo, similar a como se usa luz roja, amarilla y verde en caso de los semáforos. Se presenta en la figura 24 una tecnología de luces LED RGB (Adafruit, s.f.) que pueden ser controladas por señales digitales.

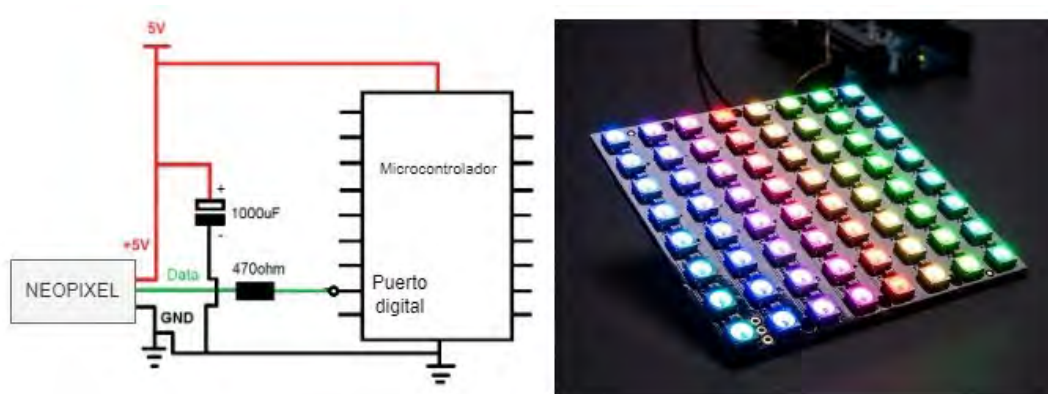


Figura 24. Tecnología de luces LED “Neopixel”

Este arreglo de luces LED será montada en la parte frontal del vehículo, debido a su ligereza se puede emplear piezas en impresión 3D para fabricar un soporte de montaje. En la siguiente tabla se presenta el dispositivo electrónico montado en su soporte y algunas funciones para los colores disponibles de iluminación.



Tabla 10. Arreglo de luces LED RGB y guía de colores

Imagen del dispositivo montado	Color LEDs	Función
	Luz Blanca	Iluminación
	Luz roja	Perdida de comunicación
	Luz Verde (10s)	Comunicación restaurada
	Luz Amarilla (intermitente)	Batería baja
	Luz azul	Almacenamiento de residuos alcanzó máximo permitido

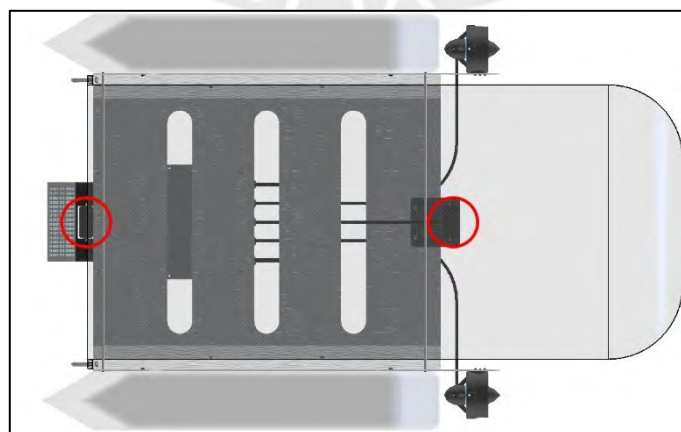
- Selección de sensor de distancia

Empleando sensores de distancia se podrá estimar la capacidad de almacenamiento de la red recolectora. Se requiere de dos sensores de ultrasonido impermeables que puedan medir distancias muy cercanas al sensor. En la tabla 11 se realiza una comparación de dos tecnologías de sensores impermeables comerciales, se selecciona el modelo A02YYUW debido a que su rango de medición permite trabajar con distancias más cortas.

**Tabla 11. Sensores ultrasónicos impermeables**

<b>Modelo</b>	JSN-SR04T (UNIT Electronics, s.f.) 	A02YYUW (DFROBOT, s.f.) 
<b>Rango de medición</b>	20 – 600 cm	3 – 450 cm
<b>Precisión</b>	+1 cm	+/- 0.2 cm
<b>Voltaje</b>	3,0 -5,0 V	3,3 – 5,0 V
<b>Interfaz de comunicación</b>	2 pines digitales	Bus UART
<b>Precio</b>	10 dólares	16 dólares

Se instalará un sensor en la parte frontal del vehículo y otro en la parte posterior. En la figura 25 se presenta la posición preliminar del dispositivo, mientras que el sensor frontal verifica que no exista desborde de residuos flotantes, el sensor posterior medirá la cantidad de materia que se va acumulando en la parte posterior del vehículo.



**Figura 25. Sensores ultrasónicos en vehículo**

#### 2.2.4. Selección de microcontrolador




Se realiza la selección del microcontrolador considerando la cantidad de puertos requeridas por los periféricos seleccionados en el apartado anterior. Se presenta los componentes que tienen conexión con el sistema de control en la tabla 12.

**Tabla 12. Puertos empleados por periféricos del vehículo**

<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Comunicación</b>	<b>Totales</b>
ESC	2	1 PWM	2 PWM
transceptor	1	Bus SPI	1 SPI
servomotor	2	1 PWM	2 PWM
Buzzer	1	1 digital	1 digital
Sensor de voltaje	1	1 analógico	1 analógico
sensor ultrasónico	2	Bus UART	2 UART
IMU	1	Bus I2C	1 I2C
Luces Led	1	1 digital	1 digital

En la tabla 13 se presentan modelos comerciales de microcontroladores programables, se selecciona el microcontrolador “ESP32” en su modelo de placa de 30 pines. La placa ESP32 posee dos buses UART que permite la comunicación con los sensores ultrasónicos. Asimismo, la placas ESP32 también tiene una funcionalidad de integrar comunicación Wi-fi que permitirá brindar flexibilidad en caso se requiera desarrollar futuros proyectos relacionados a internet.

**Tabla 13. Microcontroladores comerciales**

<b>Microcontrolador</b>	Arduino UNO (Arduino S.R.L, s.f.) 	30-PIN ESP32 (UNIT Electronics, s.f.) 	Raspberry pi pico (Raspberry Pi Ltd, 2022) 
<b>Voltaje de alimentación</b>	6 – 12V	5V	5V
<b>Voltaje de operación</b>	5V	3.3V	3.3
<b>tamaño</b>	54x69 mm	55x28cm	51x21mm
<b>Puertos totales</b>	20	30	26
<b>Puertos analógicos</b>	6	18	3
<b>Puertos digitales</b>	14	24	23
<b>Puertos PWM</b>	6	16	PWM
<b>Puertos UART</b>	1	2	1
<b>SPI</b>	1	2	2
<b>I2C</b>	1	1	2
<b>Frecuencia de reloj</b>	16MHz	240MHz	133MHz
<b>Precio</b>	30 soles	45 soles	32,50 soles

### 2.2.5. Energización y acondicionamiento del sistema

En el cálculo de la energización del sistema se considerarán los componentes indispensables para el funcionamiento continuo del sistema, por lo que aspectos como la iluminación y alarmas al ser situacionales no serán considerados. En la tabla 14 se presenta el consumo de potencia de cada componente electrónico seleccionado, más información sobre las características técnicas de cada tecnología seleccionada se puede revisar el Anexo B “Dispositivos comerciales para el proyecto”.

Tabla 14. Consumo eléctrico de componentes principales

Componente	Cant.	Volt. Op (V)	Corriente (mA)	Potencia por unidad (W)	Potencia total (W)
ESP32	1	5	250	1,25	1,25
Sensor ultrasónico	2	5	15	0,08	0,16
Servomotor	2	6	10	0,06	0,12
Transmisor FPV	1	12	(-)	0,60	0,6
Cámara FPV	1	5	220	1,10	1,1
Transceptor	1	3,3	115	0,38	0,38
Propulsor (0.67 kgf)	2	12	(-)	14,40	28,8
				Total	32,41

La potencia total del sistema del vehículo se estima alrededor de 33W. Según los requisitos de diseño se requiere que el vehículo recolector pueda barrer 5 hectáreas de superficie de un humedal mientras consume esta potencia de trabajo.

En el dominio mecánico, durante el diseño del recolector se fijó el ancho de la red recolectora en 0.55 metros (ver figura 12 del apartado 2.1.4), este valor se considera el “ancho de barrido”. El vehículo se desplaza a 8 km/h y debe cubrir 5 hectáreas. En (14) se calcula la cantidad de horas que el vehículo trabajará en cubrir el área de barrido.

$$\begin{aligned}
 Area_{barrido} &= Ancho_{red} * longitud_{recorrida} = 50'000 \\
 50'000 &= Ancho_{red} * (Velocidad_{movimiento} * Horas_{trabajo}) \\
 50'000 &= 0.55 * (8'000 * Horas_{trabajo}) \\
 Horas_{trabajo} &= 11.36h
 \end{aligned}
 \tag{14}$$

Se calcula la cantidad de energía que requiere durante las horas de trabajo en (15).

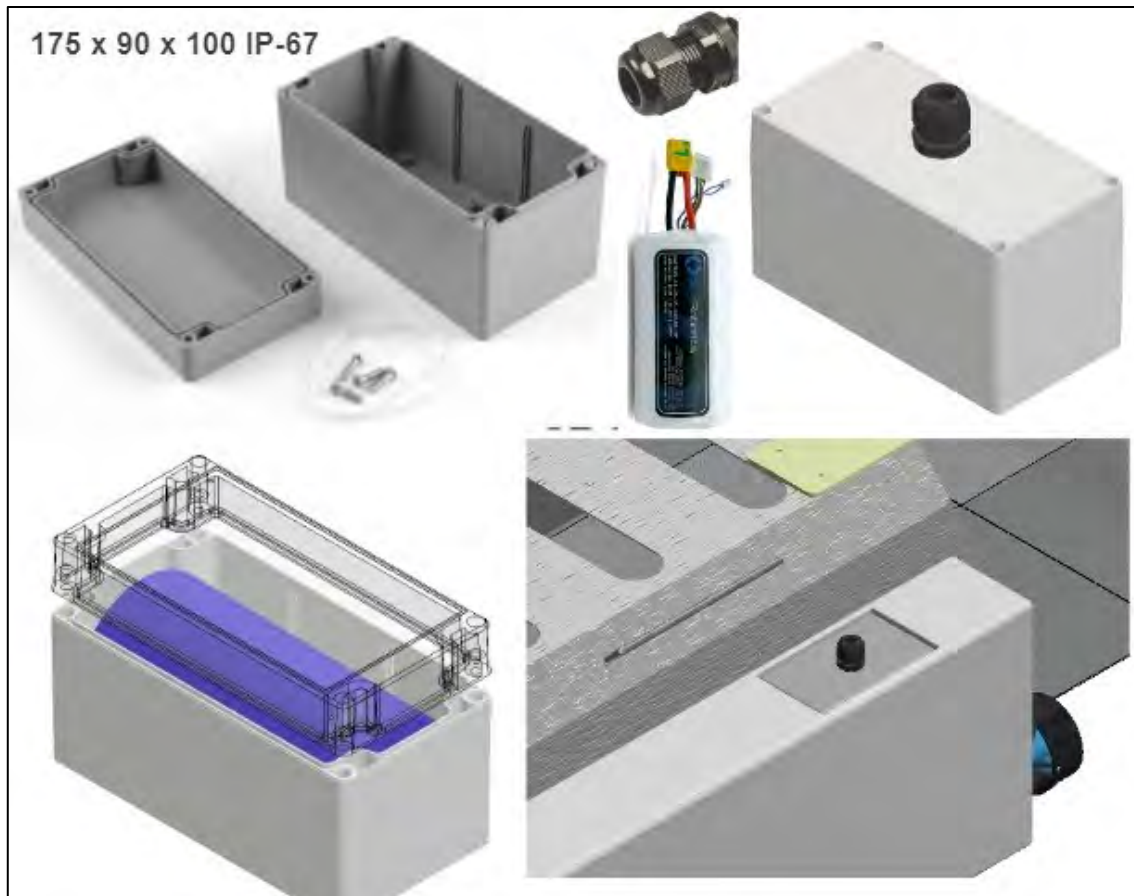
$$\begin{aligned}
 Energía &= Potencia * tiempo \\
 Energía &= 33 * 11.36 \cong 375W.h
 \end{aligned}
 \tag{15}$$

En la tabla 15 se realiza una comparación de baterías comerciales investigadas cuyas características en común son un suministro de voltaje superior a 12 voltios, el voltaje de operación mínimo empleado para los propulsores. Se selecciona la batería del proveedor “BlueRobotics” dado su buena densidad de energía, se requerirá hasta 2 unidades en paralelo para alcanzar la demanda de energía requerida.

**Tabla 15. Bateras comerciales**

Batería	Batería de litio BlueRobotics (Blue Robotics Inc, 2023) 	12V 18AH LIFEPO4 (Canbat Technologies Inc., s.f.) 	Tattu 16000mAh (Grepow Inc., s.f.) 
Voltaje nominal	14.8V	12.8V	22.2V
Corriente Hora	15,6 A.h	18 A.h	16Ah
Capacidad nominal	230 W.h	230W.h	355,2W.h
Peso	1 163 g	2 450 g	1905 g
Dimensiones	150x75x75	168x162x77 mm	184x67x66 mm
Densidad de energía	197,8 W.h/kg	93,88 W.h/kg	186,4 W.h/kg
Precio	330 dólares	205 dólares	170 dólares
Cargador	Cargador LiPo genérico	Cargador dedicado Canbat 12V 6A	Cargador LiPo genérico
Precio de cargador	70 dólares	120 dólares	70 dólares

Debido a cuestiones de estabilidad del vehículo sobre el agua, es necesario bajar lo más posible el centro de gravedad del vehículo, en tal sentido se propone instalar las baterías en un compartimento impermeable dentro de los cascos empleando los componentes presentados en la figura 26, la caja electrónica con protección IP-67 con dimensiones para albergar la batería y un prensaestopas para el paso impermeable del cableado desde el interior de la caja al exterior.



**Figura 26. Instalación de baterías en el vehículo**

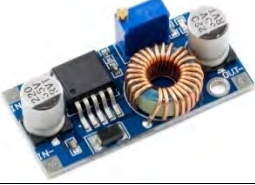
En lo que respecta al acondicionamiento de voltaje, se requiere lo siguiente:

- 5 voltios: luces led (4 Amp), ESP32 (0.25Amp); IMU (10mA)
- 3,3 voltios: Transceptor (130mA)
- 6 voltios: Servomotores para cámara(10mA)
- 12 voltios: Buzzer (50mA), Transmisor FPV (0.6W) y propulsores (28.8W)

Se emplearán reguladores del modelo XL4005 presentado en la tabla 16, se utilizará uno para cada voltaje requerido, salvo el caso de la iluminación LED (5V) y propulsores (12V) que por su consumo elevado de corriente se empleará un regulador individual para cada uno de los componentes.



Tabla 16. Regulador de voltaje DC-DC

Componente	XL4005 (Naylamp Mechatronics SAC, s.f.) 
<b>Voltaje de entrada</b>	5 a 32V
<b>Voltaje de salida</b>	0.8 a 30V
<b>eficiencia</b>	96%
<b>Corriente máxima</b>	5 amperios

Se considera para todo elemento del sistema una eficiencia del 96% en el acondicionamiento de energía y 85% en el rendimiento de batería a temperaturas de 0°C según documentación del distribuidor de baterías (Blue Robotics Inc, 2023). En (16) se calcula la cantidad de horas que el sistema podrá trabajar bajo las condiciones propuestas:

$$\begin{aligned}
 \text{Energía} &= \text{Potencia} * \text{tiempo} \\
 \text{Energía}_{\text{baterías}} &= \left( \frac{\text{Potencia}_{\text{operación}}}{\text{Eficiencia}} \right) * \text{horas}_{\text{trabajo}} \\
 (230) \times 2 &= \frac{32,41}{0,96 * 0,85} * \text{horas}_{\text{trabajo}} \\
 \text{horas}_{\text{trabajo}} &\cong 11.58h
 \end{aligned}
 \tag{16}$$

En (17) se calcula la cantidad de área de barrido que el sistema electrónico podrá recorrer considerando la cantidad de horas de trabajo calculada en (16).

$$\begin{aligned}
 \text{Area}_{\text{barrido}} &= \text{Ancho}_{\text{red}} * (\text{Velocidad}_{\text{movimiento}} * \text{Horas}_{\text{trabajo}}) \\
 \text{Area}_{\text{barrido}} &= 0,55 * (8\ 000 * 11.58) \\
 \text{Area}_{\text{barrido}} &= 50\ 952 \cong 5,1\text{ha}
 \end{aligned}
 \tag{17}$$

Por lo tanto, considerando que el vehículo operará en condiciones de temperatura de hasta 0 grados centígrados que reduce al 85% la eficiencia de baterías podrá movilizarse a 8 kilómetros por hora y trabajar durante 11.5 horas con una sola carga de batería. En ese periodo de tiempo recorrerá hasta 5,1 hectáreas.

## 2.2.6. Diagrama de conexiones y esquemático del sistema

En la figura 27 se presenta el diagrama de conexiones de la electrónica del sistema, así como la distribución de voltajes para cada componente según se evaluó en apartados anteriores.

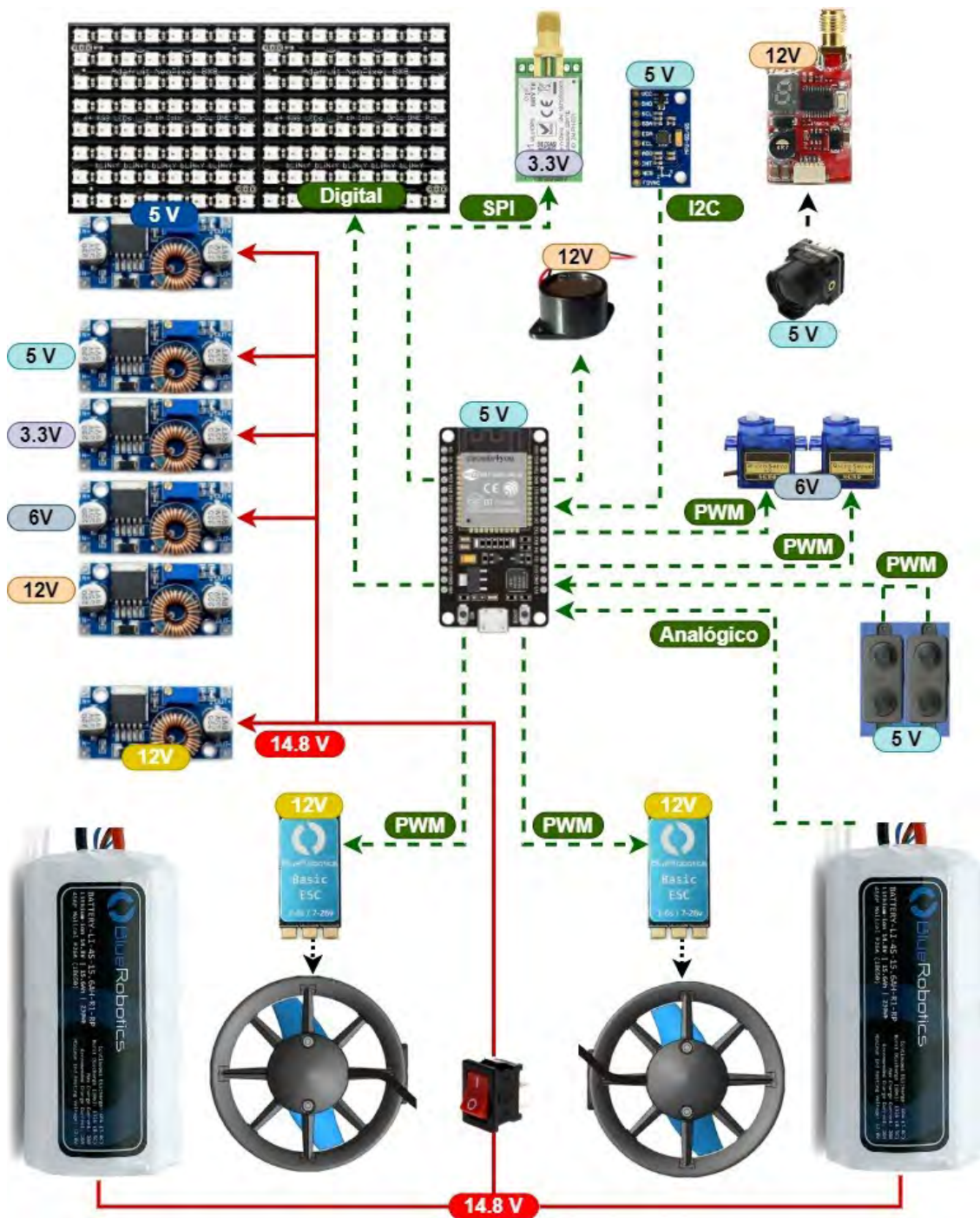


Figura 27. Diagrama de conexiones de componentes

En la figura 28 se presenta el diagrama esquemático del circuito eléctrico diseñado.

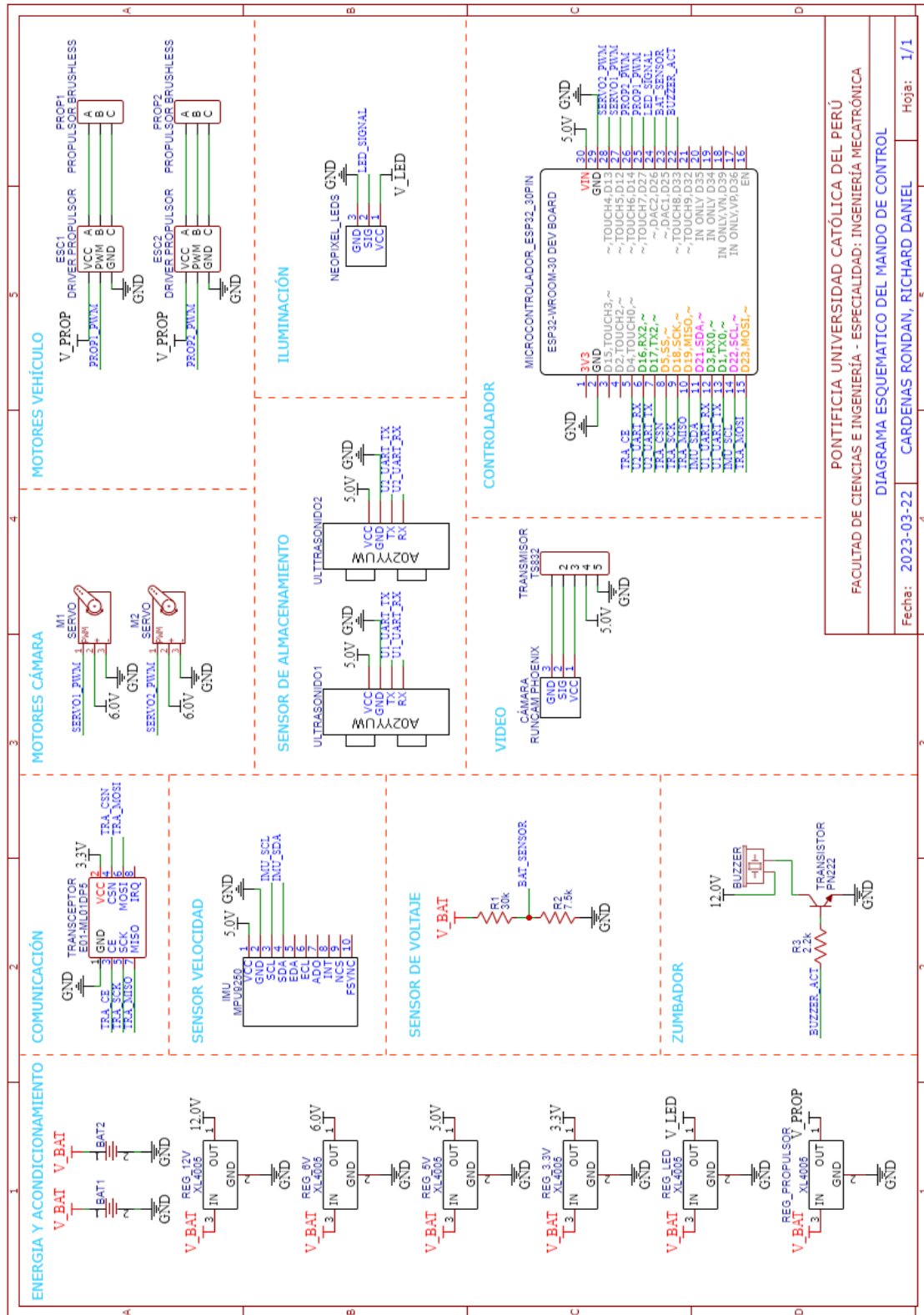


Figura 28 Diagrama esquemático del sistema electrónico del vehículo

## 2.3. Control del sistema

El sistema electrónico del vehículo es controlado por el microcontrolador ESP32 empleando el transceptor E01-ML01DP5 para la comunicación bidireccional. En este apartado se presenta el diagrama de flujo del sistema de control, el método de control de propulsores y la medición de la capacidad de almacenamiento.

### 2.3.1. Diagrama de flujo del sistema de control

El microcontrolador ESP32 puede ser programado mediante el software de libre uso Arduino IDE. El microcontrolador busca continuamente datos por medio del transceptor y en caso de no encontrarlos generará una advertencia visual mediante luces o sonido. Recibida la señal se actualizan los actuadores, se registra el valor en los sensores y se envía la información al mando de control. En la figura 29 se presenta el diagrama de funciones.

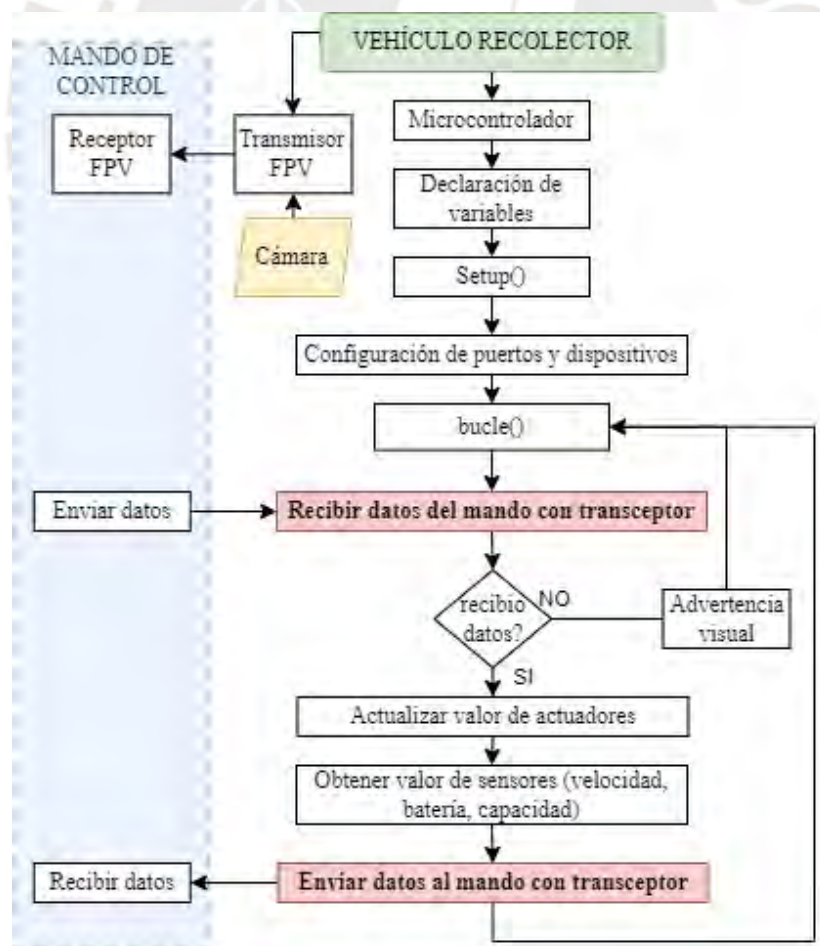
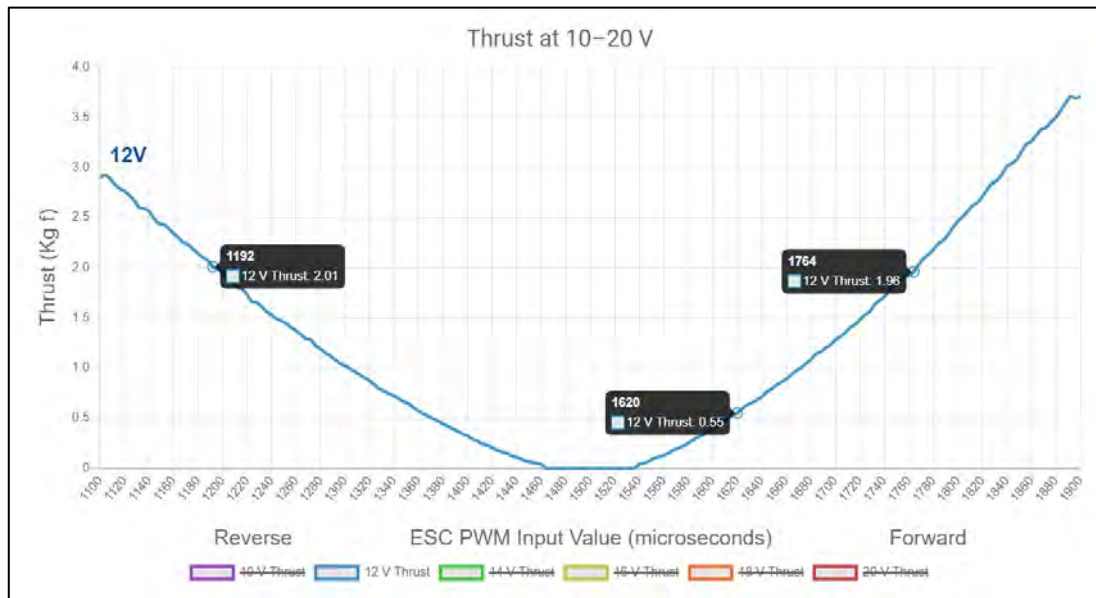


Figura 29 Diagrama de flujo del sistema de control

### 2.3.2. Control de velocidad de propulsores

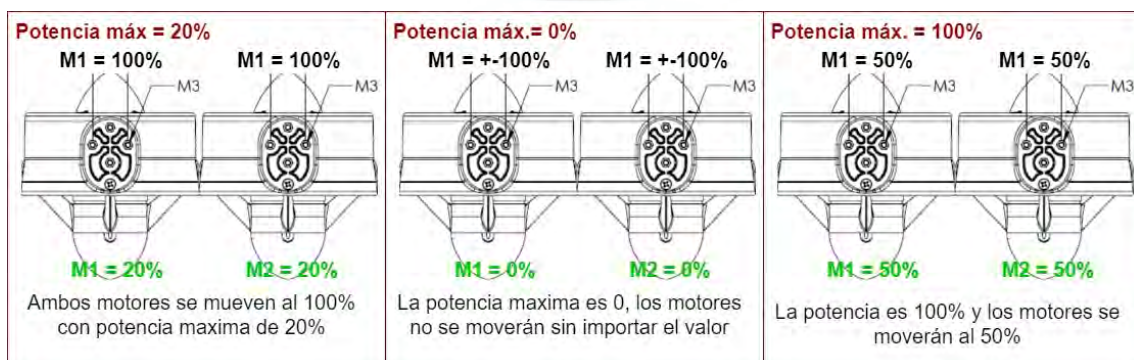
Los propulsores T200 siguen una curva de comportamiento establecida por el fabricante según la figura 30. La velocidad requerida en los requerimientos de diseño es de 0.67 kg<sub>f</sub> por propulsor. Sin embargo, resulta conveniente poder utilizar mayor potencia del motor en caso el operador desee mayor velocidad. Se controlará cada propulsor hasta los 2 kilogramos fuerza.



**Figura 30** Curva de comportamiento del propulsor a 12V, PWM vs kg<sub>f</sub>

Tomado de “T200 Thruster specifications” (Blue Robotics Inc, s.f.)

Remotamente, el operador puede controlar la potencia máxima de ambos propulsores en un valor entre [0%;100%], asimismo se puede controlar cada propulsor por separado entre valores de [-100%;100%] para regular el sentido y la intensidad del impulso, en la figura 31 se presentan los ejemplos.



**Figura 31** Parámetros de control de propulsores

Analizando los datos de la figura 32 de grafico PWM vs kgf, El valor para detener el propulsor es 1500, el valor mínimo de PWM se estima aproximadamente en 1200 y el valor máximo en 1750, pero estos valores podrían variar ligeramente de un propulsor a otro. El procedimiento para convertir el valor de un propulsor a partir de su potencia máxima ingresada e intensidad de propulsor ingresada se presenta en la figura 31.

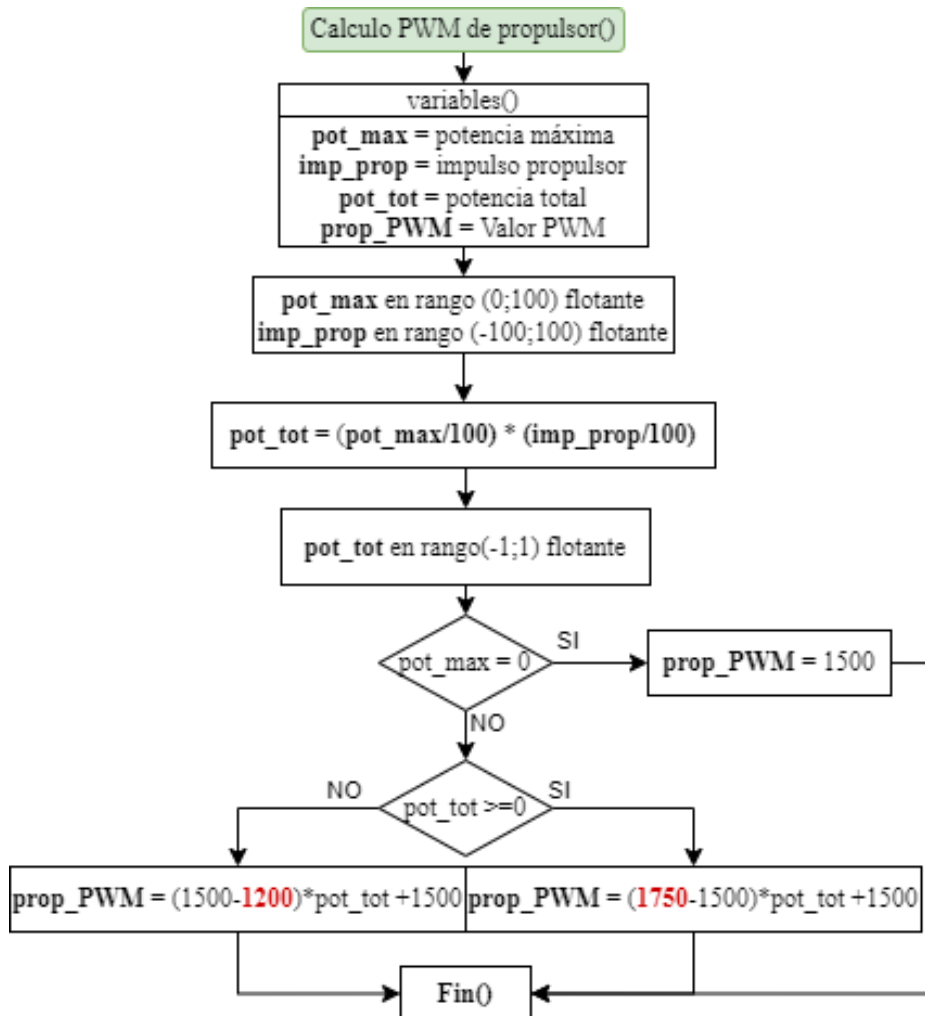


Figura 32 Función para cálculo PWM de motor

### 2.3.3. Medición de capacidad de almacenamiento

La capacidad de almacenamiento de la red recolectora no se puede calcular de forma precisa debido a que, dependiendo del tamaño y la forma de los residuos sólidos, la red no se llena completamente y a un ritmo uniforme, el comportamiento de la red recolectora se ha presentado previamente en la figura 17 del capítulo 2.1.4.

Empleando dos sensores ultrasónicos, uno al ingreso del recolector y otro en el punto de acumulación al final de la red recolectora, es posible identificar la situación en la que se encuentra la red y proponer un estado que el operador pueda reconocer para identificar el estado de almacenamiento. En la figura 33 se propone los siguientes estados.

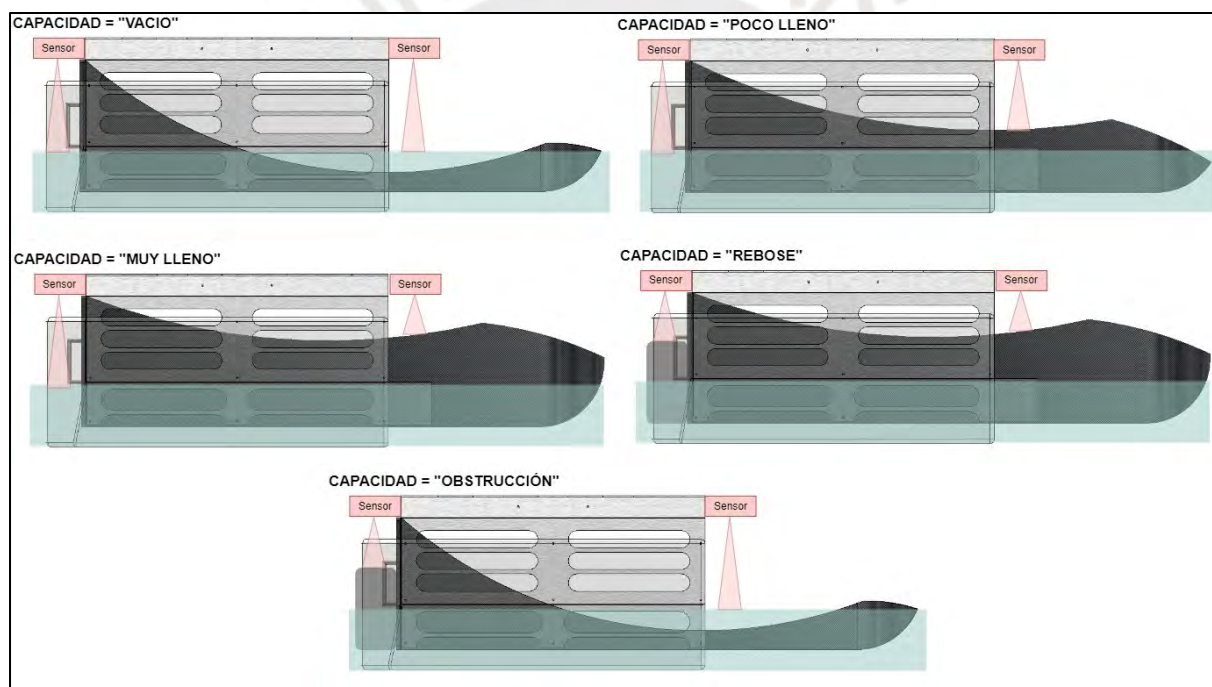


Figura 33 Estados para definir capacidad de almacenamiento

Los sensores de ultrasonido se encontrarán aproximadamente a 25cm sobre la superficie del agua, se definen a estos como "sensor frontal" y "sensor posterior". La información que enviará el vehículo al mando es una cadena de caracteres. La totalidad de estados para definir la capacidad de almacenamiento son:

- “VACIO”: Cuando ambos sensores registran una distancia mayor a 23 cm.
- “POCO LLENO”: Cuando el sensor posterior registra entre 15 y 20 cm y el sensor frontal registra más de 23cm
- “LLENO”: Cuando el sensor posterior registra entre 10 y 15cm de distancia y el sensor frontal registra más de 23cm.
- “MUY LLENO”: Cuando el sensor posterior registra menos de 10cm y el sensor frontal registre más de 23cm.
- “REBOSE”: Cuando el sensor frontal registre menos de 20 cm y el sensor posterior registre menos de 15cm.
- “OBSTRUCCIÓN”: Siempre que el sensor frontal registre una distancia menor que el sensor posterior cuando este último sea mayor a 20cm.

Se espera que, debido a la velocidad del vehículo, los residuos sólidos flotantes se acumulen en la parte posterior de la red recolectora y el sensor posterior realice siempre mediciones de distancia más cortas, mientras que en la parte frontal de la red todo se encuentre despejado.



## 2.4. Integración de dominios

En este apartado se evalúa los diseños previos elaborado en cada dominio y se desarrolla un solo sistema integrado. Este proceso consiste en: montaje de componentes electrónicos y evaluación del peso total del vehículo. El sistema de control será evaluado en conjunto con el mando de monitoreo y control.

### 2.4.1. Montaje de componentes electrónicos

Se realiza el modelado 3D con la distribución de los componentes electrónicos que se instalarán dentro de la caja electrónica (figura 34-I), considerando las dimensiones requeridas se identifica un modelo comercial de caja electrónica con protección IP67 (figura 34-II). En el exterior de la caja electrónica seleccionada se designa ubicaciones donde se realizará la instalación de componentes electrónicos y conectores impermeables (figura 34-III). Más información sobre la caja electrónica en el apartado B.21 del Anexo B.

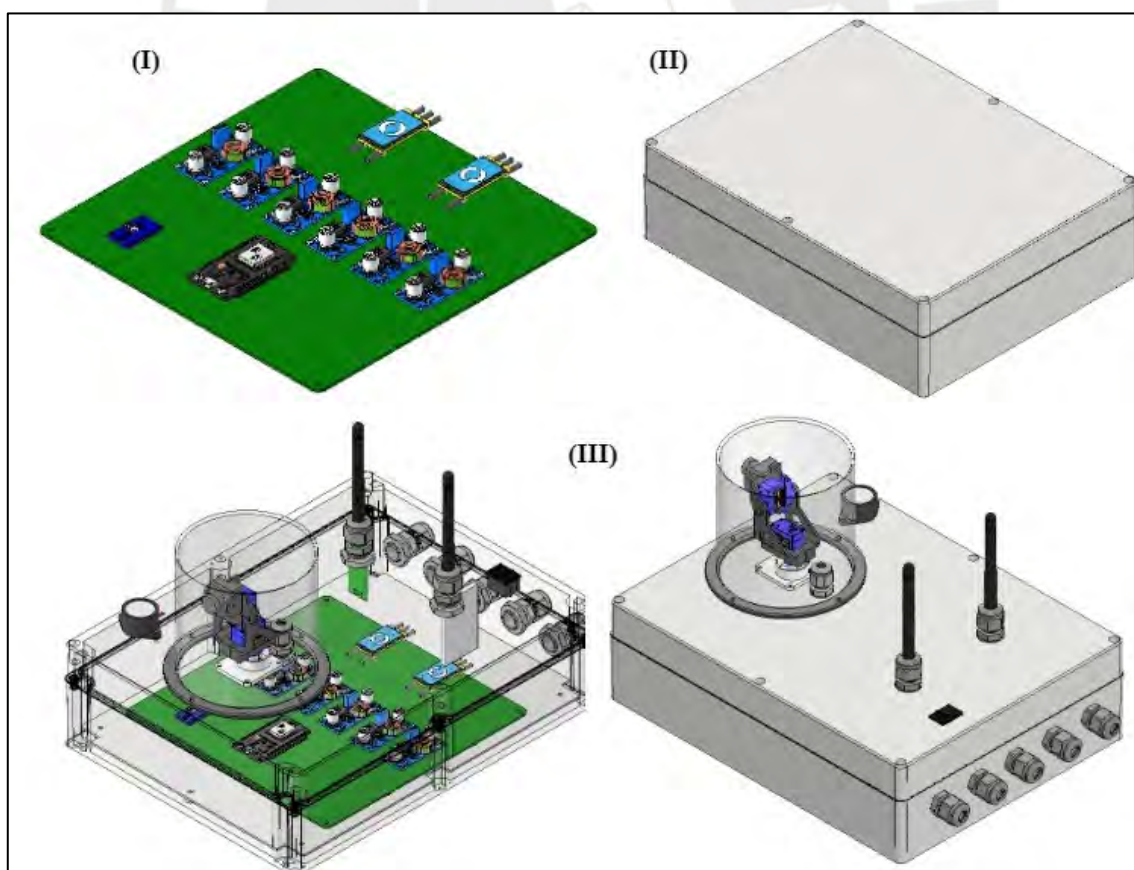
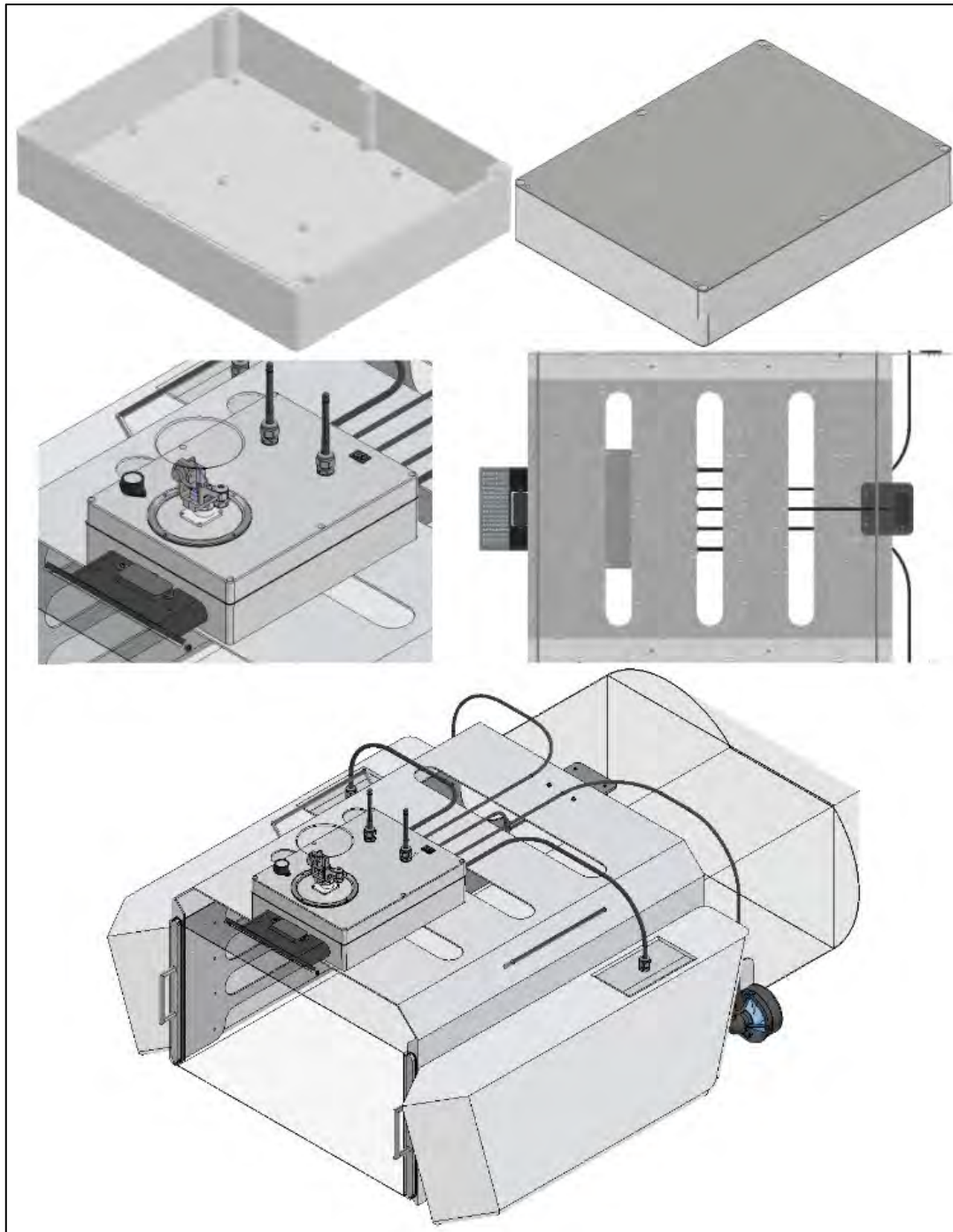


Figura 34 Montaje de caja electrónica

La caja electrónica se encuentra acondicionada para poder realizar agujeros en la parte inferior de la caja, en tal sentido se monta la caja electrónica lo más adelante posible en el armazón del vehículo, las luces LED y el sensor ultrasónico frontal se acondicionan para ser montados en la parte frontal de la caja empleando piezas en fabricación 3D. En la figura 35 se presenta el montaje total de la electrónica.



**Figura 35 Montaje de dispositivos en el vehículo recolector**

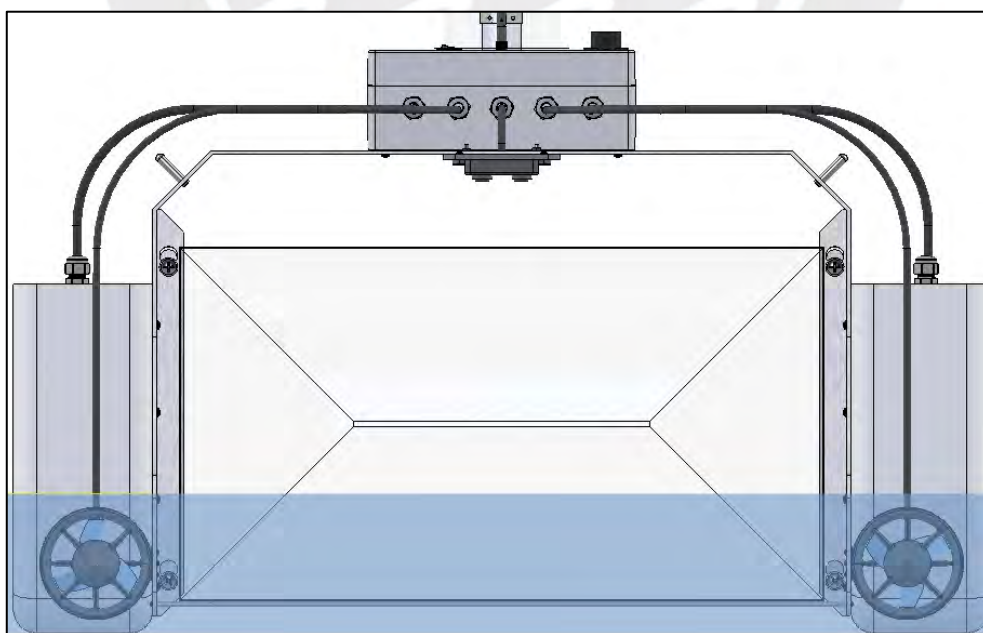
### 2.4.2. Evaluación del peso total del vehículo

Se presenta en la tabla 17 peso total del vehículo a partir de todas las piezas que lo componen. El peso total del vehículo montado es de aproximadamente 21 kilogramos.

**Tabla 17. Consumo eléctrico de componentes principales**

Componente	Cant.	Peso unitario (kg)	Peso total (kg)
Par de flotadores	1	1,97	3,96
Armazón	1	6,5	6,5
propulsor	2	0,344	0,688
Batería	2	1,163	2,326
Caja electrónica	1	1,0	1,0
Caja protección batería	2	0,7	1,4
red polietileno	1	0,7	0,7
tiradores de red	2	0,3	0,6
Manijas de transporte	2	0,3	0,6
Componentes electrónicos y cableado	1	5	5
		<b>Total</b>	<b>22,78</b>

Se estima que el vehículo con un peso aproximado de 23kg se sumergirá 12 centímetros, profundidad suficiente para que los propulsores con un diámetro de 10 cm se encuentren completamente sumergidos, la disposición final se presenta en la figura 36.



**Figura 36 Flotación del vehículo dado su peso final.**

### 2.4.3. Características del sistema integrado

Las dimensiones del vehículo son de 0.84 x 0.9 x 0.5 metros, sin considerar dispositivos electrónicos montados encima de la caja electrónica y la red recolectora. Se puede encontrar información más detallada sobre las dimensiones del sistema en el Anexo E: Planos.

El vehículo alcanzará 8 km/h a 0,67kg<sub>f</sub> en cada propulsor, pero dado el propulsor seleccionado se podrá alcanzar potencias de hasta 2kg<sub>f</sub> para llegar a doblar la velocidad. La velocidad será regulable mediante una señal de control varía la potencia máxima de propulsores, permitiendo también disminuir la velocidad.

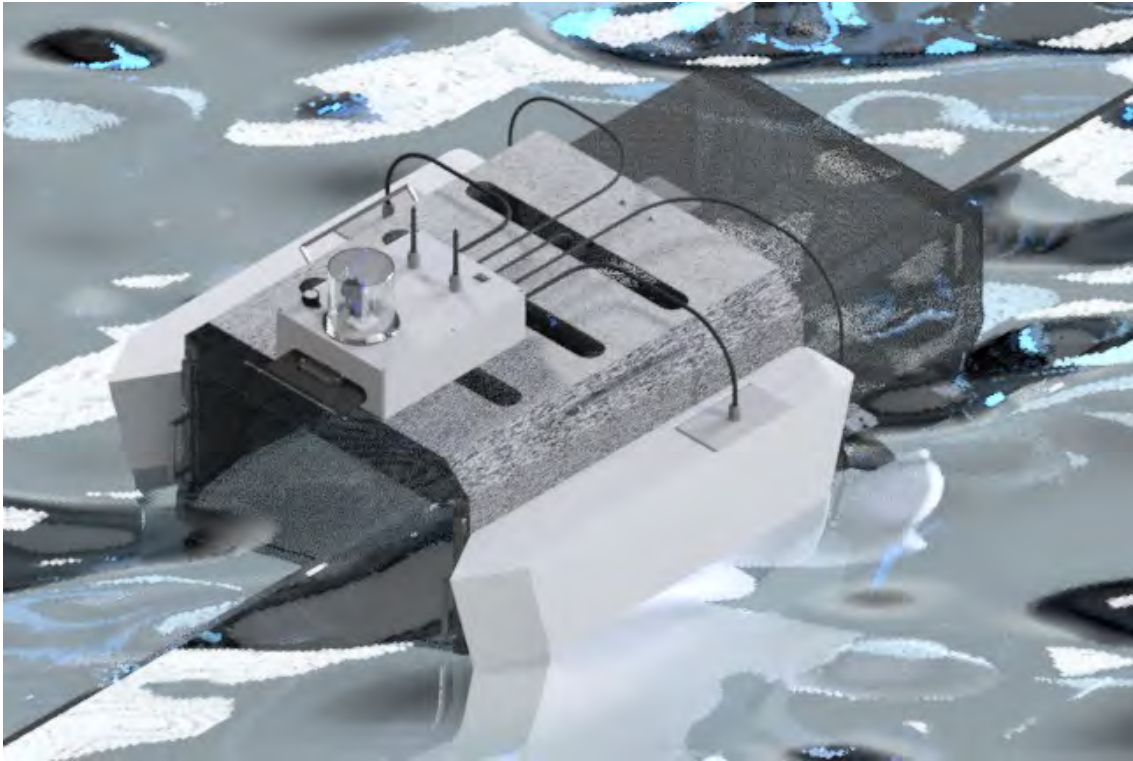
La distancia de teleoperación de datos mediante transceptor alcanzará los 2,5 kilómetros, mientras que la de video alcanzará 5 kilómetros, esto bajo las condiciones de que el vehículo y operador se encuentren con línea de vista.

Se diseñó el método de una red parcialmente sumergida que realiza un barrido de residuos sólidos flotantes, las dimensiones de esta red pueden exceder al tamaño del vehículo debido al espacio entre cascos, las dimensiones de la red recolectora son de 0.55 x 0.3 x 1.2 metros para una capacidad de 198 litros.

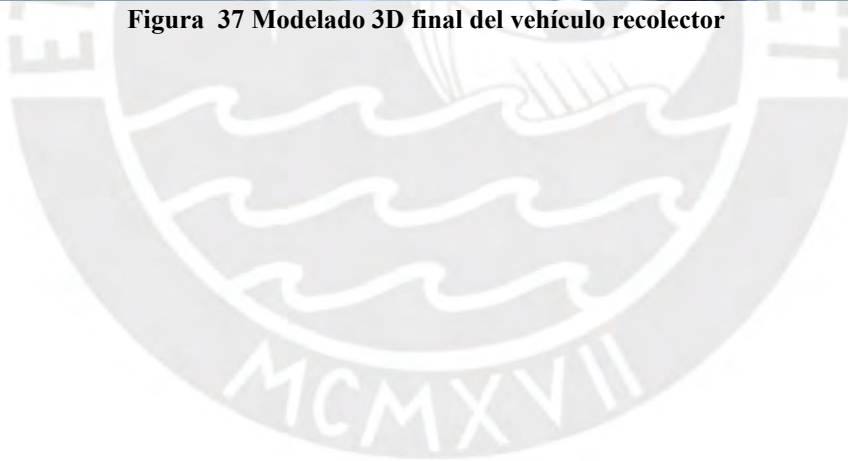
Con el vehículo transportándose a 8 kilómetros por hora, se seleccionó un conjunto de baterías que permitirán hasta 11 horas de trabajo por carga, pudiéndose barrer 4,8 hectáreas en ese tiempo.

Se seleccionaron materiales como el aluminio, la resina epoxi reforzada con fibra de vidrio y el polietileno para trabajar en contacto con el agua, estos materiales presentan resistencia a la oxidación y corrosión. Se identifica que la temperatura, siempre que no alcance el punto de congelación, no afecta a componentes electrónicos. Se emplea una caja de protección electrónica con protección IP67 para proteger la electrónica sensible de contacto con el agua.

En la figura 37 se presenta el modelado final del vehículo recolector simulando su flotación en la superficie acuática.



**Figura 37 Modelado 3D final del vehículo recolector**



## Capítulo 3

### Diseño del mando de monitoreo y control remoto

El mando se utilizará como dispositivo inalámbrico para la transmisión y recepción de datos remotos. Las características de diseño se establecen según los requerimientos del sistema y tendencias de la tecnología portátil moderna.

- El mando controlará estados del vehículo como potencia de propulsores, dirección de movimiento del vehículo, posicionamiento de la cámara, luces y alarma.
- El mando recibe y visualiza datos provenientes del vehículo, tales como las señales de video de la cámara, capacidad de almacenamiento actual del recolector, porcentaje de batería del sistema y velocidad del vehículo.
- La distancia mínima de control del vehículo será de 500 metros.
- La captura de la señal de video será desde un teléfono celular con aplicativo.
- El mando tendrá una autonomía similar al vehículo, utilizará baterías recargables y tendrá la funcionalidad de monitoreo de porcentaje de batería.

El presente capítulo está dividido en cuatro apartados. En el apartado mecánico se diseña la carcasa para componentes electrónicos y el mecanismo para soporte de teléfono celular, en el diseño electrónico se realiza la selección de componentes y conexiones. En el diseño de control se establece la secuencia de funcionamiento entre mando y vehículo, así como lógica de programación. En el apartado de integración del sistema se establecen las relaciones del apartado mecánico, electrónico y control para la implementación física del dispositivo.

### 3.1. Diseño mecánico

La carcasa del dispositivo debe poseer forma y dimensiones fáciles de manejar para las manos de una persona y permitir la instalación de componentes electrónicos en su interior. Asimismo, se requiere implementar un mecanismo de fijación para celulares.

#### 3.1.1. Diseño de carcasa con soporte para teléfonos

Se toma como referencia el tamaño promedio de los teléfonos celulares de 160 x 70 milímetros, en la figura 38 se propone un mecanismo articulado compacto que permite el agarre seguro de un teléfono, asimismo se considera una carcasa del tamaño ligeramente superior a un teléfono que cuenta con bordes redondeados y puntos de agarre para los dedos en la parte posterior para mayor ergonomía y seguridad.

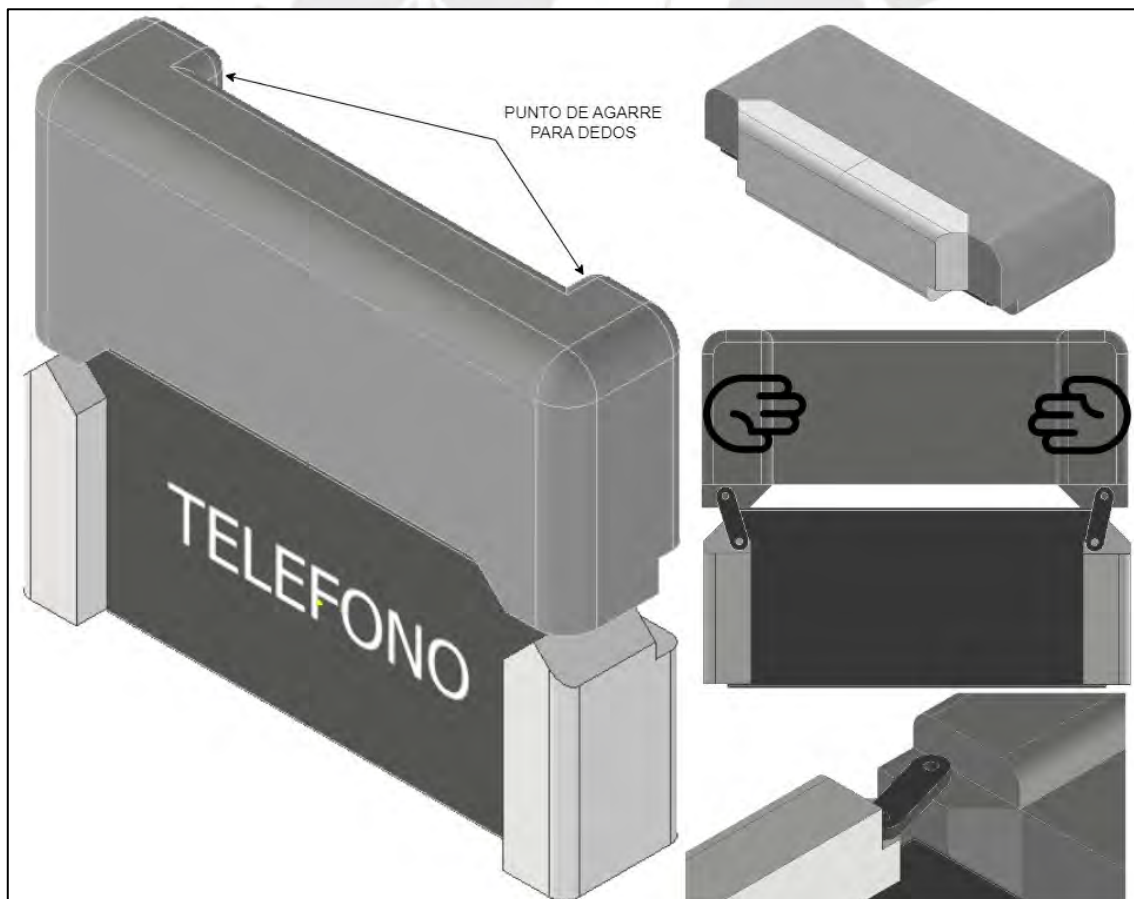


Figura 38. Carcasa del mando y mecanismo de sujeción de teléfono

### 3.1.2. Fijación de componentes

La electrónica del dispositivo deberá ser montada en un circuito impreso para mejor gestión del espacio. En la figura 39 se presenta los detalles de uniones atornilladas para la carcasa. Estableciendo la forma preliminar rectangular para la PCB (39-1) se diseñó agujeros de fijación ciegos que deben encontrarse ligeramente elevados y reforzados por filetes y redondeos (39-2). La unión entre las dos partes de la carcasa se realizará mediante agujeros pasantes en la pieza principal, pero con un abocardado para la entrada del tornillo (39-3).

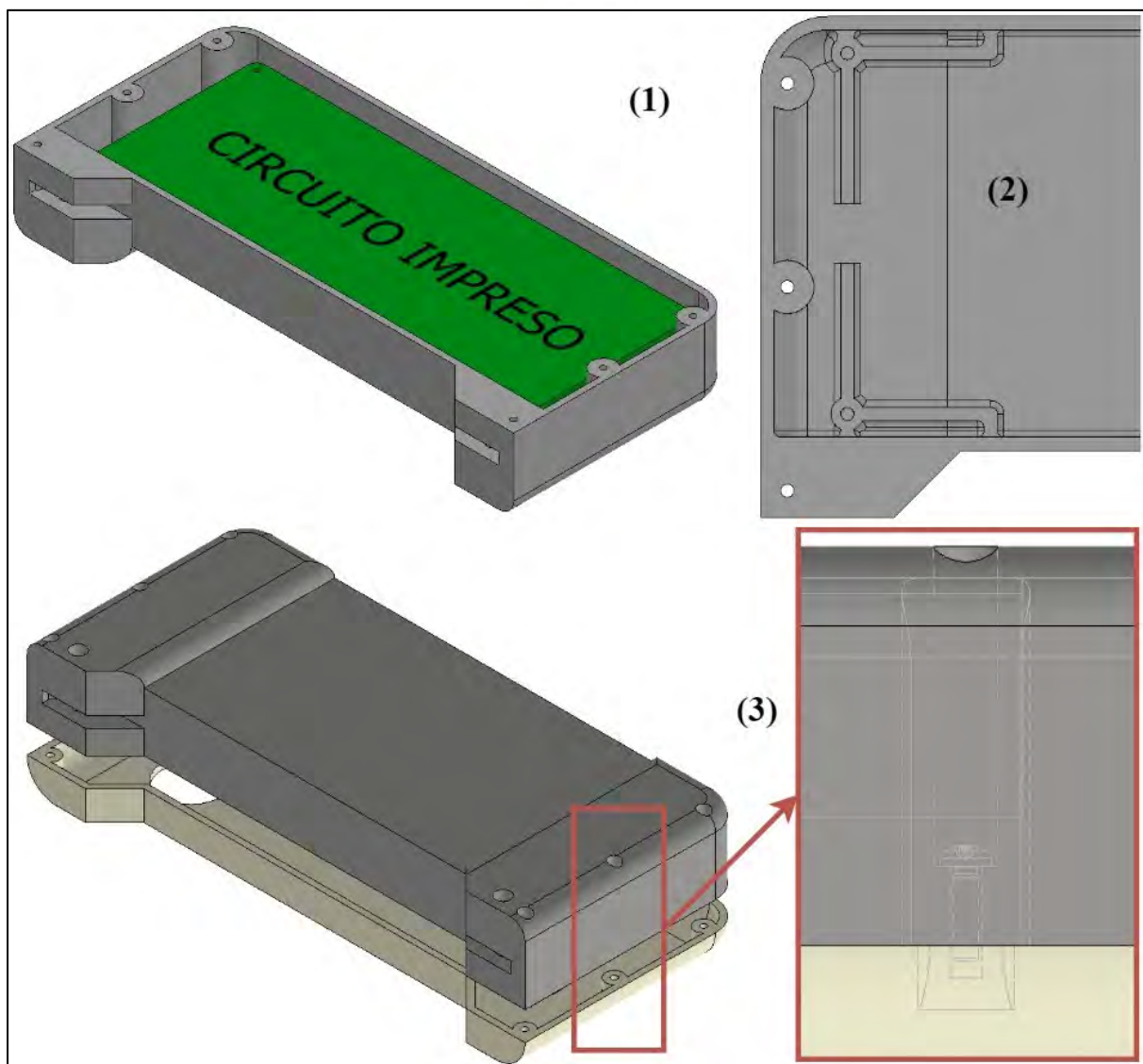
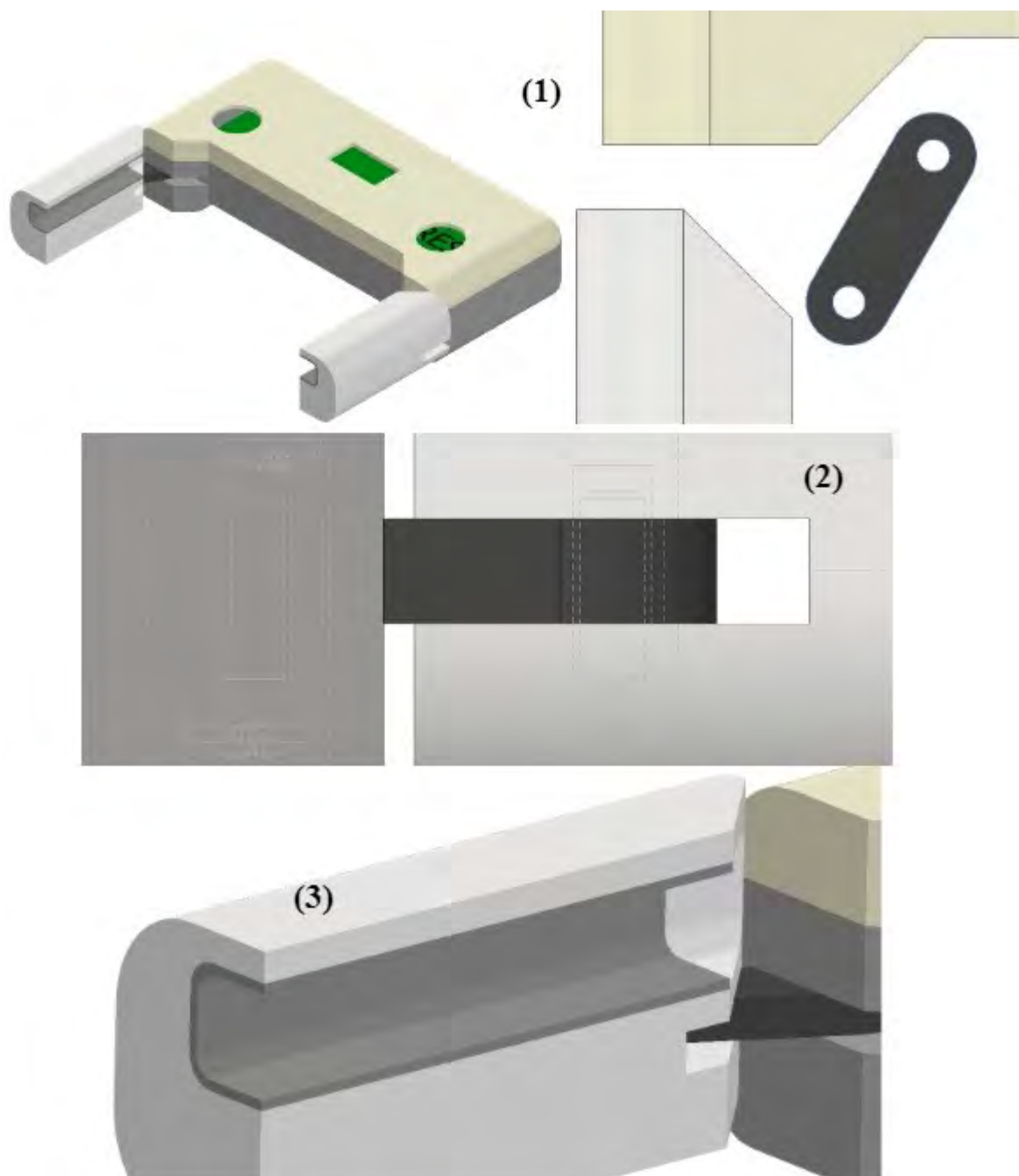


Figura 39. Elementos de montaje para la carcasa



La fijación del mecanismo de agarre de teléfono se presenta en la figura 40. La carcasa inferior y los accesorios de apoyo cuentan con ranuras para que pueda ingresar un eslabón que se usará como unión entre las piezas (40-1). El eslabón es fijado empleando tornillos desde la parte posterior (40-2). Finalmente, para fijar el agarre del celular se instalará en el interior de la ranura de los accesorios de apoyo una lámina de goma que apriete suavemente contra los bordes teléfono sin dañarlo (40-3).



**Figura 40. Elementos de montaje para el teléfono**

### 3.1.3. Fabricación de la carcasa

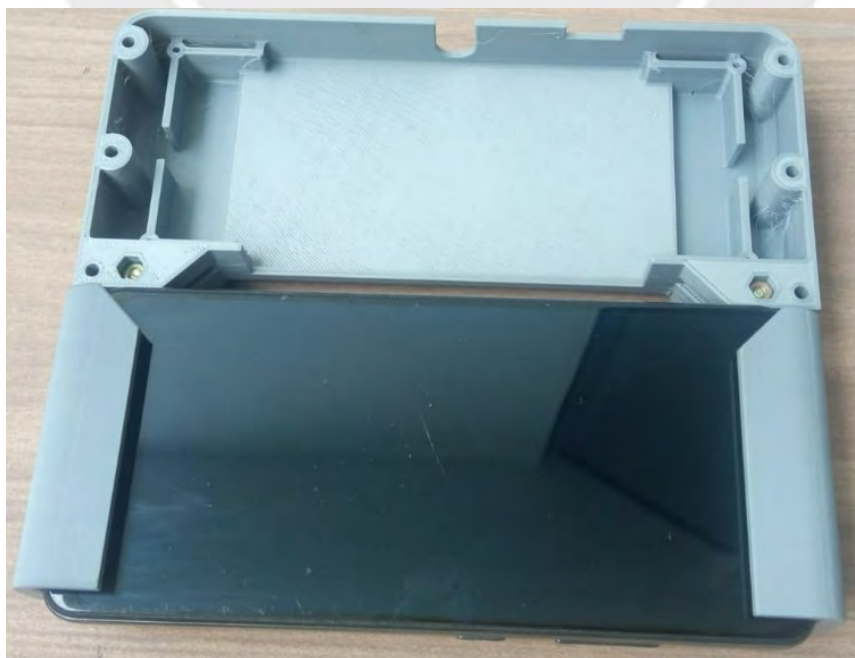
Dada la naturaleza de este producto a nivel de prototipo o producción a baja escala, se propone el uso de impresión 3D para su fabricación. En la tabla 18 se presenta una comparativa entre los materiales más populares en el entorno de la impresión 3D, se selecciona el PLA como material para trabajar debido a su superioridad en resistencia y calidad de impresión necesaria para piezas pequeñas.

**Tabla 18. Características de materiales empleados en impresión 3D**

Característica	PLA	ABS	PET/PETG
T° de Fusión	200-215°C	220-240°C	230-250°C
Facilidad de impresión	Muy alta	Muy baja	Alta
Calidad de impresión	Muy alta	Media	Alta
Resistencia mecánica	Alta	Media	Media-Baja
Resistencia térmica	Muy baja (30°C)	Muy alta (<100°C)	Alta (80°C)
Resistencia al impacto	Muy baja	Muy alta	Media
Adhesión entre capas	Media	Baja	Alta

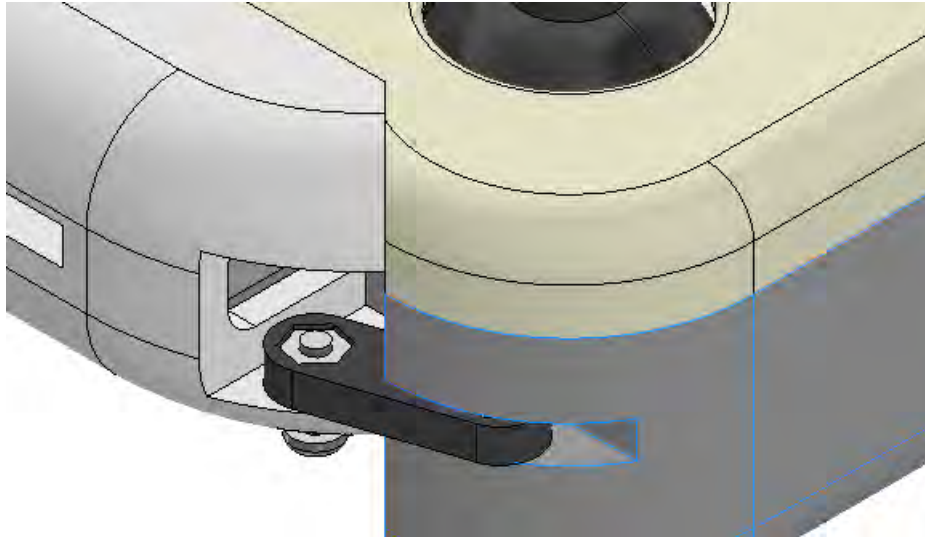
Nota: Tomado de “Materiales de impresión 3D: Cuáles son los termoplásticos más usados” (SICNOVA, 2021)

En la figura 41 se presenta la impresión 3D de un prototipo avanzado de la carcasa propuesta donde se puede apreciar el correcto funcionamiento del mecanismo porta celulares.



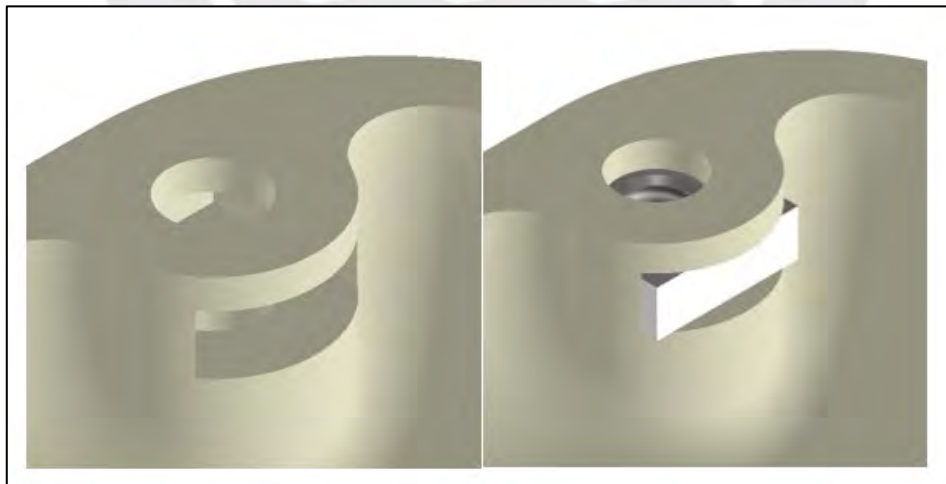
**Figura 41. Impresión 3D de la carcasa**

Las uniones atornilladas en impresiones 3D empleará la técnica de “tuerca cautivas” que consiste en acondicionar un agujero para tuercas en la superficie de la carcasa, el agujero pasante permite que el tornillo entre libremente y este será fijado en su lugar por la tuerca, en la figura 42 se presenta la aplicación de la técnica en el modelo 3D elaborado.



**Figura 42. Tuerca cautiva superficial en impresiones 3D**

De igual manera en la figura 43 se utiliza la técnica de “tuerca cautiva lateral” que se utilizara para la unión atornillada en la tapa de la carcasa, siendo esta una tuerca cuadrada ingresada de forma lateral en ranuras implementadas a lo largo del agujero.



**Figura 43. Tuerca cautiva lateral en impresiones 3D**

### **3.2.Diseño electrónico**

En el diseño electrónico se realiza la selección de componentes necesarios para el monitoreo y control del vehículo teleoperado, luego se realiza la selección de un microcontrolador compatible con las tecnologías seleccionadas y se selecciona la fuente de energía y regulación de voltaje.

#### **3.2.1. Diagrama de componentes**

Se requiere implementar un mando como medio entre el operador y el vehículo recolector. Considerando las características propuestas en el concepto de solución optimo se esquematiza los módulos y componentes que conformarán el dispositivo (ver figura 44).

- Energía y acondicionamiento: se encarga de la correcta distribución de energía a todo el dispositivo, consiste en la batería y reguladores de voltaje.
- Comunicación: La comunicación entre el vehículo y el mando se realizará mediante un transceptor que permite enviar y recibir mensajes.
- Control: Mediante un adecuado microcontrolador se podrá gestionar la cantidad de señales de entrada y salidas pertinentes a una velocidad pertinente.
- Periféricos de entrada: componentes que el operador puede controlar para enviar como señales de control al vehículo, la utilidad de cada periférico podrá ser ajustada de acuerdo con la programación del sistema de control.
- Periféricos de salida: Componentes que el operador puede ver o escuchar que le brindarán información de interés sobre el estado del sistema mando/vehículo. Se considera una pantalla y un zumbador para datos y sonido respectivamente.
- Video: Es un Módulo independiente al sistema de control que cumplirá con la función de adquirir señales de video emitidas desde el vehículo.

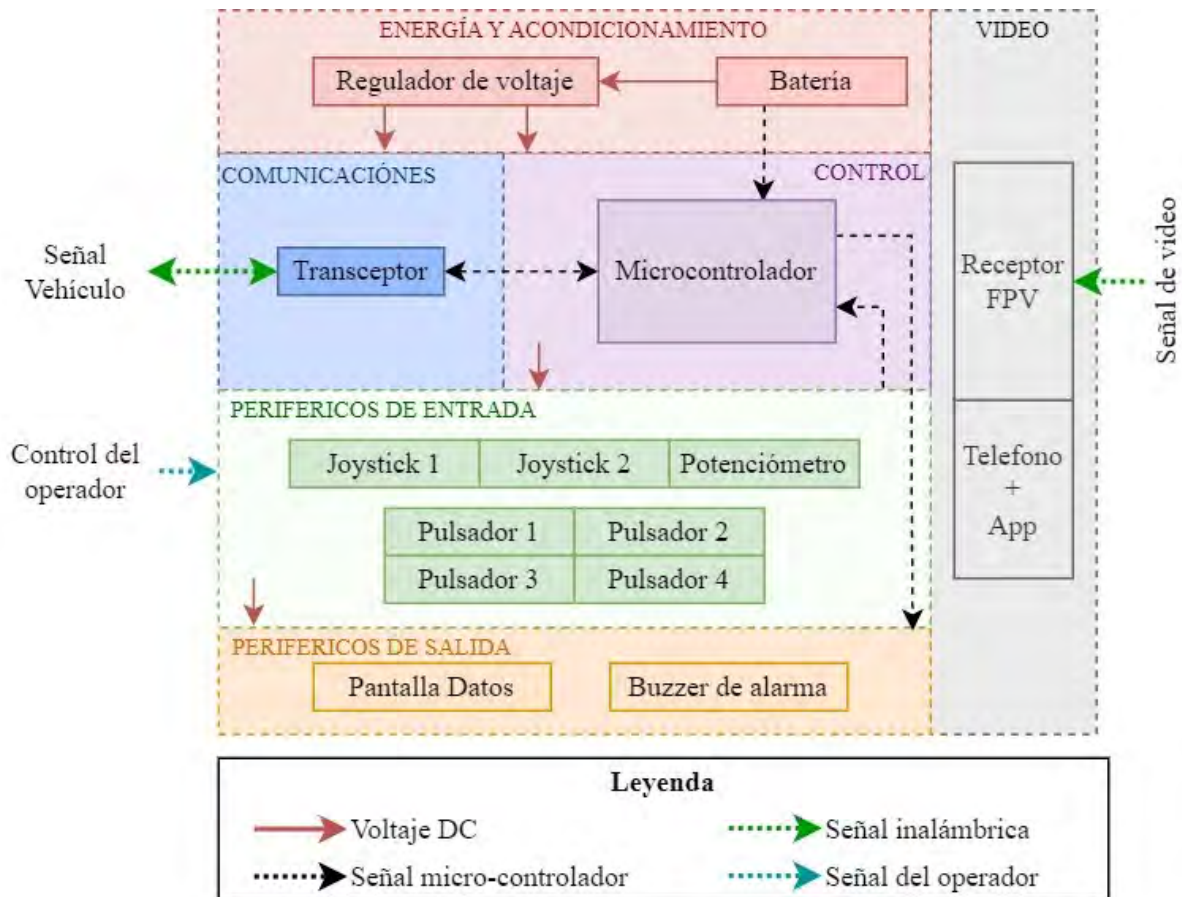


Figura 44. Diagrama de componentes del sistema electrónico del mando

### 3.2.2. Selección de componentes electrónicos

Se selecciona los siguientes componentes: transceptor, receptor FPV, periféricos de entrada, pantalla de datos, zumbador y finalmente se dimensionará un microcontrolador adecuado para la tarea.




- Selección de transceptor

El transceptor seleccionado para el mando será el mismo dispositivo que el vehículo recolector (modelo E01-ML01DP5) para asegurar la compatibilidad, la distancia de transmisión de datos es de hasta 2500m en zonas abiertas y sin obstáculos.

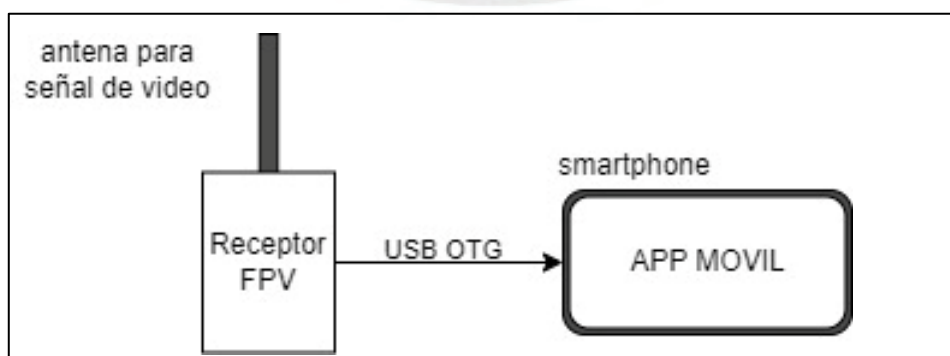
- Selección de receptor FPV

Los receptores FPV captan señales de video a 5,8GHz y las convierten en video. En la tabla 19 se presentan tres tecnologías comerciales evaluando tamaño, peso y consumo eléctrico como características predominantes en la selección de una tecnología optima. Se selecciona el modelo ROTG01 por ser un modelo compacto y económico.

**Tabla 19. Módulos FPV comerciales**

Característica	Eachine ROTG01 (Eachine, s.f.) 	Eachine ROTG02 (Eachine, s.f.) 	SkyDroid (GetFPV LLC., s.f.) 
<b>Tamaño</b>	61*33*9 mm	61*41*11 mm	40*59*11mm
<b>Peso</b>	28g	35g	29g
<b>Consumo corriente</b>	200mA	300mA	-
<b>Compatibilidad</b>	S.O. Android	S.O. Android	S.O. Android
<b>Resolución video</b>	640*480p	640*480p	-
<b>Precio</b>	30 dólares	38 dólares	30 dólares

Se esquematiza el sistema FPV-Teléfono en la figura 45. El receptor FPV recibe las señales de su entorno de su rango de canales de lectura en el rango de los 5,8GHz. El teléfono debe ser compatible con el sistema operativo Android y contar con la función “USB OTG” para poder visualizar las señales emitidas por el módulo FPV mediante una aplicación móvil.



**Figura 45. Sistema de Antena FPV que usa teléfonos inteligentes**

- Selección de pantalla de datos

La pantalla mostrará datos alfanuméricos, ya sean de monitoreo remoto del vehículo o también de monitoreo local de señales del mando batería interna del mando. En la tabla 20 se presenta las pantallas comerciales, las características evaluadas son la cantidad de caracteres visualizables, pines de conexión y consumo eléctrico. Se selecciona el modelo OLED 1,3" que puede mostrar mayor información y tiene un menor consumo eléctrico.

**Tabla 20. Pantallas comerciales para visualización de datos**

<b>Pantalla</b>	OLED 1,3" I2C (EastRising Technology Co., 2019) 	LCD 16x2 + I2C (Handson Technology) 	LCD 2.4" - ILI9341 (Naylamp Mechatronics SAC, s.f.) 
<b>Voltaje Op.</b>	5V	5V	5V
<b>Corriente</b>	25 mA (máx.)	25 mA (máx.)	100 mA (máx.)
<b>Pines de control</b>	2 (I2C)	2 (I2C)	5 (SPI)
<b>Caracteres en pantalla</b>	21 x 7	16 * 2	>300
<b>tamaño</b>	35x33 mm	80x36 mm	53x38 mm
<b>Peso</b>	7g	50g	25g
<b>precio</b>	35 soles	20 soles	40 soles

- Selección de periféricos de entrada y salida

Las funciones que deben ser cubiertas por estos periféricos son:




- Movimiento XY del vehículo recolector, se propone un joystick compacto similar a los usados en mandos de videojuegos.
- Ajuste de la velocidad máxima de movimiento, se utilizará un potenciómetro del tipo perilla.
- Rotaciones pan-tilt de la cámara instalada en el vehículo, al tratarse de dos ejes relacionados a un mismo equipo se empleará un joystick.

- Botón para activar sirena requiere de un pulsador.
- Botón para encender y apagar las luces, puede usarse un pulsador.
- Alarma sonora, puede ser realizada por un zumbador.

### 3.2.3. Selección de microcontrolador

El microcontrolador del sistema debe poder manejar los periféricos de entrada, salida, la pantalla y el transceptor, siendo un total de 3 puertos digitales, 6 puertos analógicos, comunicación I2C y SPI. En la Tabla 21 se evalúan los microcontroladores comerciales, considerando en la evaluación de características principales la eficiencia eléctrica, compactibilidad, velocidad, medio físico de programación y entorno de programación. Se selecciona el Arduino nano por cumplir con todos los puertos requeridos, un bajo consumo eléctrico y por tener un puerto de programación integrado.

**Tabla 21. Microcontroladores compactos comerciales**

<b>Microcontrolador</b>	Arduino nano (Arduino S.R.L, s.f.) 	Arduino Pro mini 3.3V (Arduino S.R.L, 2023) 	ESP32 (UNIT Electronics, s.f.) 
<b>V. operación</b>	5V	3.3V	3.3V
<b>Corriente nominal</b>	20mA	5mA	240mA
<b>Tamaño</b>	18x45 mm	18x33 mm	28x55mm
<b>Frecuencia de operación</b>	16 MHz	8MHz	240MHz
<b>Puertos analógicos</b>	8	8	18 de 30
<b>Puertos digitales</b>	14	14	24 de 30
<b>I2C y SPI</b>	Si	Si	Si
<b>Puerto de programación</b>	USB mini B o USB-C	Requiere adaptador	USB micro B
<b>Programación</b>	Arduino IDE	Arduino IDE	Arduino IDE
<b>Precio total</b>	40 soles	40 soles	45 soles



### 3.2.4. Energización y acondicionamiento del dispositivo

En la tabla 22 se presenta el consumo eléctrico de componentes electrónicos estimando la carga operacional que realizarán. Para la regulación de voltaje del mando de control solo se requerirá regular la fuente de energía a 5 voltios y a 3.3 voltios.

**Tabla 22. Consumo eléctrico de componentes principales**

<b>Componente</b>	<b>V. Alimentación</b>	<b>Corriente máxima</b>
Arduino nano (proporcionando energía en las salidas)	5V	100mA
Pantalla Oled (iluminando el 40% de la pantalla)	5V	25mA
Transceptor E01-ML01DP5 (máxima potencia de transmisión)	3.3V	130mA

En la tabla 23 se evalúa dos tecnologías de baterías portátiles comerciales en el mercado para seleccionar la más adecuada, las baterías Li-ion y Li-Po. Se emplearán baterías de Li-Po en el proyecto principalmente por sus ventajas de forma y seguridad.




**Tabla 23. Baterías recargables comerciales**

<b>Característica</b>	<b>Celda Li-Ion</b>	<b>Batería Li-Po</b>
<b>Forma</b>	Cilíndrica	Tableta rectangular
<b>Densidad de energía</b>	Alto	Medio
<b>Precio</b>	Barato	Medio
<b>Seguridad de uso</b>	Inflamable	Resiste impactos
<b>Peso</b>	Medio	Ligero
<b>Durabilidad</b>	Alta	Media
<b>Almacenamiento prolongado</b>	Envejecimiento	Efecto memoria

Nota: tomado de “*Lithium Ion vs. Lithium Polymer Batteries*” (RAVPower, s.f.)

La batería requiere de un medio para recarga energía y reguladores para el acondicionamiento a 5V y 3,3V. En la tabla 24 se presenta los módulos para el acondicionamiento de energía.

Tabla 24. Módulos de acondicionamiento de energía

<b>Cargador de baterías</b>	
<b>Modelo</b>	TP4056 (Naylamp Mechatronics SAC, s.f.) 
<b>Voltaje de Alimentación</b>	4,5 a 5,0V por USB-C
<b>Corriente de carga</b>	1A
<b>Dimensiones</b>	18x28mm
<b>Baterías compatibles</b>	Li-ion y Li-Po de 3,7V
<b>Regulador a 5V</b>	
<b>Modelo</b>	MT3608 (Naylamp Mechatronics SAC, s.f.) 
<b>Voltaje de Alimentación</b>	2V a 24V
<b>Voltaje Salida</b>	5V a 28V ajustable
<b>Corriente</b>	2A máx.
<b>Dimensiones</b>	17x30mm
<b>Eficiencia de conversión</b>	97%
<b>Regulador de 3.3V</b>	
<b>Modelo</b>	AMS1117 (Naylamp Mechatronics SAC, s.f.) 
<b>Voltaje de Alimentación</b>	4,75V a 12V
<b>Voltaje Salida</b>	3,3V
<b>Corriente</b>	0.800mA máx.
<b>Dimensiones</b>	11x25mm
<b>Eficiencia de conversión</b>	95%

La fórmula de potencia total del sistema electrónico se formula en (18), se considera el factor de eficiencia eléctrica de los reguladores seleccionados para el transceptor y pantalla LCD para obtener la formula (19), el resultado se presenta en (20).

$$P_{total} = P_{microcontrolador} + P_{LCD5V} + P_{transceptor} \quad (18)$$

$$P_{total} = (P_{micro} + P_{LCD} + (P_{transc}/Eff_{3.3V}))/Eff_{5V} \quad (19)$$

$$P_{total} = [(5 \times 0.1) + (5 \times 0.025) + \frac{3.3 \times 0.13}{0.95}] / 0.97$$

$$P_{total} \cong 1.108W \quad (20)$$

Se requiere de un circuito con autonomía igual a la del vehículo recolector, el cual podrá operar hasta 11 horas, se calcula la energía que será consumida en este intervalo de tiempo en (21).

$$\text{Energía} = \text{Potencia} * \text{hora} = P_{total} * 11h$$

$$\text{Energía} \cong 12.2 \text{ W.h} \quad (21)$$

Se calcula en (22) la capacidad de baterías Li-Po, cuyo formato de una sola celda posee un voltaje nominal de 3,7 voltios


$$\text{Energía} = \text{Voltaje} * \text{Capacidad}_{carga}$$

$$12\ 200 \text{ mW.h} = 3,7 \text{ V} * \text{Capacidad}_{carga}$$

$$\text{Capacidad}_{carga} \cong 3\ 300 \text{ mA.h} \quad (22)$$

En la tabla 25 se presenta las características de una batería Li-Po de una celda de 4000mA.h que es suficiente para cubrir con la demanda anteriormente calculada en (22).

**Tabla 25. Batería Li-Po 4000mAh**

<b>Modelo Li-Po</b>	LP 606090 (LiPolBattery Co.) 
<b>Voltaje suministrado</b>	4,2V a 3V (3,7V nominal)
<b>Capacidad</b>	4000mAh
<b>Watts hora</b>	18.4 W.h
<b>Corriente máxima</b>	2000 mA
<b>Dimensiones</b>	90x60x6mm
<b>Peso</b>	80g

### 3.2.5. Diagrama de conexiones y esquemático del sistema

En la figura 46 se presenta el diagrama de conexiones de las tecnologías electrónicas seleccionadas. Se ha incluido un interruptor de encendido y apagado y algunos pulsadores para cubrir los puertos digitales libres con el objetivo de aprovechar todo el potencial de procesamiento del microcontrolador en posibles mejoras a futuro.

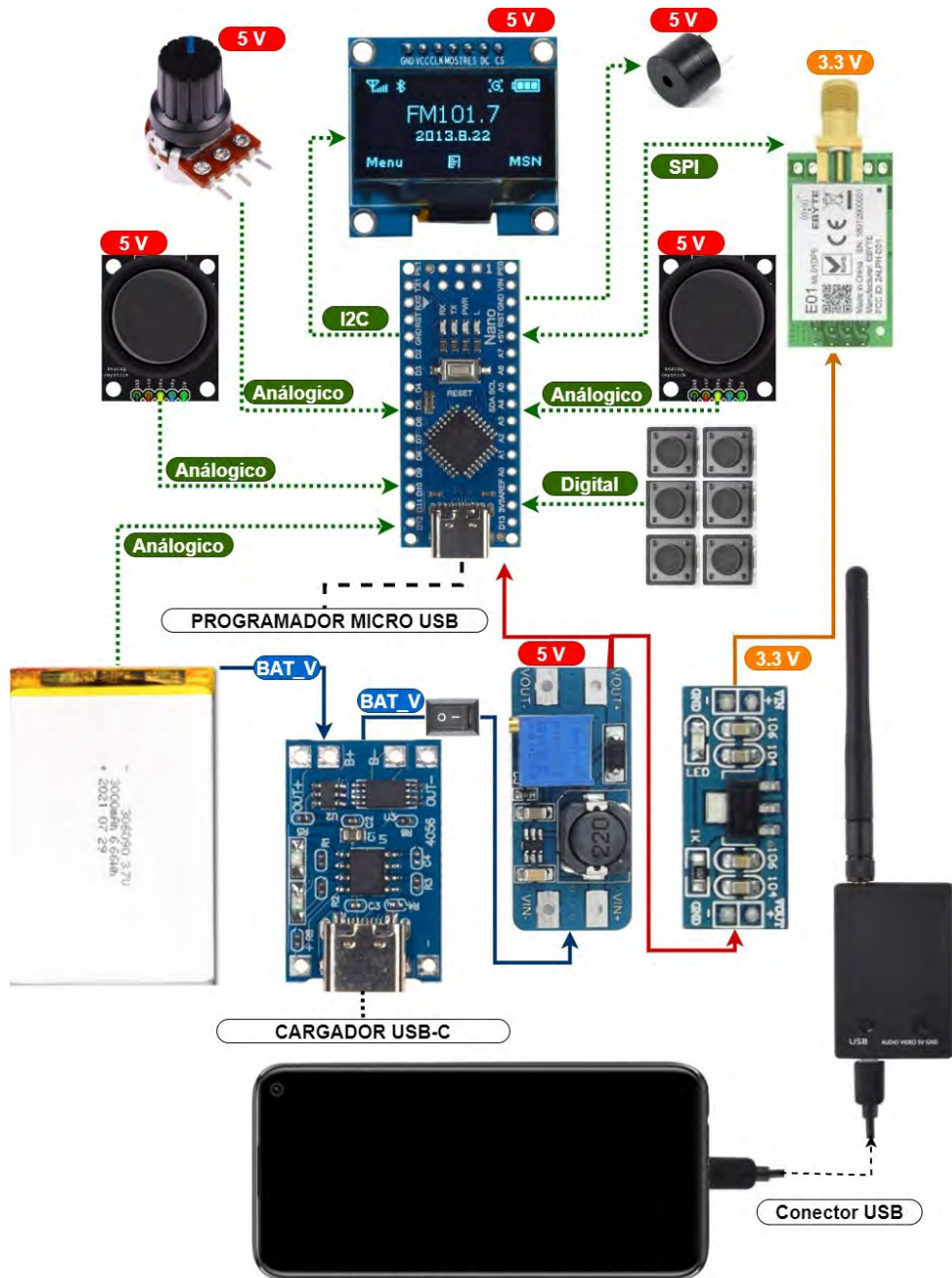


Figura 46. Diagrama de conexión de componentes electrónicos

En la figura 47 se presenta el diagrama esquemático detallando los puertos físicos entre dispositivos.

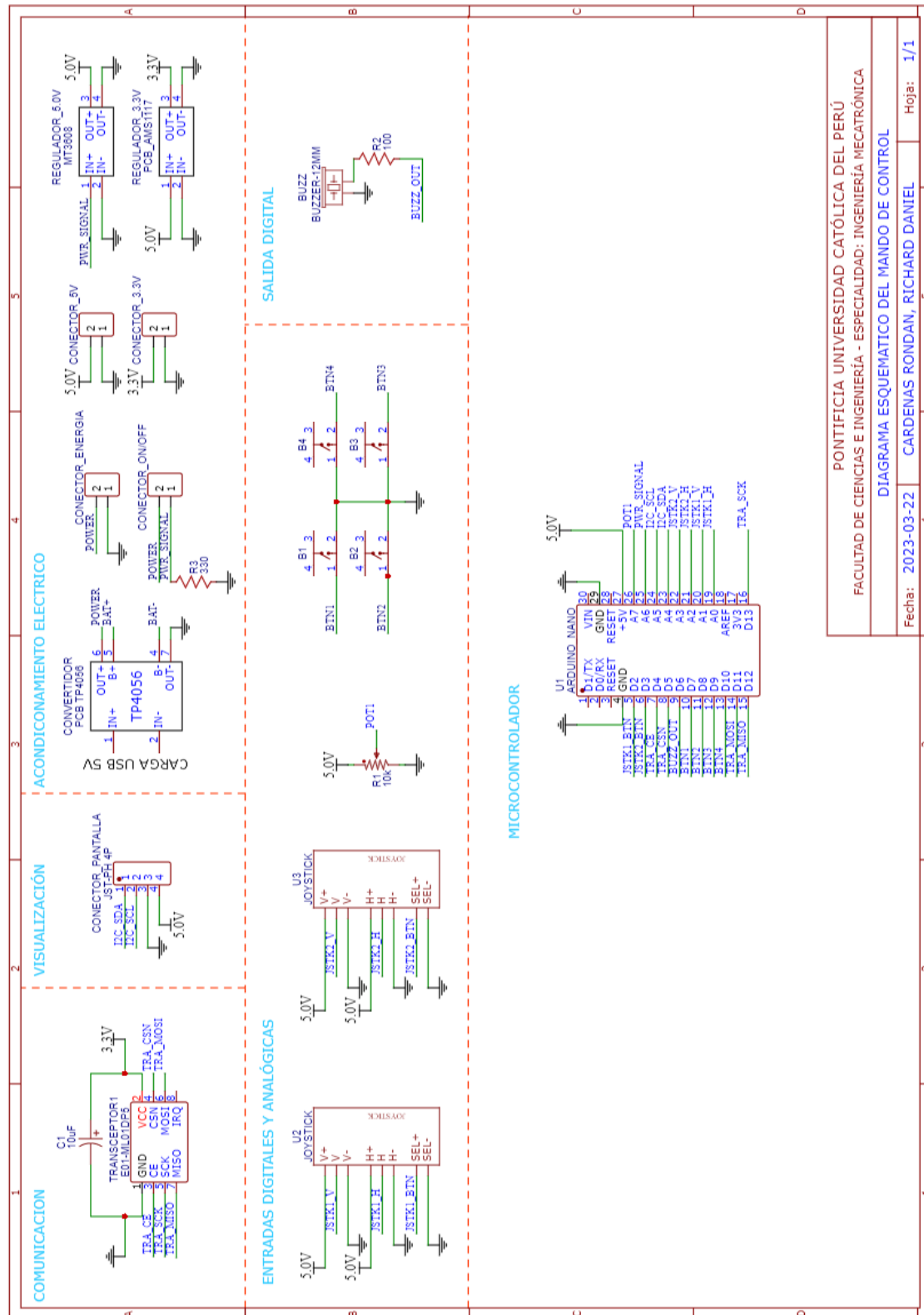


Figura 47. Diagrama esquemático del mando de control

### 3.3. Control del sistema

En este apartado se propone el algoritmo del microcontrolador seleccionado, asimismo se establece el diagrama de funciones del transceptor presente en el mando con su pareja presente en el vehículo teleoperado, finalmente se propone el método de control dos propulsores empleando el joystick y potenciómetro.

#### 3.3.1. Estructura de programación del microcontrolador

El microcontrolador Arduino nano puede ser programado desde el software “Arduino IDE” el cual posee una estructura de programación definida. En el diagrama de flujo de la figura 48 se presenta la lógica de procesos que realiza el microcontrolador.

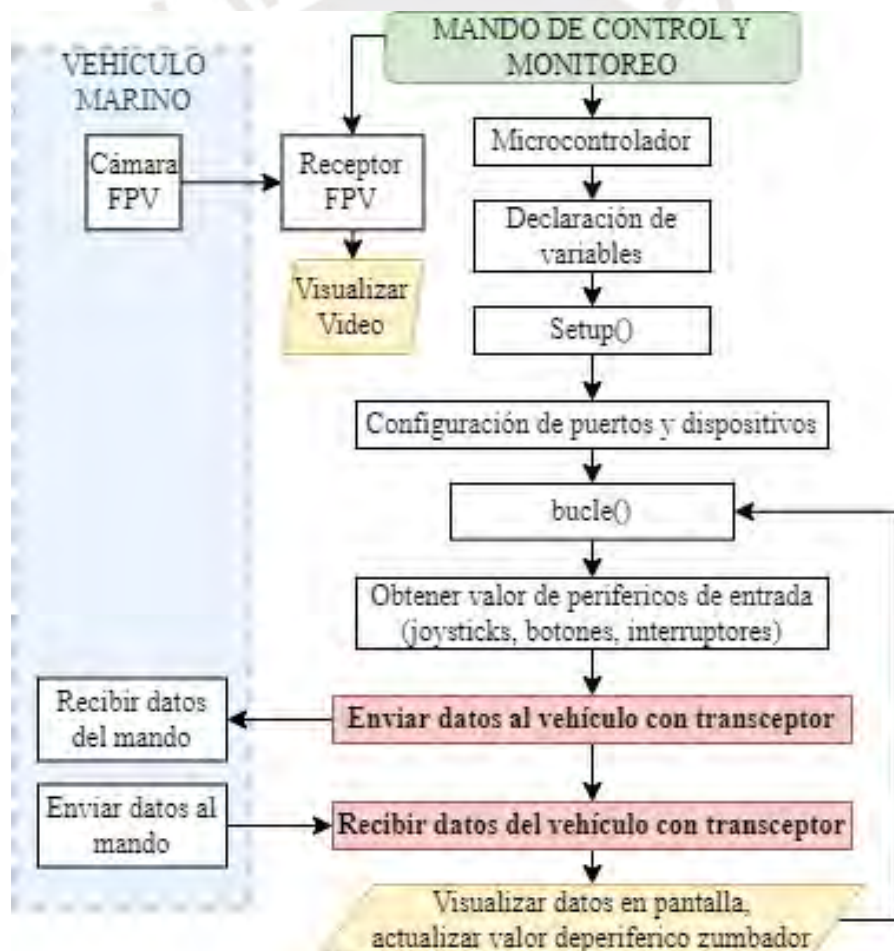


Figura 48. Algoritmo de control del mando

### 3.3.2. Estructura de programación del transceptor

El transceptor puede establecer comunicación bidireccional encriptada con otros transceptores creando canales de comunicación, se pueden transmitir hasta 32 bytes por ciclo. Debido a que la programación es secuencial, no es posible realizar la acción de enviar y recibir información en simultáneo por lo que se elabora un algoritmo de comunicación que permita un control adecuado. Empleando el software “Arduino IDE” y la librería “RF24.h” para el control del transceptor se estructura el diagrama de flujo de la figura 49.

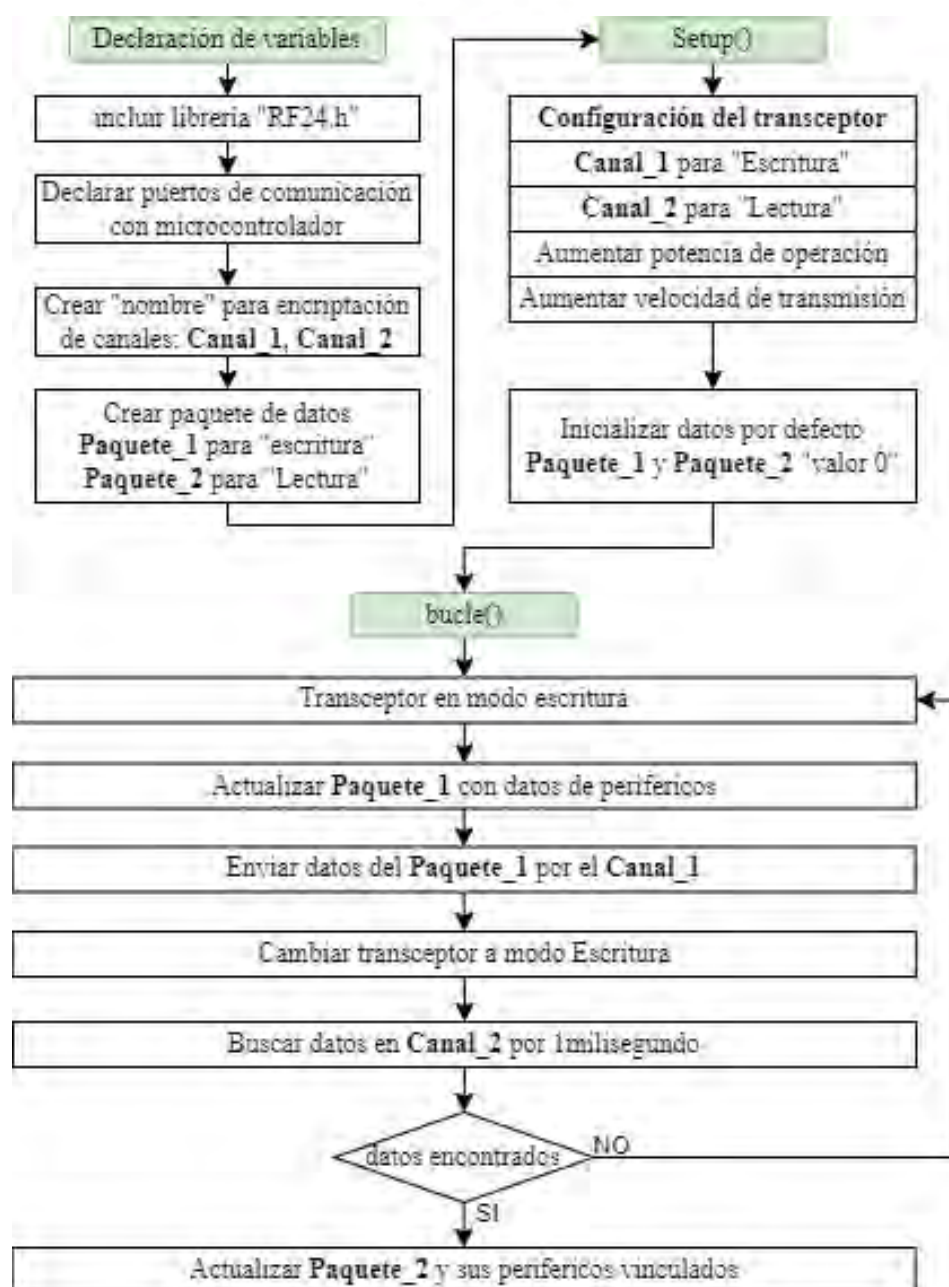


Figura 49. Algoritmo de comunicación transceptor

### 3.3.3. Método de control de motores del vehículo recolector

El operador controlará la potencia de propulsores y dirección del vehículo mediante un joystick y una perilla, los cuales son 3 señales analógicas cuyo valor oscila entre 0 y 1023 dependiendo de la carga resistiva. En la figura 50 se propone el método de conversión de valores analógicos a potencia del motor del vehículo expresado en porcentaje.

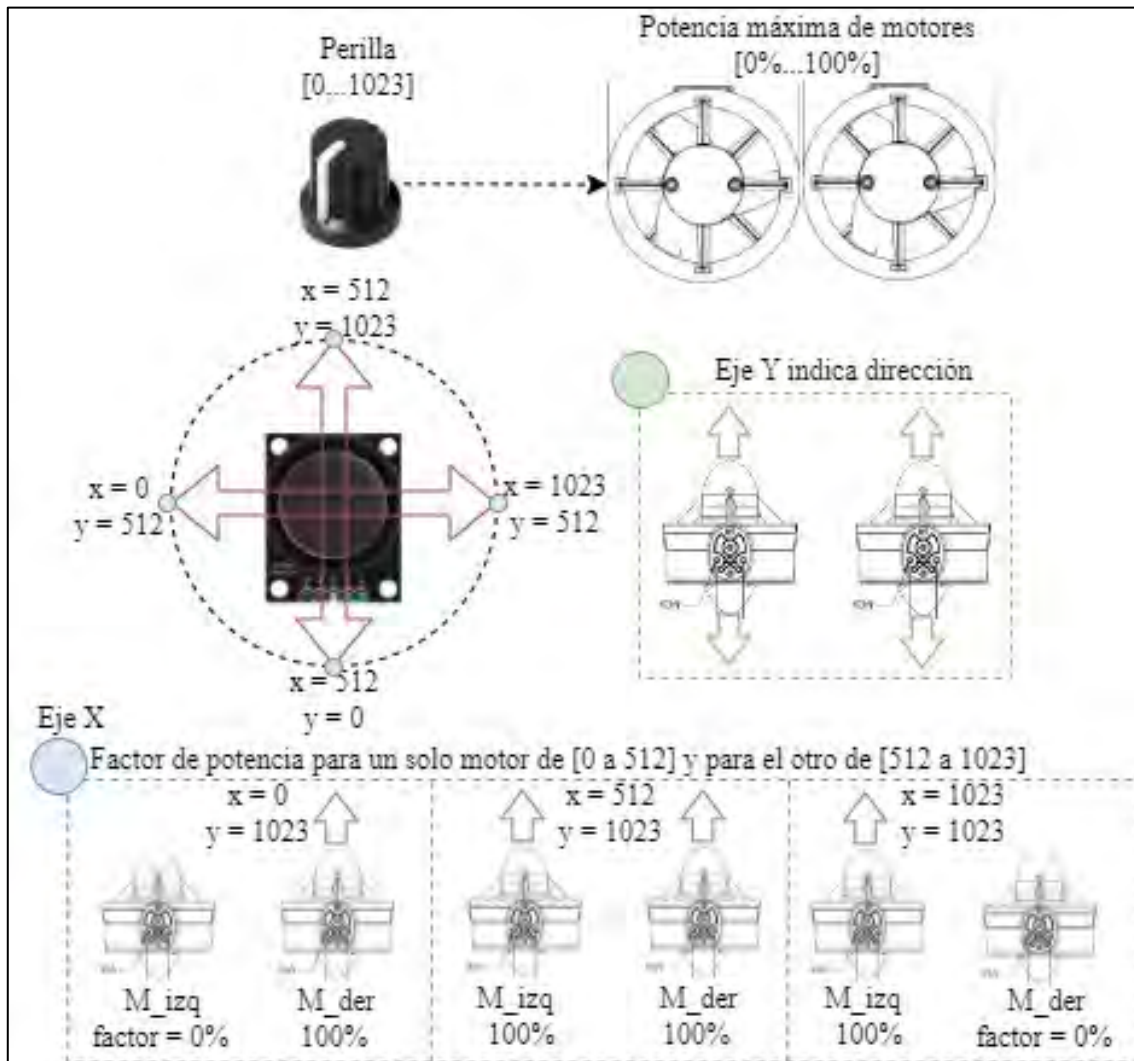


Figura 50. Transformación de datos analógicos al motor



### 3.4.Integración de dominios

En este apartado se integra el dominio mecánico, electrónico y control. Se establece las dimensiones finales de la electrónica para la carcasa, la disposición electrónica y se simulará la comunicación entre el vehículo teleoperado y el mando.

#### 3.4.1. Integración de la electrónica en la carcasa protectora

Empleando el diagrama esquemático presentado en la figura se elabora el PCB del circuito mediante el software de código abierto “EasyEDA”. En la figura 51 se presenta el circuito con dimensiones totales de 150x60 milímetros.

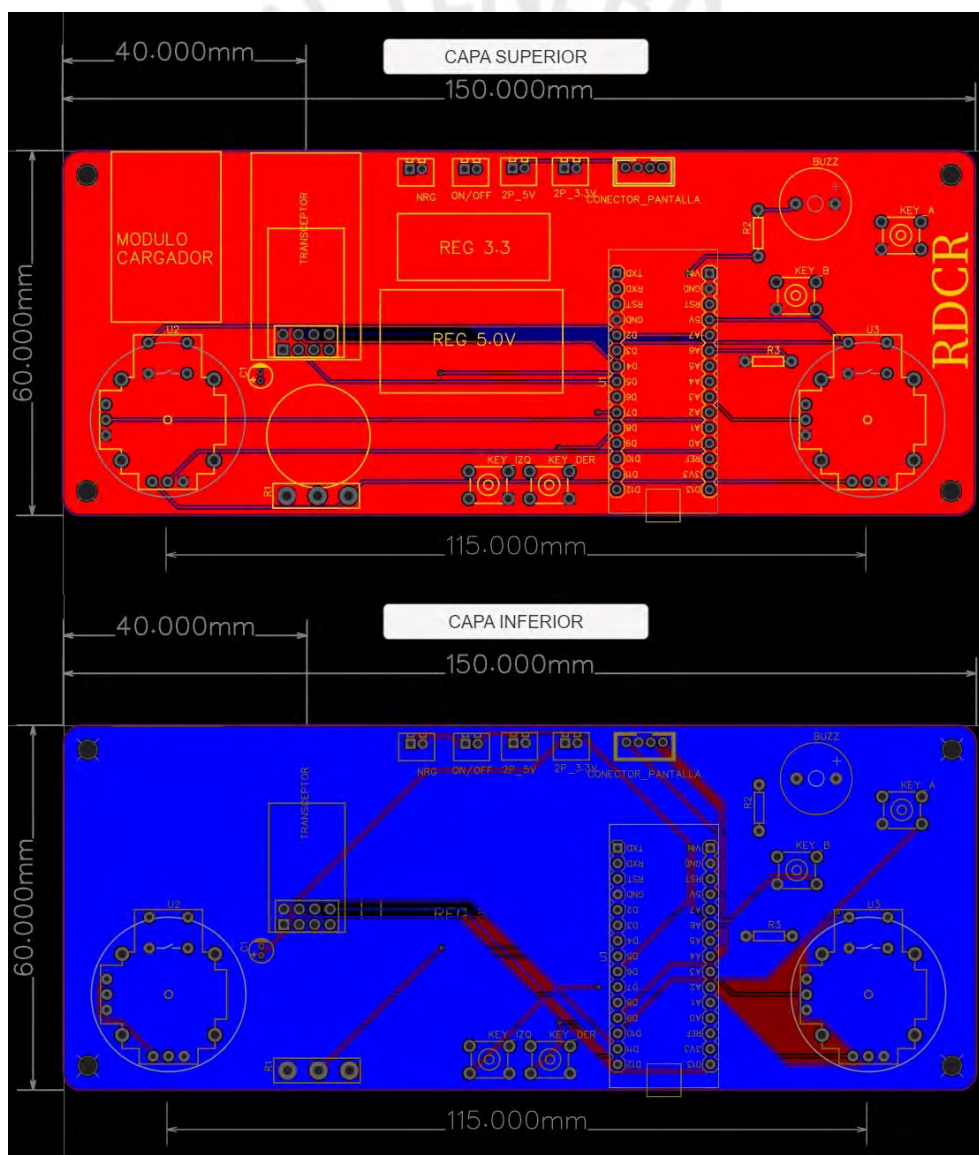


Figura 51. Placa de circuito impreso del mando de control

Se dimensiona la carcasa mecánica considerando la posición que ocupa cada componente electrónico y la batería. En la figura 52 se presenta la distribución final de la electrónica en la carcasa señalándose las características. Se acondiciona el receptor FPV que es un dispositivo independiente que se conecta al teléfono celular, este receptor se instalará en la parte trasera de la carcasa en la esquina derecha. Se implementan unas rendijas en el mecanismo de agarre del teléfono celular para realizar la conexión física entre teléfono y dispositivo.

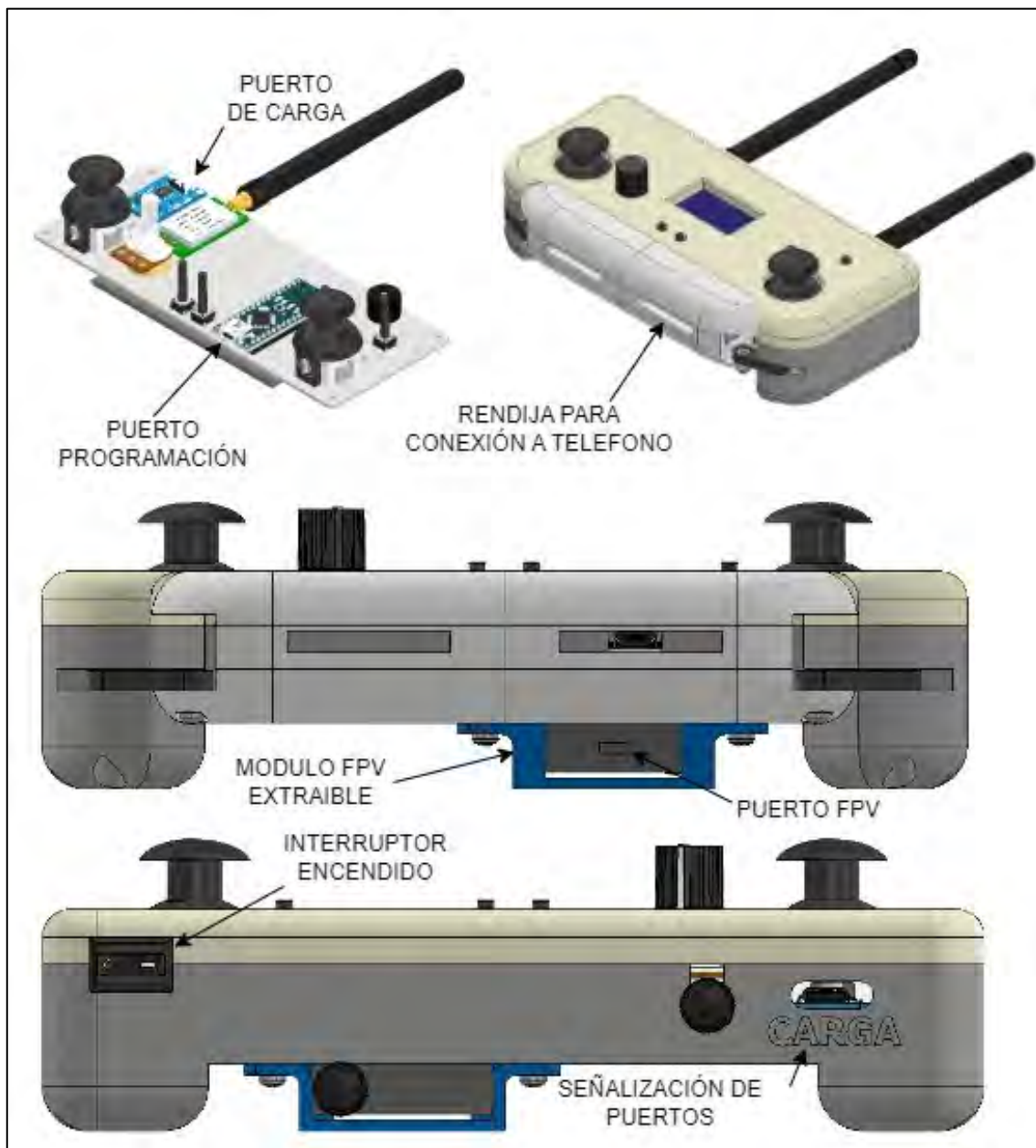
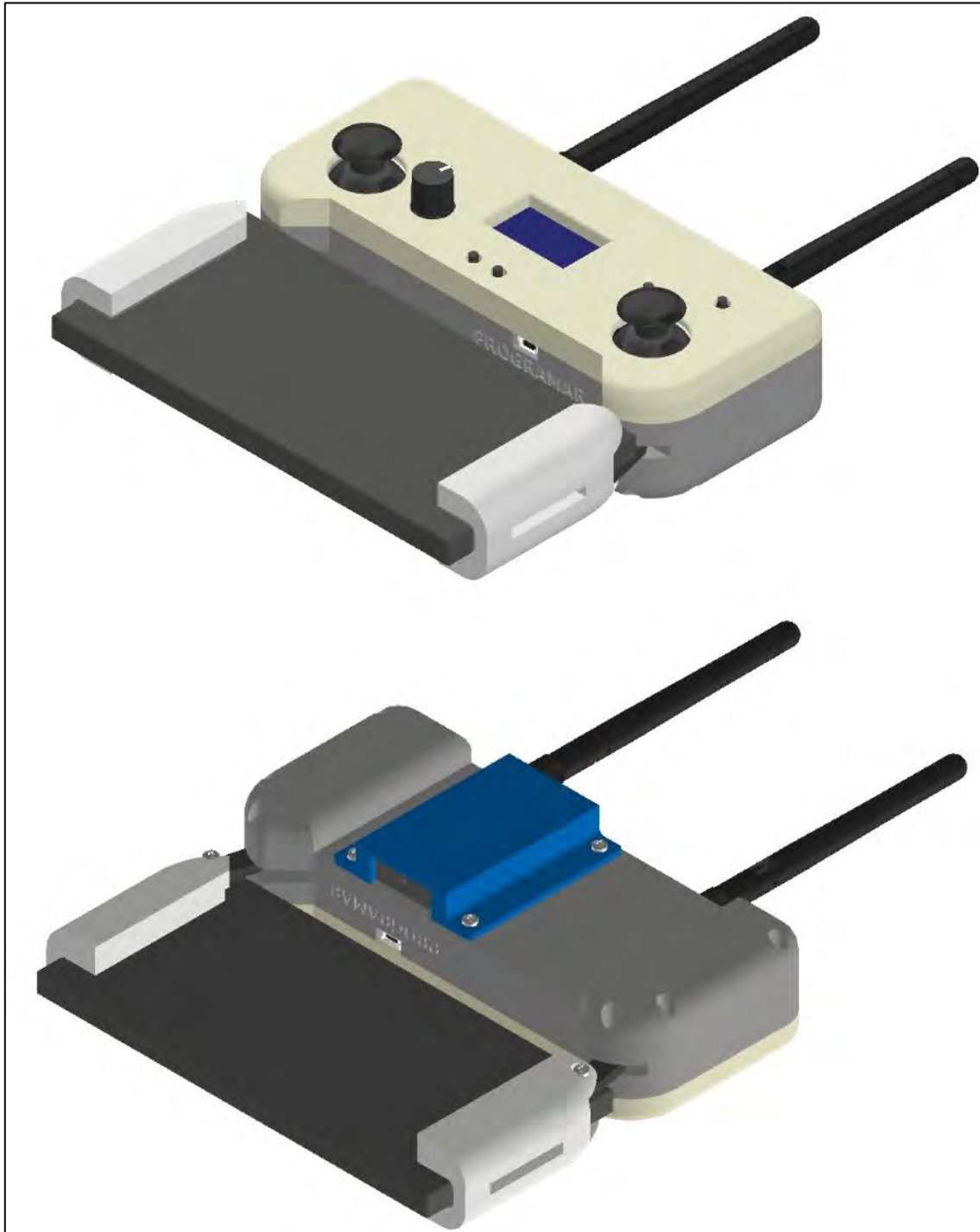


Figura 52. Electrónica ensamblada en carcasa

En la figura 53 se presenta el modelo final del mando de control con el teléfono montado. Se observa que la rendija que presenta el mecanismo de sujeción para teléfono permitirá que el cable que sale del FPV se pueda conectar al puerto USB del teléfono. Asimismo, la carcasa tiene expuesto el puerto del microcontrolador para dar accesibilidad al puerto de programación.



**Figura 53. Integración de Receptor y teléfono en la carcasa**

### 3.4.2. Simulación de la lógica de control

Empleando los microcontroladores designados para el proyecto, así como dos modulo transceptor NRF24L01, compatible con el módulo seleccionado para el proyecto, se elabora el código de programación propuesto en el dominio de control y establece una comunicación entre ambos dispositivos. En la figura 54 se presenta el intercambio de datos entre mando y vehículo, lográndose más de 400 paquetes de datos enviados y recibidos por segundo.

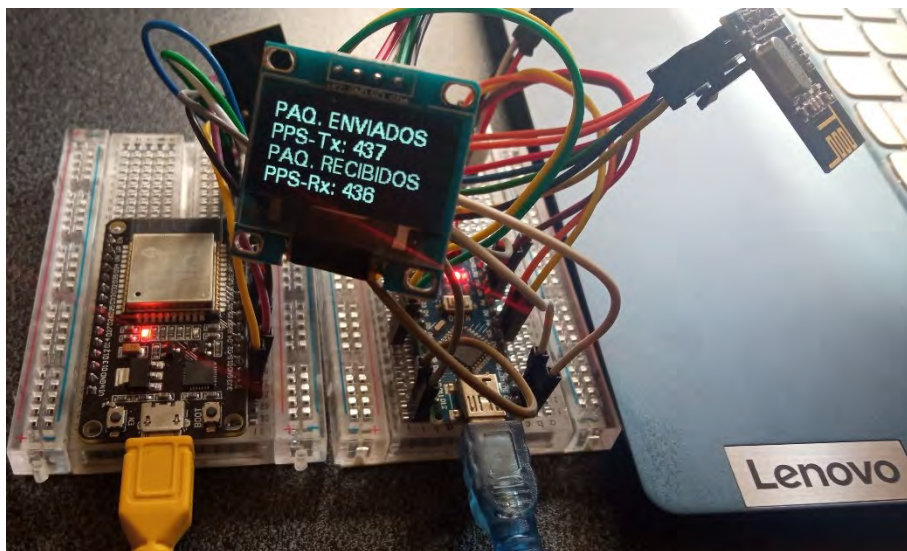


Figura 54. Comunicación entre microcontroladores mediante transceptor

En la lógica de programación, se estructura los datos que salen e ingresan del mando, cuya estructura debe ser la misma que ingresa y sale del vehículo. La estructura de datos se presenta en la figura 55.

mando_rc.ino	vehiculo_rc.ino
<pre> 10 // Data que envia el mando 11 struct Packet_Tx { 12     int potencia_motor; 13     int direccion_x; 14     int direccion_y; 15     int camara_pan; 16     int camara_tilt; 17     bool estado_luces; 18     bool estado_zumbador; 19 }; 20 //Data que recibe el mando 21 struct Packet_Rx { 22     int bateria; 23     int velocidad; 24     int distancia; 25     int almacenamiento; 26 }; </pre>	<pre> 10 // Data que recibe el vehiculo 11 struct Packet_Rx { 12     int potencia_motor; 13     int direccion_x; 14     int direccion_y; 15     int camara_pan; 16     int camara_tilt; 17     bool estado_luces; 18     bool estado_zumbador; 19 }; 20 // Data que envia el vehiculo 21 struct Packet_Tx { 22     int bateria; 23     int velocidad; 24     int distancia; 25     int almacenamiento; 26 }; </pre>

Figura 55. Estructura de los paquetes de datos de comunicación

El código de programación detallado tanto para vehículo como el mando se presentan en el Anexo D “Código de programación de microcontroladores”, como resultado de la transmisión de datos del mando al vehículo y la retroalimentación de sensores, en la pantalla del mando podrá recibirse datos como los presentados en la figura 56.



**Figura 56. Información que recibe el operador en pantalla**

En resumen, se comprueba que la lógica de funcionamiento propuesta para el vehículo y mando logrará la transmisión de las variables de control y las variables de monitoreo propuestas en el proyecto.

## Capítulo 4

### Costos del sistema

En el presente capítulo se realiza el cálculo del costo para la implementación de proyecto realizado, se capítulo divide el costo de implementación del sistema principal que es el vehículo recolector, y su mando de monitoreo y control como dispositivo para teleoperación, siendo el costo total la suma de ambos equipos.

#### 4.1. Costo del vehículo recolector

Los apartados que se tomaran en cuenta para el costo del vehículo son los equipos y dispositivos comerciales, componentes de fabricación, ensamble y puesta en marcha. La programación del equipo es requerida para realizar la puesta en marcha y esta se encuentra detallada en el Anexo D: “Código de programación de microcontroladores”. En la tabla 26 se presenta el costo total por apartado.

**Tabla 26. Costo del vehículo recolector y sus apartados**

<b>Apartado</b>	<b>Monto (S.)</b>
Equipos y dispositivos comerciales (Tabla 27)	9 302,78
Componentes de fabricación (Tabla 28)	1 256,81
Ensamblado y puesta en marcha	2 000,00
<b>Total</b>	<b>12 559,59</b>

El ensamblado y puesta en marcha es el único valor de la tabla 26 que ha sido estimado considerando la contratación de un técnico mecánico y un técnico electrónico o informático que realizarán actividades de montaje del sistema, calibración de equipos electrónico y ajustes de programación, las actividades de pueden realizar en un plazo máximo de dos semanas y se pagará 1 000 soles a cada uno para un total de 2 000 soles.

En la tabla 27 se presenta el costo de los componentes comerciales utilizados en el capítulo 2: Diseño del vehículo recolector. El precio de los componentes se puede encontrar en el Anexo B: “Dispositivos comerciales para el proyecto”, para componentes de importación señalados con un asterisco se aplica el cambio de divisa a 3,9 soles por cada dólar y se estima hasta un 50% de incremento de su precio original como gasto de importación.

**Tabla 27. Equipos y dispositivos comerciales del vehículo recolector**

<b>Componente</b>	<b>Cant.</b>	<b>Precio unitario (S/)</b>	<b>Importación</b>	<b>Precio total (S/)</b>
*Propulsor T200 Bluerobotics	2	780,00	390,00	2340,00
*ESC Bluerobotics	2	140,40	70,20	421,20
Transceptor	1	60,22	0,00	60,22
*Minicámara	1	117,00	58,50	175,50
*Transmisor de video	1	59,77	29,89	89,66
Servomotores Cámara	2	10,00	0,00	20,00
Unidad de medición inercial	1	60,00	0,00	60,00
*Zumbador impermeable	1	29,40	14,70	44,10
*Leds RGB	2	136,30	68,15	408,90
*Sensor ultrasónico impermeable	2	62,01	31,01	186,03
Microcontrolador ESP32	1	45,00	0,00	45,00
*baterías recargables	2	1287,00	643,50	3861,00
*Encapsulado batería	2	32,49	16,25	97,47
*Cargador de baterías	1	222,30	111,15	333,45
Regulador de voltaje	6	10,00	0,00	60,00
*Caja electrónica	1	145,50	72,75	218,25
Rocker switch	1	12,00	0,00	12,00
Cables, conectores y aisladores	1	200,00	0,00	200,00
Uniones atornilladas de acero inoxidable	1	400,00	0,00	400,00
malla polietileno	1	20,00	0,00	20,00
Varilla de aluminio 7075	2	50,00	0,00	100,00
Manija de aluminio para vehículo	2	25,00	0,00	50,00
Manija y placa de aluminio para recolector	2	50,00	0,00	100,00
<b>Total</b>				9302,78

En la tabla 28 se presentan los componentes de fabricación y su precio estimado según se evaluó en productos similares o por impresión 3D. El cálculo del costo por impresión 3D se documenta en el Anexo C: “Piezas de fabricación por impresión 3D”.

**Tabla 28. Costo de componentes de fabricación del vehículo**

<b>Componente</b>	<b>Costo Fabricación (S/)</b>
Plancha aluminio anodizado, cortado y doblado	700,00
Poliestireno reforzado con resina epoxi y fibra de vidrio	500,00
Piezas de impresión – soporte de cámara	4,01
Acrílico de protección para cámara	25,00
Soporte para luces Led y ultrasonido frontal	13,87
Placa acrílica para protección de Led	10,00
Soporte de sensor ultrasonido posterior	3,93
<b>Total</b>	<b>1 256,81</b>

#### 4.2.Costo del mando de monitoreo y control remoto

El mando de control está conformado por componentes comerciales, y piezas de fabricación detalladas en el capítulo 4. El costo total del mando se presenta en la tabla 29.

**Tabla 29. Costo total del mando y sus apartados**

<b>Apartado</b>	<b>Monto (S.)</b>
Componentes comerciales	356,30
Piezas de fabricación	110,06
<b>Total</b>	<b>466,36</b>

En la tabla 31 se presenta el costo de los componentes electrónicos y uniones atornilladas utilizados en el capítulo 3: “Diseño del mando de monitoreo y control”, El precio de la electrónica se ha obtenido de fuentes en línea y pueden ser revisadas en el Anexo B: “Dispositivos comerciales del proyecto”.



**Tabla 30. Costo de componentes electrónicos y uniones atornilladas**

<b>Componente</b>	<b>Cant.</b>	<b>Precio unitario (S/)</b>	<b>Precio total (S/)</b>
Pantalla OLED I2C 1.3"	1	10,00	10,00
Transceptor E01-ML01DP5	1	57,50	57,50
Módulo Joystick	2	3,70	7,40
Potenciómetro 10kOhm	1	2,00	2,00
Pulsador	4	0,50	2,00
zumbador 5VDC	1	5,00	5,00
Rocker switch	1	3,00	3,00
Receptor FPV Eachine ROTG01	1	120,00	120,00
Arduino nano USB-C	1	40,00	40,00
Regulador 5V MT3608	1	55,00	55,00
Regulador 3.3V AMS1117	1	5,00	5,00
Batería Li-Po 3000mAh	1	30,00	30,00
Modulo cargador batería TP4056	1	15,00	15,00
Tornillo Phillips M3	10	0,20	2,00
Tuerca Hexagonal M3	4	0,30	1,20
Tuerca cuadrada M3	4	0,30	1,20
<b>Total</b>			<b>356,30</b>

En lo que respecta a piezas de fabricación, abarca las piezas mecánicas elaboradas para la carcasa del mando de control y la placa de circuito impreso. En el Anexo C: "Piezas de fabricación por impresión 3D" de presenta el precio estimado para cada pieza diseñada. Por su parte, el PCB presentado anteriormente en la figura 51 fue elaborado empleando el software EasyEDA que permitió estimar su precio total. En la tabla 31 se presenta los costos de cada componente.

**Tabla 31. Costo de piezas de fabricación del mando**

<b>Componente</b>	<b>Costo Fabricación (S/)</b>
PCB 150mm x 60mm (incluye importación)	85,60
Carcasa posterior	12,47
Carcasa frontal	4,77
Eslabones (x2)	0,17
Soporte izquierdo y derecho para teléfono	4,39
Soporte posterior para receptor FPV	2,66
<b>Total</b>	<b>110,06</b>

### 4.3.Costo total

En resumen, el costo total de ambos equipos se presenta en la tabla 32. En tal sentido, empleando toda la información documentada en este proyecto el precio de implementación en físico asciende a 13 025,95 soles. El costo de un equipo comercial de similares características en el mercado internacional se estimó en 12 500 dólares, empleando un cambio de divisa de 3,9 soles por cada dólar se estima la tecnología extranjera en 48 750 soles. Por lo tanto, el sistema mecatrónico propuesto representa un costo de menos del 30% que tecnologías comerciales.

**Tabla 32. Costo total del sistema**

<b>Equipo</b>	<b>Costo (S/)</b>
Vehículo recolector	12 559,59
Mando de monitoreo y control	466,36
<b>Total</b>	<b>13 025,95</b>

## Conclusiones

En el presente documento se alcanzó el objetivo principal, diseñar un sistema de un vehículo teleoperado y mando de monitoreo y control, ambos dispositivos se usarán para asistir a un operador de limpieza en la recolección de residuos sólidos flotantes. La solución cumple con requerimientos de diseño específicos tales como un bajo peso para facilitar el transporte, una alta capacidad de almacenamiento y larga distancia de teleoperación.

Se diseñó el vehículo con un peso de 21 kilogramos encontrándose dentro de un peso adecuado para ser cargado por un adulto varón, asimismo el vehículo cuenta con dos manijas en sus laterales para que pueda ser fácilmente levantado por hasta dos personas.

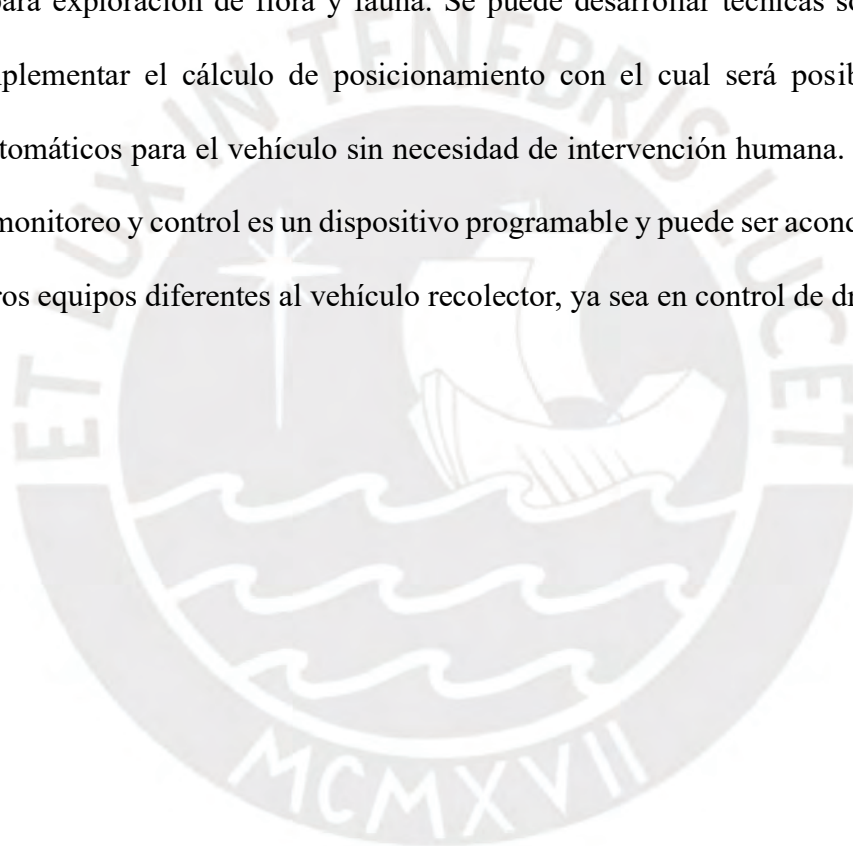
Como método de recolección se emplea una red semisumergida que atraparé y arrastrará los residuos flotantes, dicha red cuenta con una capacidad de almacenamiento de 198 litros y puede fácilmente engancharse y desengancharse desde la parte frontal para una rápida extracción de lo recolectado.

Se diseñó un sistema de doble propulsor sumergido para el vehículo y se acondicionó un sistema eléctrico para su control. Se consideró situaciones de temperatura crítica como el que se presenta en algunos humedales del país, asumiendo pérdidas de eficiencia eléctrica en las baterías con temperaturas de hasta 0°C el vehículo podrá operar por hasta 11.5 horas a una velocidad de 8 kilómetros por hora y recorrerá hasta 5,1 hectáreas en ese tiempo.

Se emplean tecnologías de comunicación que permitirá la transmisión de datos y video entre el mando y el vehículo a distancias de hasta 2,5 kilómetros bajo condiciones de línea de visión. El mando diseñado, además de poder controlar las funciones del vehículo también cuenta con una pantalla para mostrar los datos de retroalimentación del vehículo para el conocimiento del operador. Asimismo, el operador podrá usar su propio teléfono móvil para monitorear señal de video en tiempo real.

El costo total del sistema mecatrónico se calcula en 13 026 soles, siendo el costo del vehículo de 12 560 soles y del mando 466 soles. Se recurrió a la impresión 3D para la reducción de costos de fabricación de piezas plásticas complejas. El costo de implementación de esta tecnología es hasta tres veces menor en precio que un producto comerciable de características similares.

Una de las ventajas del proyecto es su capacidad para poder implementar mejoras a futuro por ejemplo instalar nuevos sensores para medir la calidad del agua o aumentar una cámara submarinas para exploración de flora y fauna. Se puede desarrollar técnicas sobre el sensor inercial e implementar el cálculo de posicionamiento con el cual será posible programar recorridos automáticos para el vehículo sin necesidad de intervención humana. Por otro lado, el mando de monitoreo y control es un dispositivo programable y puede ser acondicionado para control de otros equipos diferentes al vehículo recolector, ya sea en control de drones o brazos robóticos.



## Bibliografía

- Naylamp Mechatronics SAC. (22 de abril de 2023). *NODEMCU-32 30-PIN ESP32 WIFI*. Obtenido de Naylamp Mechatronics: <https://naylampmechatronics.com/espressif-esp/384-nodemcu-32-30-pin-esp32-wifi.html>
- Adafruit. (s.f.). *Adafruit NeoPixel NeoMatrix 8x8 - 64 RGB LED Pixel Matrix*. Obtenido de Adafruit web site: <https://www.adafruit.com/product/1487>
- Adafruit Industries. (s.f.). *Adafruit NeoPixel NeoMatrix 8x8 - 64 RGB LED Pixel Matrix*. Recuperado el 22 de abril de 2023, de Adafruit: <https://www.adafruit.com/product/1487>
- Agencia Peruana de Noticias. (21 de noviembre de 2021). *Cusco: retiran cerca de una tonelada de residuos sólidos de laguna de Huaypo en Anta*. Obtenido de Andina: <https://andina.pe/agencia/noticia-cusco-retiran-cerca-una-tonelada-residuos-solidos-laguna-huaypo-anta-871063.aspx>
- Agencia Peruana de Noticias. (8 de Junio de 2021). *Pantanos de Villa: recogen más de 3 t de residuos en canales que alimentan humedal*. Obtenido de Andina: <https://andina.pe/agencia/noticia-pantanos-villa-recogen-mas-3-t-residuos-canales-alimentan-humedal-848423.aspx>
- Agencia Peruana de Noticias. (21 de Diciembre de 2021). *Usarán drones para optimizar monitoreo de las áreas naturales protegidas*. Obtenido de Agencia Peruana de Noticias: <https://andina.pe/agencia/noticia-usaran-drones-para-optimizar-monitoreo-las-areas-naturales-protegidas-827090.aspx>
- Agencia Peruana de Noticias. (10 de Abril de 2022). *Startup desarrolla robot marino que permite estudiar los ecosistemas marinos en bahías*. Obtenido de Agencia Peruana de Noticias: <https://andina.pe/agencia/noticia-startup-desarrolla-robot-marino-permite-estudiar-los-ecosistemas-marinos-bahias-888223.aspx>
- Agencia Peruana de Noticias. (3 de febrero de 2023). *Junín: comuneros limpian el lago Chinchaycocha y recogen 3 toneladas de residuos sólidos*. Obtenido de Andina: <https://andina.pe/agencia/noticia-junin-comuneros-limpian-lago-chinchaycocha-y-recogen-3-toneladas-residuos-solidos-927860.aspx>
- ALTINKAYA. (s.f.). *SE-056 IP-67 Plastic Heavy Duty Enclosure*. Recuperado el 15 de octubre de 2023, de <https://www.altinkaya.eu/heavy-duty-enclosures/673-se-056>
- ALTINKAYA. (s.f.). *SE-268 IP-67 Plastic Heavy Duty Enclosure*. Recuperado el abril de 22 de 2022, de ALTINKAYA Enclosure for electronics: [https://www.altinkaya.eu/heavy-duty-enclosures/258-171333-se-268#/2963-top\\_cover\\_clear\\_lid-yes](https://www.altinkaya.eu/heavy-duty-enclosures/258-171333-se-268#/2963-top_cover_clear_lid-yes)
- APISQUEEN. (s.f.). *U01 12V~24V 2KG THRUST BRUSHLESS UNDERWATER SUBSEA THRUSTER/PROPELLER/PROPULSION WITH BI-DIRECTIONAL CONTROL ESC FOR ROV BOAT*. Obtenido de Apisqueen web site: <https://www.underwaterthruster.com/products/u01-12v-24v-200w-2kg-thrust-brushless-underwater-subsea-thruster-propeller-propulsion-with-bi-directional-control-esc-for-rov-boat>

- Arduino S.R.L. (2023). *Arduino Pro Mini*. Obtenido de Arduino documentation web site: <https://docs.arduino.cc/retired/boards/arduino-pro-mini>
- Arduino S.R.L. (s.f.). *Arduino Nano*. Obtenido de Arduino store: <https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-nano>
- Arduino S.R.L. (s.f.). *Arduino Uno Rev3*. Obtenido de Arduino store: <https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3>
- Autoridad Nacional del Agua. (02 de 2019). *La ANA y la conservación de humedales*. Obtenido de ANA: <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/3637>
- BASF. (Abril de 2020). *POLIESTIRENO EXPANDIDO*. Obtenido de BASF: [https://thewall.cl/wp-content/uploads/2020/03/ficha\\_poliestireno.pdf](https://thewall.cl/wp-content/uploads/2020/03/ficha_poliestireno.pdf)
- Blue Robotics Inc. (22 de abril de 2023). *Lithium-ion Battery (14.8V, 15.6Ah)*. Obtenido de Blue Robotics: <https://bluerobotics.com/store/comm-control-power/powersupplies-batteries/battery-li-4s-15-6ah/>
- Blue Robotics Inc. (s.f.). *Basic ESC*. Recuperado el 10 de 10 de 2023, de bluerobotics website: <https://bluerobotics.com/store/thrusters/speed-controllers/besc30-r3/>
- Blue Robotics Inc. (s.f.). *T200 Thruster*. Recuperado el 22 de 04 de 2023, de Blue Robotics Web Site: <https://bluerobotics.com/store/thrusters/t100-t200-thrusters/t200-thruster-r2-rp/>
- BricoGeek. (s.f.). *Batería Lipo 3000mAh / 3.7V - 605080*. Recuperado el 22 de abril de 2022, de BricoGeek tienda: <https://tienda.bricogeek.com/baterias-lipo/1228-bateria-lipo-4000mah-37v.html>
- Cadex Electronics. (27 de Octubre de 2021). *BU-502: Discharging at High and Low Temperatures*. Obtenido de Battery University: <https://batteryuniversity.com/article/bu-502-discharging-at-high-and-low-temperatures>
- Canbat Technologies Inc. (s.f.). *12V 18AH LITHIUM BATTERY (LIFEPO4)*. Obtenido de Canbat web site: <https://www.canbat.com/product/12v-18ah-lithium-battery/>
- Cárdenas, R. (10 de Marzo de 2021). *Diseño preliminar de un sistema teleoperado para la recolección de residuos sólidos flotantes en los pantanos de Villa*. Obtenido de Tesis PUCP: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/18557>
- CAREL INDUSTRIES S.p.A. (28 de Octubre de 2021). *Electronic controllers at high altitudes*. Obtenido de Carel web site: [https://www.carel.com/blog/-/blogs/electronic-controllers-at-high-altitudes?utm\\_source=twitter&utm\\_medium=social&utm\\_campaign=tw\\_pub\\_org\\_20211028\\_blog\\_electronic\\_controllers\\_at\\_high\\_altitudes\\_](https://www.carel.com/blog/-/blogs/electronic-controllers-at-high-altitudes?utm_source=twitter&utm_medium=social&utm_campaign=tw_pub_org_20211028_blog_electronic_controllers_at_high_altitudes_)
- Chengdu Ebyte Electronic Technology. (2019). *E01-ML01DP5 User Manual*. Obtenido de Ebyte: <https://www.ebyte.com/en/pdf-down.aspx?id=1136>
- Components101. (s.f.). *MPU9250 9-DOF MEMS Sensor Module*. Obtenido de Components101 web site: <https://components101.com/sensors/MPU9250-9-dof-mems-sensor-module-datasheet-pinout-features-working>

- CUI Devices. (08 de 05 de 2022). *CPE-267 PIEZO BUZZER INDICATOR*. Obtenido de CUI Devices product resources: <https://www.cuidevices.com/product/resource/cpe-267.pdf>
- CUI Devices. (s.f.). *CPE-267*. Recuperado el 22 de agosto de 2023, de CUI Devices: <https://www.cuidevices.com/waterproof-buzzers>
- Delta Glass. (s.f.). *TABLA DE CONSUMO – P.R.F.V.* Recuperado el 21 de 03 de 2024, de Delta Glass: Centro Integral de Plastico Reforzado: <https://www.deltaglass.com.ar/pdf/Resina%20Poliester%20-%20Consumo%20y%20Fibra%20de%20Vidrio%20por%20M2.pdf>
- DFROBOT. (s.f.). *A02YYUW waterproof ultrasonic sensor*. Obtenido de [https://wiki.dfrobot.com/\\_A02YYUW\\_Waterproof\\_Ultrasonic\\_Sensor\\_SKU\\_SEN0311](https://wiki.dfrobot.com/_A02YYUW_Waterproof_Ultrasonic_Sensor_SKU_SEN0311)
- DFRobot. (s.f.). *A02YYUW Waterproof Ultrasonic Sensor*. Recuperado el 22 de abril de 2023, de DFRobot: <https://www.dfrobot.com/product-1935.html?search=SEN0311&description=true>
- Diamond Dynamics. (s.f.). *TD1.2 Propeller*. Obtenido de Diamond Dynamics web site: <http://www.diamonddynamics.com/en/sxtjq/sljgtjq/63.html>
- Eachine. (s.f.). *Eachine ROTG01 Pro UVC OTG 5.8G 150CH Full Channel FPV Receiver W/Audio For Android Smartphone*. Recuperado el 22 de abril de 2023, de Eachine web site: [https://www.eachine.com/Eachine-ROTG01-Pro-UVC-OTG-5\\_8G-150CH-Full-Channel-FPV-Receiver-W-or-Audio-For-Android-Smartphone-Black-p-1246.html?rmmds=categorieslist-top-list](https://www.eachine.com/Eachine-ROTG01-Pro-UVC-OTG-5_8G-150CH-Full-Channel-FPV-Receiver-W-or-Audio-For-Android-Smartphone-Black-p-1246.html?rmmds=categorieslist-top-list)
- Eachine. (s.f.). *Eachine ROTG02 UVC OTG 5.8G 150CH Dual Antenna Audio FPV Receiver for Android Tablet Smartphone*. Obtenido de Eachine web site: [https://www.eachine.com/Eachine-ROTG02-UVC-OTG-5\\_8G-150CH-Dual-Antenna-Audio-FPV-Receiver-for-Android-Tablet-Smartphone-p-1063.html](https://www.eachine.com/Eachine-ROTG02-UVC-OTG-5_8G-150CH-Dual-Antenna-Audio-FPV-Receiver-for-Android-Tablet-Smartphone-p-1063.html)
- EastRising Technology Co. (26 de Agosto de 2019). *ER-OLEDM013-1 Series*. Obtenido de EastRising web site: [https://www.buydisplay.com/download/manual/ER-OLEDM013-1\\_Datasheet.pdf](https://www.buydisplay.com/download/manual/ER-OLEDM013-1_Datasheet.pdf)
- elecrow. (10 de 2012). *HC-12 Wireless Serial Port Communication Module*. Obtenido de elecrow web site: <https://www.elecrow.com/download/HC-12.pdf>
- GetFPV LLC. (s.f.). *Skydroid 5.8GHz OTG Dual Antenna FPV Receiver for Android Smartphone*. Obtenido de GetFPV web site: <https://www.getfpv.com/skydroid-5-8ghz-otg-dual-antenna-fpv-receiver-for-android-smartphone.html>
- Global Electronic Services, Inc. (22 de abril de 2023). *How Cold Weather Affects Electronics*. Obtenido de Gesrepair: <https://gesrepair.com/how-cold-weather-affects-electronics/#:~:text=While%20normally%20a%20cool%20environment,at%20extreme%20temperatures%20can%20freeze.>
- Grepow Inc. (s.f.). *Tattu Plus 16000mAh 6S 15C 22.2V Lipo Battery Pack With AS150+XT150 Plug*. Obtenido de Gen Tattus web Site: <https://genstattu.com/ta-p2-15c-16000-6s1p-as150.html>

- Grupo GHA. (s.f.). *Malla Raschel Rascheltex cobertura 50%*. Recuperado el 22 de abril de 2023, de Grupo Empresarial GHA: <https://grupogha.com/malla-raschel-rascheltex-cobertura-50/>
- Handson Technology. (s.f.). *I2C Serial Interface 1602 LCD Module*. Obtenido de Handsontech web site: [http://www.handsontec.com/dataspecs/module/I2C\\_1602\\_LCD.pdf](http://www.handsontec.com/dataspecs/module/I2C_1602_LCD.pdf)
- Handson Technology. (s.f.). *nRF24L01+PA+LNA 2.4GHz RF Transceiver Module*. Obtenido de Handson Technology web site: <https://www.handsontec.com/dataspecs/module/NRF24L01+PA.pdf>
- HiBit. (26 de noviembre de 2022). *Getting real-time position using MPU9250*. Obtenido de Hackster - Avnet Community: <https://www.hackster.io/hibit/getting-real-time-position-using-mpu9250-2ec046#overview>
- Hyperion Hk Ltd. (21 de mayo de 2013). *TS832 5.8G 600mW 32 Channels AV Transmitter Module*. Obtenido de TS832 product specification: [https://hyperion-world.com/download\\_files/manuals/HP-FP58TS832-Manual.pdf](https://hyperion-world.com/download_files/manuals/HP-FP58TS832-Manual.pdf)
- IADYS. (s.f.). *Jellyfishboat by IADYS*. Recuperado el 15 de 05 de 2023, de Jellyfishboat web site: <https://www.jellyfishbot.io/>
- International Electrotechnical Commission. (2013). *IEC 60529 Ed. 2.2 b:2013, Second Edition: Degrees of protection provided by enclosures IP Code*. Multiple. Distributed through American National Standards Institute (ANSI).
- J. Gausemeier, S. M. (2002). VDI 2206- A New Guideline for the Design of Mechatronic Systems. *IFAC Proceedings Volumes*, 35(2), 785-790.
- LAGOON. (s.f.). *¿POR QUÉ UN CATAMARAN? 5 VENTAJAS DE UN CATAMARÁN SOBRE UN MONOCASCO*. Recuperado el 22 de abril de 2023, de Catamarans Barcelona: <https://catamaransbcn.com/blog/descubre-las-5-ventajas-de-elegir-un-catamaran/>
- Lewis, E. V. (1988). *Principles of Naval Architecture: Vol. 2: Resistance, Propulsion and Vibrations*. New Jersey: Society of Naval Architects & Marine Engineers.
- LiPolBattery Co. (s.f.). *LP606090 3.7V 4000mAh without protection circuit and wires Datasheet*. Obtenido de LiPolBattery web site: <https://www.li-polymer-battery.com/wp-content/uploads/2021/03/LP606090-3.7V-4000mAh-without-protection-circuit-and-wires-Datasheet.pdf>
- MINAM. (2015). *Estrategia Nacional de humedales*. Lima: Ministerio del Ambiente.
- Molland, A. T. (2011). *Ship Resistance and Propulsion: Practical Estimation of Propulsive Power*. Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511974113
- Moreno, H., Saltarén, R., & Puglisi, L. (2014). Robótica Submarina: Conceptos, Elementos, Modelado y Control. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, 1(11), 3-19.



- MTPE. (2008). *Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico*. Lima: Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo.
- Naylamp Mechatronics SAC. (s.f.). *CONVERTIDOR VOLTAJE DC-DC STEP-DOWN 5A XL4005*. Obtenido de Naylamp Mechatronics: <https://naylampmechatronics.com/conversores-dc-dc/49-convertidor-voltaje-dc-dc-step-down-5a-xl4005.html>
- Naylamp Mechatronics SAC. (s.f.). *CONVERTIDOR VOLTAJE DC-DC STEP-UP 2A MT3608*. Obtenido de Naylamp Mechatronics: <https://naylampmechatronics.com/conversores-dc-dc/119-convertidor-voltaje-dc-dc-step-up-2a-mt3608.html>
- Naylamp Mechatronics SAC. (s.f.). *DISPLAY LCD TFT 2.4" RGB SPI 240X320 TÁCTIL (ILI9341)*. Obtenido de Naylamp Mechatronics website: <https://naylampmechatronics.com/lcd-color/144-display-lcd-tft-24-rgb-spi-240x320-tactil-ili9341.html>
- Naylamp Mechatronics SAC. (s.f.). *DISPLAY OLED 1.3" I2C 128\*64 SH1106*. Recuperado el 22 de abril de 2023, de Naylamp Mechatronics: <https://naylampmechatronics.com/oled/638-display-oled-i2c-130-12864-sh1106.html>
- Naylamp Mechatronics SAC. (s.f.). *MICRO SERVO SG90 1.5KG*. Recuperado el 22 de abril de 2023, de Naylamp Mechatronics: <https://naylampmechatronics.com/servomotores/21-servo-sg90-1kg.html>
- Naylamp Mechatronics SAC. (s.f.). *MÓDULO CARGADOR DE BATERÍA LITIO TP4056 CON PROTECCIÓN USB-C*. Recuperado el 22 de abril de 2023, de Naylamp Mechatronics: <https://naylampmechatronics.com/baterias/867-cargador-de-bateria-litio-tp4056-con-proteccion-usb-c.html>
- Naylamp Mechatronics SAC. (s.f.). *MÓDULO MPU9250: ACELERÓMETRO, GIROSCOPIO, MAGNETÓMETRO I2C*. Recuperado el 22 de abril de 22, de Naylamp Mechatronics: <https://naylampmechatronics.com/sensores-posicion-inerciales-gps/214-modulo-mpu9250-acelerometro-giroscopio-magnetometro-i2c.html>
- Naylamp Mechatronics SAC. (s.f.). *MÓDULO REGULADOR AMS1117 3.3V*. Recuperado el 22 de abril de 2023, de Naylamp Mechatronics: <https://naylampmechatronics.com/fuentes-y-reguladores/166-modulo-regulador-ams1117-33v.html>
- Open Ocean Engineering. (s.f.). *Clearbot for marine surface pollution recovery*. Obtenido de Clearbot: <https://www.clearbot.org/clearbot-for-marine-surface-pollution-recovery>
- Pataforma digital única del Estado Peruano. (28 de noviembre de 2019). *Más De 300 Voluntarios Limpiarán Residuos Sólidos De Los Humedales De Ventanilla*. Obtenido de Gob.pe: <https://www.gob.pe/institucion/regioncallao/noticias/303941-mas-de-300-voluntarios-limpiarán-residuos-solidos-de-los-humedales-de-ventanilla>
- Pérez, C. (2016). *Naval Composites: Los materiales*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.

- PROCIENCIA. (14 de Diciembre de 2022). *PROYECTOS DE DESARROLLO TECNOLÓGICO*. Obtenido de Concurso E041- 2023-03:  
[https://prociencia.gob.pe/wp-content/uploads/2023/convocatorias/Concurso%20de%20Proyectos%20de%20Desarrollo%20Tecnol%C3%B3gico%202023-03/20221214\\_Bases%20Modificadas\\_PDT-2023-03.pdf](https://prociencia.gob.pe/wp-content/uploads/2023/convocatorias/Concurso%20de%20Proyectos%20de%20Desarrollo%20Tecnol%C3%B3gico%202023-03/20221214_Bases%20Modificadas_PDT-2023-03.pdf)
- RanMarine Technology. (s.f.). *THE WASTESHARK: Cleaning plastic waste and unwanted biomass from our waters*. Obtenido de RanMarine web site:  
<https://www.ranmarine.io/products/wasteshark-3/>
- Raspberry Pi Ltd. (Julio de 2022). *Raspberry Pi Pico*. Obtenido de Raspberrypi datasheets:  
[https://datasheets.raspberrypi.com/pico/pico-product-brief.pdf?\\_gl=1\\*13u4rbx\\*\\_ga\\*MTAyMTM3NjAzOC4xNjg2NzY5NDcz\\*\\_ga\\_22FD70LWDS\\*MTY4Njc2OTQ3NC4xLjEuMTY4Njc2OTQ4NC4wLjAuMA..](https://datasheets.raspberrypi.com/pico/pico-product-brief.pdf?_gl=1*13u4rbx*_ga*MTAyMTM3NjAzOC4xNjg2NzY5NDcz*_ga_22FD70LWDS*MTY4Njc2OTQ3NC4xLjEuMTY4Njc2OTQ4NC4wLjAuMA..)
- RAVPower. (s.f.). *Lithium Ion vs. Lithium Polymer Batteries*. Obtenido de RAVPower blog:  
<https://blog.ravpower.com/2017/06/lithium-ion-vs-lithium-polymer-batteries/>
- RunCam Technology Co. (2020). *RunCam Phoenix 2*. Recuperado el 22 de abril de 2023, de Runcam shop: <https://shop.runcam.com/runcam-phoenix-2/>
- SICNOVA. (30 de 05 de 2021). Obtenido de <https://sicnova3d.com/blog/materiales-de-impresion-3d-cuales-son-los-termoplasticos-mas-usados/>
- SPDA. (26 de setiembre de 2020). *Áncash: realizan jornada de limpieza de laguna Willcacocha*. Obtenido de Actualidad Ambiental:  
<https://www.actualidadambiental.pe/ancash-realizan-jornada-de-limpieza-de-laguna-willcacocha/>
- SPDA. (11 de mayo de 2021). *Cajamarca: recogen más de seis toneladas de residuos de la laguna de Alto Perú*. Obtenido de Actualidad ambiental:  
<https://www.actualidadambiental.pe/cajamarca-recogen-mas-de-seis-toneladas-de-residuos-de-la-laguna-de-alto-peru/>
- SUNSKY. (s.f.). *Transmisor AV inalámbrico TS832 5.8G 600mW 48CH para FPV*. Recuperado el 22 de abril de 2023, de SUNSKY: <https://www.sunsky-online.com/es/p/CHT2850/B%E1%BB%99-ph%C3%A1t-AV-kh%C3%B4ng-d%C3%A2y-TS832-5.8G-600mW-48CH-cho-FPV.htm>
- UNIT Electronics. (s.f.). *ESP32 DEVKIT V1 30 Pines WiFi + Bluetooth*. Obtenido de UNIT Electronics web site: <https://uelectronics.com/producto/devkitv1-esp32-modulo-wifi-bluetooth-esp32-arduino/>
- UNIT Electronics. (s.f.). *Sensor Ultrasonico Contra El Agua JSN-SR04T*. Obtenido de UNIT Electronics web site: <https://uelectronics.com/producto/sensor-ultrasonico-jns-sr04t/>
- Weeder's Digest. (s.f.). *Waterbug*. Obtenido de Lake Weed Harvester web site:  
<https://lakeweedharvester.com/waterbug/>

## Anexos

### Anexo A: Proceso de diseño y selección de solución óptima

Conocido los requerimientos para el proyecto mecatrónico, se elabora un *Blackbox* de todo aquellos que entra al sistema y aquello que sale del sistema. Al contar con dos dispositivos claramente distinguidos, mando y vehículo, se debe distinguir claramente las señales de cada uno. En la figura A1 se presenta el *Blackbox* propuesto para el sistema.

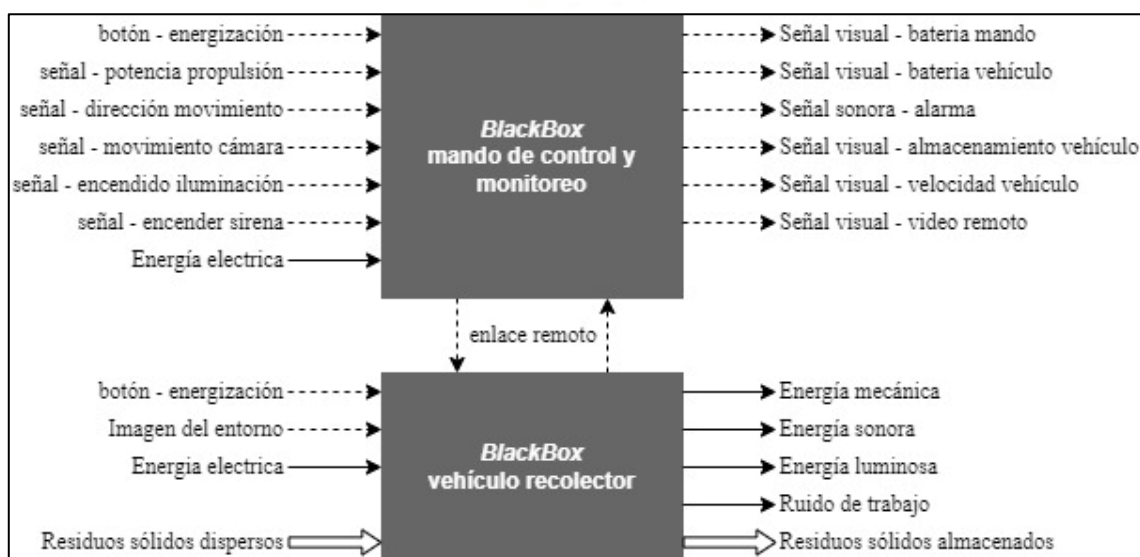


Figura A1: Blackbox del sistema

Las señales que ingresan al mando de control son:

- Botón de energización: un botón que abrirá y cerrará físicamente el paso de energía eléctrica en el mando.
- Señal de potencia de propulsión: una señal, digital o analógica, escrita por el operador al sistema para variar la intensidad de propulsión del vehículo.
- Señal de dirección de movimiento: una o varias señales, digitales o analógicas, escritas por el operador al sistema para variar la dirección en la que se mueve el vehículo siendo estas adelante, atrás, izquierda derecha.

- Señal de movimiento de cámara: una o varias señales, digitales o analógicas, escritas por el operador al sistema para variar el ángulo de inclinación en el que graba video la cámara montada en el vehículo.
- Señal de encendido de iluminación: una señal digital o analógica para activar la iluminación instalada en el vehículo teleoperado.
- Señal de encender sirena: una señal digital para para encender o apagar una alarma sonora instalada en el vehículo teleoperado.
- Energía eléctrica: Señal eléctrica que deberá ser adecuadamente almacenada para su uso en el proyecto.
- Enlace remoto: señal de comunicación que emite el mando de control para que llegue al vehículo teleoperado

Las señales que salen del mando son:

- Señal visual de batería del mando: una señal mostrada en alguna interfaz que indica el porcentaje de batería restante del mando de control.
- Señal visual de batería del vehículo: una señal mostrada en alguna interfaz que indica el porcentaje de batería restante del vehículo recolector.
- Señal sonora de alarma: una señal audible emitida por el mando de control para emitir alguna señal de alarma del sistema.
- Señal visual de almacenamiento del vehículo: una señal mostrada en alguna interfaz que indica el estado del contenedor de residuos sólidos.
- Señal visual de velocidad del vehículo: una señal mostrada en alguna interfaz que indica la velocidad en la que se mueve el vehículo controlado.
- Señal visual de video remoto: una señal mostrada en alguna interfaz que reproduce las imágenes del entorno capturadas por el vehículo recolector.

- Enlace remoto: Señal de comunicación que recibe el mando por parte del vehículo teleoperado.

Las señales que salen del vehículo recolector son:

- Botón de energización: un botón que abrirá y cerrará físicamente el paso de energía eléctrica en el vehículo.
- Imagen del entorno: El vehículo debe tener acceso a una clara visibilidad del entorno para poder obtener una señal de video que transmitir al mando.
- Energía eléctrica: Señal eléctrica que deberá ser adecuadamente almacenada para su uso en el proyecto.
- Residuos sólidos dispersos: Material que ingresará al vehículo y será adecuadamente almacenado.

Las señales que salen del vehículo recolector son:

- Energía mecánica: Energía liberada en forma de movimiento para el vehículo.
- Energía sonora: Energía liberada voluntariamente en forma de ruido para generar alarmas sonoras.
- Energía luminosa: Energía liberada en forma de luz para aumentar el brillo del entorno en situaciones que se considere conveniente.
- Ruido de trabajo: Energía liberada como consecuencia de varias actividades realizadas.
- Residuos sólidos almacenados: Los residuos sólidos capturados serán debidamente almacenados para una rápida extracción del sistema.

El siguiente paso es determinar funciones que permitirán manejar las señales que ingresan para ser transformadas en las señales de salida. Es conveniente estructurar las

funciones en aspectos tales como: Mecánica, Energía, Sensores, Actuadores, Control, Comunicación e Interfaz de usuario.

Respecto al vehículo remoto se consideran las siguientes funciones:

- Mecánica:
  - Flotar el vehículo: considerado el objetivo principal del proyecto es el diseño de un vehículo flotante.
  - Albergar y proteger equipos eléctricos: mediante un mecanismo o tecnología se debe proteger componentes eléctricos de entrar en contacto con el agua.
  - Propulsar el vehículo en el agua: un método de propulsión que se empleará para mover el vehículo flotante.
  - Direccionar el vehículo: un método para cambiar la dirección de movimiento de un vehículo flotante.
  - Recolectar residuos sólidos: un método de recolección que permita capturar residuos desde la superficie acuática y almacenarlos para su futura extracción.
- Energía:
  - Almacenar energía: tecnología que almacenará la energía eléctrica del vehículo.
  - Acondicionar voltaje: fusión de convertir la energía almacenada a un valor regulado necesario para todo equipo electrónico.
- Sensores:
  - Grabar video del entorno: Cámara que captará las imágenes del entorno para convertirlas en una señal de video.
  - Medir batería: sensor que registra la capacidad de una batería.
  - Medir velocidad: sensor que registra la velocidad de movimiento.
  - Medir almacenamiento: sensor para medir residuos almacenados.

- Actuadores:
  - Mover cámara: Actuador que realizará rotación de una cámara.
  - Encender iluminación: Luces que iluminaran el entorno
  - Accionar alarma: Actuador que emitirá sonido.
  - Accionar recolector: Actuador que inicia o detiene el proceso de recolección.
  - Accionar direccionamiento: Actuador que varía la dirección de movimiento del mecanismo de direccionamiento.
  - Accionar propulsor: Actuador que se encarga de ejecutar el mecanismo de propulsión propuesto.
- Control:
  - Procesar señales de ingreso: Actividad de transformar la señal que ingresan al sistema desde el mando en variables interpretables.
  - Actualizar valores de actuadores: Actividad de controlar el estado de los actuadores de acuerdo con información de control proveniente del mando.
  - Medir valor de sensores: Actividad de registrar el valor de sensores en variables.
  - Procesar datos para enviar: Actividad de transformar datos de sensores para ser enviado al vehículo
- Comunicaciones:
  - Enviar datos: Función de enviar datos del vehículo al mando.
  - Recibir datos: Función de recibir datos del mando a través de un medio inalámbrico.
  - Enviar video: Función de enviar señal de video inalámbrica.

Respecto al mando se consideran las siguientes funciones:

- Mecánica:
  - Albergar y proteger componentes: una estructura mecánica que protege los componentes electrónicos.
- Energía:
  - Almacenar energía: tecnología que almacenará la energía eléctrica del mando.
  - Acondicionar voltaje: Función de convertir la energía almacenada a un valor regulado necesario para todo equipo electrónico.
- Interfaz de usuario:
  - periféricos de entrada: permitirán al usuario ingresar datos al sistema.
  - Visualizar datos: Mostrar datos a través de una pantalla u otro tipo de interfaz que el operador pueda visualizar.
  - Visualizar video remoto: tecnología que permite ver videos en pantalla.
  - Activar alarma sonora: Función de emitir sonido desde el mando.
- Control:
  - Registrar periféricos de entrada: Actividad de registrar la información que ingresa por parte del operador.
  - Procesar datos para enviar: Actividad de transformar los datos registrados para ser enviados por un medio de comunicación.
  - Procesar datos recibidos: Actividad de transformar los datos que ingresan desde el vehículo en variables interpretables.
- Comunicación:
  - Enviar datos: función de enviar datos del vehículo al mando.
  - Recibir datos: función de recibir datos del mando.
  - Recibir video: Función de recibir señal de video inalámbrica.



En la figura A2 se presenta el diagrama de funciones del sistema mecatrónico integrado.

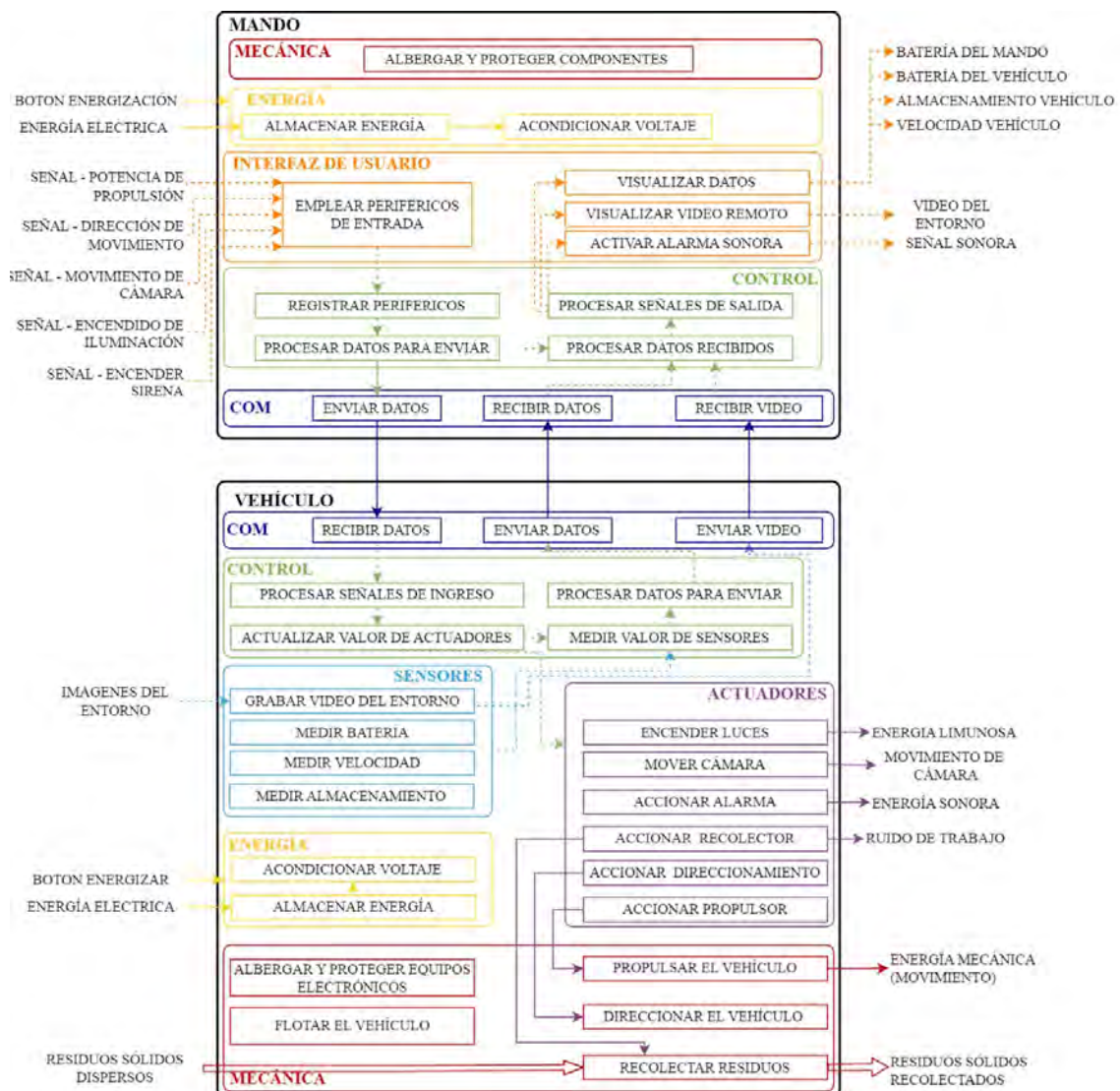




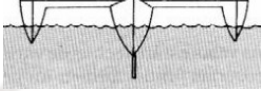


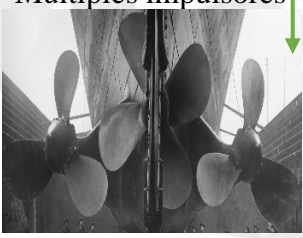





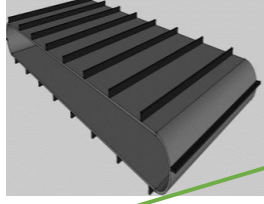










Figura A2: Diagrama de funciones del sistema mando-vehículo

Se elabora una matriz morfológica del proyecto en el cual se elaborará 3 soluciones que cumplen todas las funciones propuestas. Por cada función se presentarán hasta 3 alternativas de tecnologías identificadas durante el estado del arte. En la tabla A1 se presenta la matriz morfológica para el vehículo y en la tabla A2 para el mando.

**Tabla A1: Matriz morfológica del vehículo**

Tipo	Función	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Energía	Energizar sistema	Batería recargable 	1 2 3	
	Acondicionar voltaje del sistema	Módulo regulador 		
Mecánica	Flotar vehículo	Casco plano 	Casco catamarán 	Casco trimarán 
	Propulsar el vehículo en el agua	Hélices sumergidas 	Hélices de hidrodenslizador 	
	Direccionar el vehículo	Múltiples impulsores 	Timón acuático 	Timón de Aero-bote 

Continuación Tabla A1: Matriz morfológica del vehículo

Tipo	Función	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Mecánica	Recolectar residuos	Pala cargadora 	Cinta transportadora 	Canasta sumergida 
Sensores	Grabar video del entorno	Cámara FPV 	Cámara Wifi 	
	Medir capacidad de almacenamiento	Sensor de carga 	Sensor de distancia 	
	Medir batería	módulo electrónico 		
	Medir velocidad	Unidad de medición inercial 		
Control	Procesamiento de datos de control	Microcontrolador 	micro-computador 	Receptor RC 

Continuación Tabla A1: Matriz morfológica del vehículo




































Tipo	Función	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Comunicaciones	Enviar señales	Internet 	Transceptor 	Emisor RC 
	Recibir señales			Receptor RC 
	Enviar imágenes	transmisor FPV 	Streaming 	
Actuadores	Mover Cámara	Servomotor 	motor a pasos 	motor DC 
	Accionar propulsión	Motor DC 	Motor Brushless 	
	Accionar direccionamiento	Servomotor 	Motor DC 	Motor Brushless 
	Accionar recolector	Motor a paso 	Motor DC 	Motor Brushless 
	Accionar alarma	Buzzer 	Sirena electrónica 	

Tabla A2: Matriz morfológica del mando

Tipo	Función	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	
Energía	Energizar sistema	Pilas comerciales  <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">2</span>	<span style="border: 1px solid orange; padding: 2px;">3</span>	<span style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">1</span> 	
	Regular voltaje de sistema	Módulo electrónico 			
Interfaz de Usuario	Periféricos de entrada	Joystick y pulsadores 	Mando RC comercial compatible con pantalla FPV 	Computadora 	
	Visualizar datos	Pantalla LCD 			
	Visualizar imágenes	Teléfono celular 			
Comunicaciones	Recibir video	Receptor FPV 		Receptor Wifi 	
	Recibir datos	Transceptor 			Internet 
	Enviar datos				
Control	Procesamiento del dominio de control	Microcontrolador 		Computadora 	

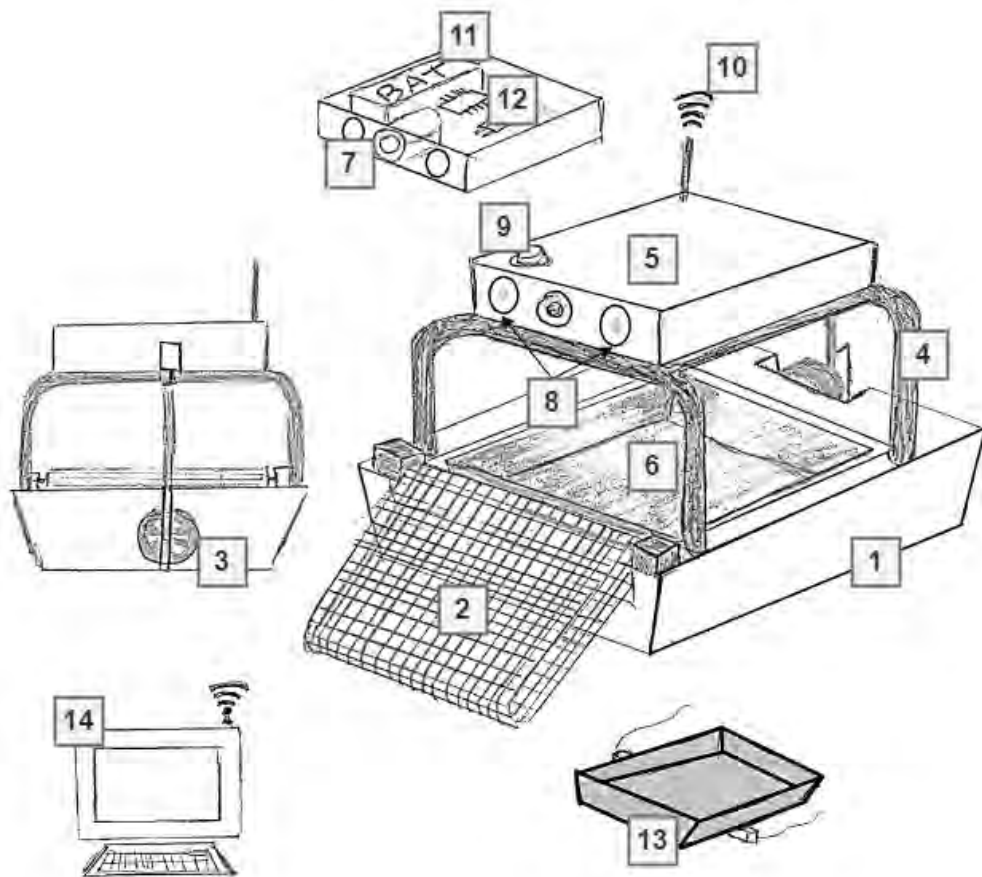
### A.1. Primer concepto de solución

Los nuevos aparatos tecnológicos poseen acceso a internet y este concepto de solución permitirá controlar un vehículo recolector empleando una computadora como un centro de control, siempre que ambos dispositivos, mando y vehículo, cuenten con acceso a internet será posible controlar este sistema.

El método de flotación del vehículo es a partir de un solo casco plano que puede ser fabricado a partir de fibra de vidrio. El vehículo empleará una cinta transportadora para movilizar los residuos sólidos flotantes hasta una bandeja, la cual mediante celdas de carga podrá pesarlos y así estimar la capacidad del vehículo.

El transporte requiere de un propulsor DC para el avance y retroceso, mientras que el direccionamiento se realizará mediante servomotores en un timón. La cinta transportadora por su parte empleará un motor DC. Por último, el movimiento de la cámara wi-fi podrá realizarse por servomotores que se encuentren integrados en esta tecnología.

El vehículo recolector empleará un microcomputador habilitado con acceso a internet y todas las acciones de control y monitoreo se podrán realizar en tiempo real mediante un aplicativo web. El operador desde la pantalla podrá recibir video, lecturas de sensores de velocidad, almacenamiento y batería, asimismo podrá controlar acciones del vehículo como dirección, potencia de propulsión, alarma en buzzer, posicionamiento de la cámara e iluminación del entorno por luces LED.



1	Casco plano	7	Videocámara wifi
2	Cinta transportadora recolectora	8	Iluminación LED
3	Propulsor sumergido y timón	9	Alarma sonora
4	Estructura metálica inoxidable	10	Antenas de wifi
5	Caja electrónica impermeable	11	Batería y regulación de voltaje
6	Bandeja para residuos sólidos	12	Microcomputadora con acceso a internet
		13	Celdas de garga
		14	Computadora remota para control y monitoreo por internet

## A.2. Segundo concepto de solución

La solución consiste en un vehículo de casco catamarán que almacena los residuos sólidos en el espacio entre cascos. Se propone emplear un mando de control elaborado a la medida para el proyecto que mediante transceptor permitirá la comunicación bidireccional entre el mando y el vehículo.

El método de recolección es mediante una red semisumergida, similar a actividades de pesca, se confecciona una red que pueda colocarse entre los cascos y su longitud puede ser incluso mayor a la del vehículo.

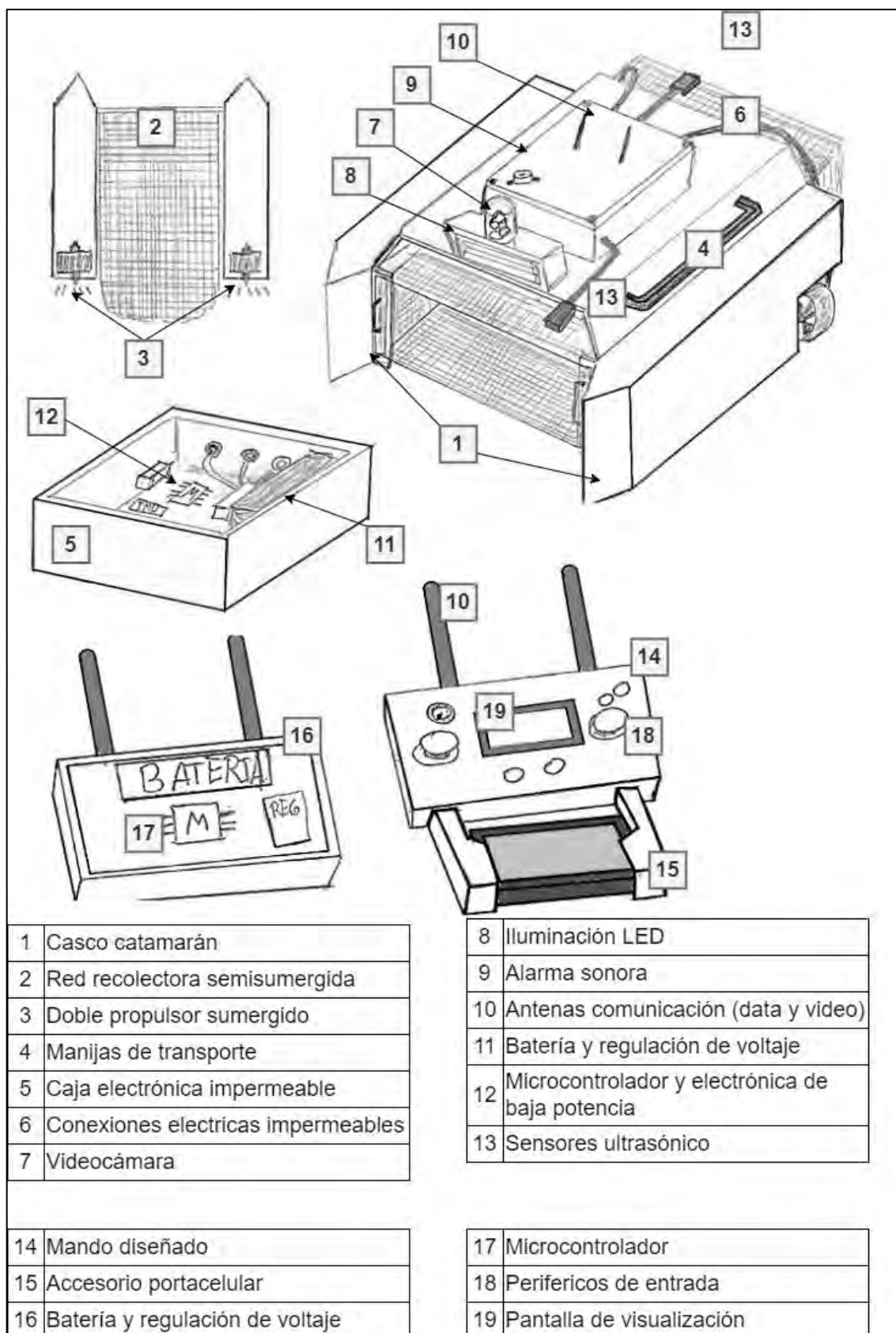
El desplazamiento es mediante doble propulsor *brushless*, de tal manera que si ambos propulsores trabajan al mismo tiempo la dirección de movimiento es hacia delante, pero el cambio en la potencia de uno respecto a otro generará inclinación.

El sistema de movimiento de la cámara es mediante servomotores, el sistema de transmisión de video es mediante transmisor FPV, la recepción de datos es mediante un dispositivo receptor conectado al teléfono celular.

Tanto el vehículo recolector como el mando de monitoreo y control estará compuesto cada uno por un microcontrolador para gestionar entradas y salidas, la comunicación entre ellos será mediante transceptor.

El mando de monitoreo y control se fabrica a la medida de las funcionalidades requeridas por el vehículo de tal forma que modificaciones al sistema de control puedan realizarse de forma más sencillas mediante la programación del mando. Se propone el apoyo de la impresión 3D para la elaboración de piezas de protección de la electrónica del mando y soportes para el vehículo.





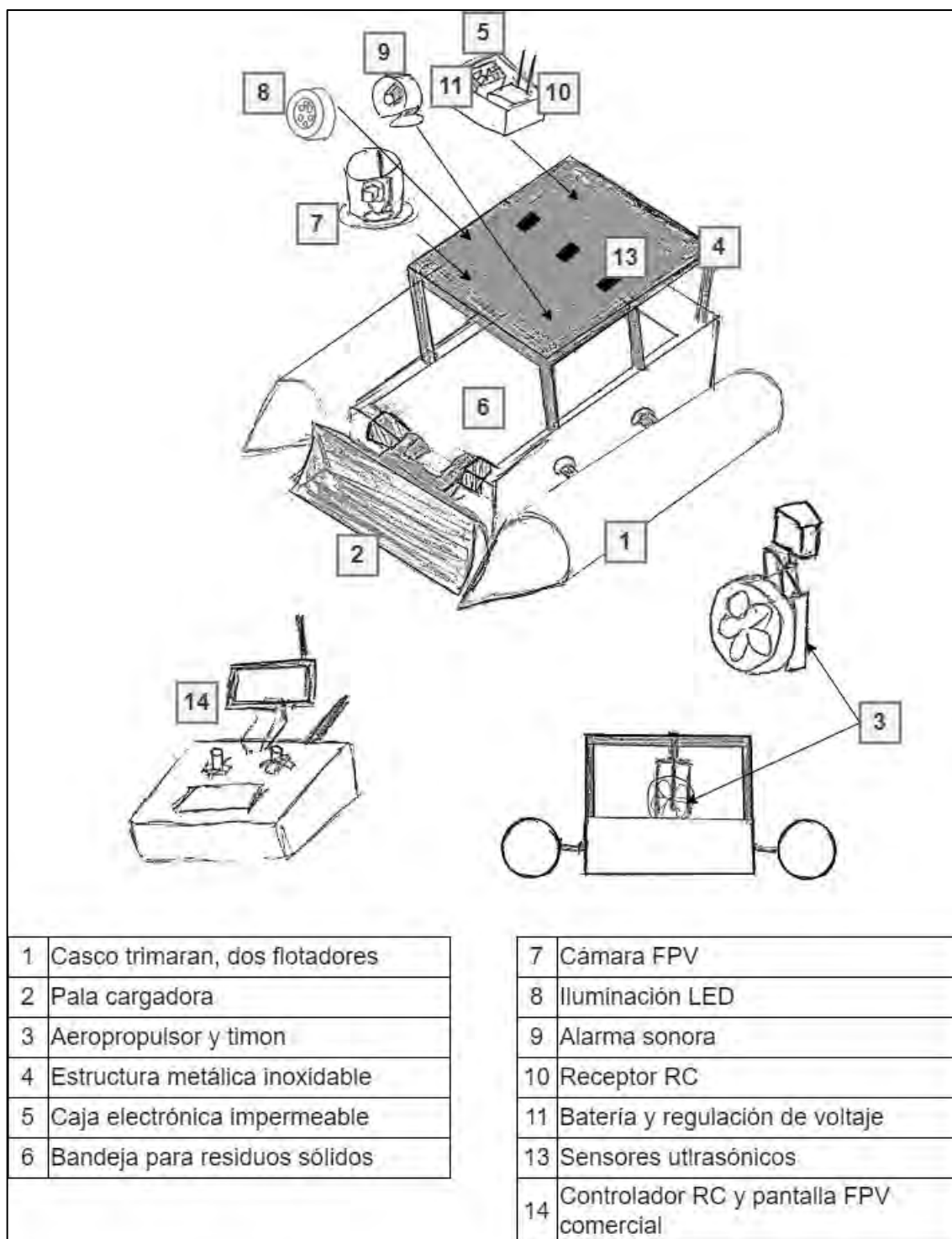
### A.3. Tercer concepto de solución

Este concepto de solución propone emplear un vehículo de tres cascos, dos como flotadores y uno como el cuerpo principal, en donde se almacenarán los residuos recolectados, mediante una pala cargadora y el movimiento del vehículo se irá acumulando residuos y por un botón hacer que la pala cargue los residuos al interior del vehículo.

El mecanismo de propulsión está inspirado en los aerodeslizadores, con un propulsor de aire accionado por motor DC en la parte posterior con un timón controlador por servomotores. Por su parte, la pala recolectora es controlada por motores a paso. Al vehículo se le instalará una estructura para el montaje de la electrónica

En el mercado de radiocontrol existen modelos de mandos y receptoras de radiocontrol que pueden ser instalados en cualquier sistema para poder ser teleoperados. En tal sentido esta propuesta se solución propone emplear un mando comercial para maniobrar el vehículo recolector de forma remota.

Se empleará cámara FPV para que el mando de control pueda adquirir las imágenes, se instalará sensores ultrasónicos a lo largo de la estructura para estimar la cantidad de residuos que han ingresado al vehículo. Mediante una receptora RC se podrá recibir y enviar las señales de control desde el mando



#### A.4. Evaluación técnico-económica

Sobre las tres soluciones propuestas se realiza una evaluación técnico-económica, los criterios a evaluar en cada aspecto y los pesos a asignar son los siguientes:

- Criterios técnicos:
  - Movilidad del vehículo (peso 3): Se evalúa la tecnología con mayor movilidad
  - Estabilidad del vehículo (peso 3): Se evalúa la estructura más estable.
  - Eficiencia energética (peso 3): Se evalúa el consumo de energía durante operaciones.
  - Eficiencia del espacio (peso 2): Se evalúa que tecnología aprovecha mejor el espacio disponible.
  - Facilidad de implementación (Peso 2): Se evalúa el proyecto mando-vehículo y su facilidad de implementación.
  - Ruido de trabajo (peso 2): Se evalúa la cantidad de ruido mecánico que genera la solución.
  - Flexibilidad de modificación (Peso 2): Se evalúa la capacidad de la tecnología de poder ser modificada, actualizada o mejorada.
- Criterios económicos:
  - Costo de materiales del mando de control (Peso 2): Se evalúa el costo que puede alcanzar la implementación del mando de control.
  - Costo de puesta en marcha del sistema (Peso 4): Se evalúa el costo para mantener el sistema mando-vehículo en continuo funcionamiento.
  - Repuestos comerciales (Peso 2): Se evalúa el costo de realizar repuestos de las piezas más delicadas como los controladores o propulsores.
  - Facilidad de fabricación (Peso 1): Se evalúa la facilidad y coste con el que las piezas no comerciales pueden ser fabricadas.

En la tabla A3 se presenta la evaluación técnica y en la tabla A4 se presenta la evaluación económica de los conceptos de solución elaborados.

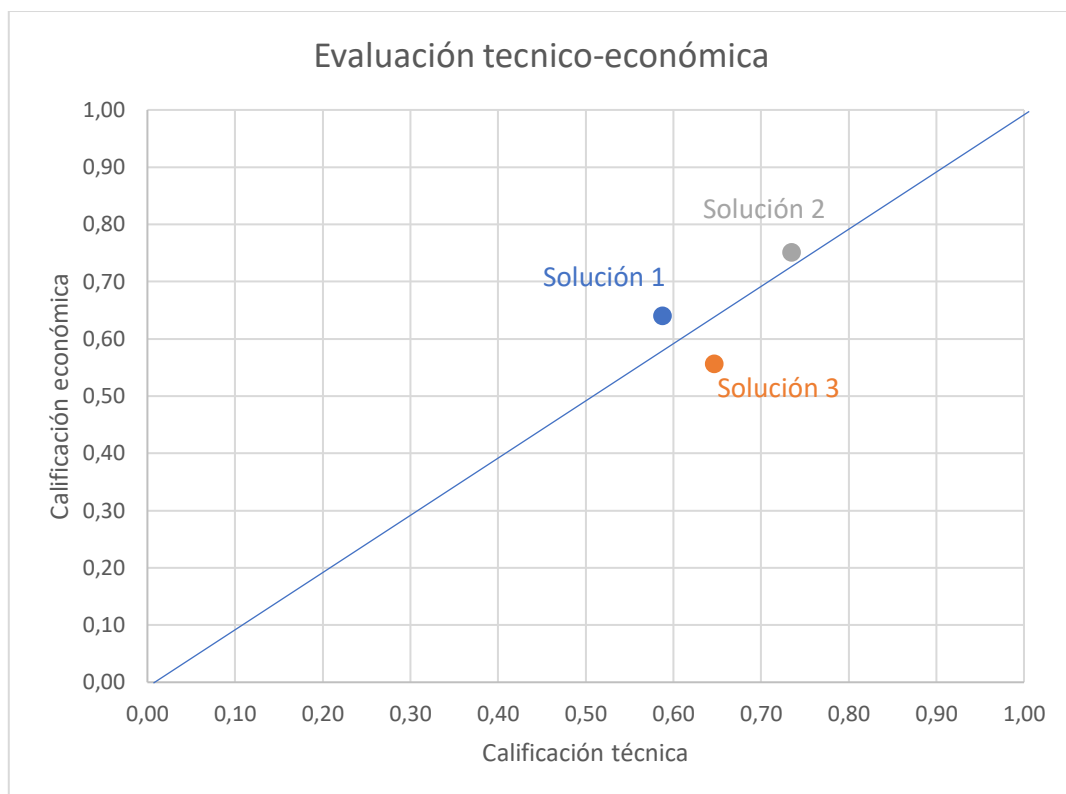
**Tabla A3: Evaluación técnica**

Apartado técnico		Ideal			solución 1		solución 2		solución 3	
Criterio	g	p	pg	p	pg	p	pg	p	pg	
Movilidad del vehículo	3	4	12	2	6	3	9	3	9	
Estabilidad del vehículo	3	4	12	3	9	3	9	4	12	
Eficiencia energética	3	4	12	1	3	4	12	3	9	
Eficiencia del espacio	2	4	8	3	6	3	6	1	2	
Facilidad de implementación	2	4	8	1	2	2	4	4	8	
Ruido de trabajo	2	4	8	3	6	2	4	1	2	
Flexibilidad de modificación	2	4	8	4	8	3	6	1	2	
Total		28	68	17	40	20	50	17	44	
Promedio			1		0.59		0.74		0.65	

**Tabla A4: Evaluación económica**

Apartado económico		Ideal			solución 1		solución 2		solución 3	
Criterio	g	p	pg	p	pg	p	pg	p	pg	
Costo de materiales del mando de control	2	4	8	4	8	3	6	1	2	
Costo de puesta en marcha del sistema	4	4	16	2	8	3	12	3	12	
Repuestos comerciales	2	4	8	2	4	3	6	2	4	
Facilidad de fabricación	1	4	4	3	3	3	3	2	2	
Total		16	36	11	23	12	27	8	20	
Promedio			1		0.64		0.75		0.56	

Se realiza la gráfica de evaluación técnico-económico en la siguiente figura. Se selecciona como solución óptima el segundo concepto de solución. Entre sus principales ventajas está el mando de monitoreo y control con un diseño especializado para las características del vehículo que también reduce el costo de la tecnología. Las ventajas del vehículo frente a otras soluciones es la reducción de consumo eléctrico debido a que no existe un mecanismo en movimiento para la recolección de residuos sólidos, sino que el mismo mecanismo de transporte apoya en la recolección.




**Figura A3: Grafico de evaluación técnico-económica**

## Anexo B: Dispositivos comerciales del proyecto

A continuación, se presenta las especificaciones técnicas detalladas y costos de los dispositivos comerciales seleccionados para el vehículo recolector y el mando de control.

### B.1. Propulsores BlueRobotics T200 (Blue Robotics Inc, s.f.)



**T200 Thruster**  
FROM: \$200.00  
 The T200 Thruster is the world's most popular underwater thruster for AUVs, surface vessels, and more! Its patented flooded motor design makes it powerful, efficient, compact, and affordable. The T200 is in use on thousands of marine robotic vehicles around the world including the BlueROV2.

[Technical Details](#) [User Guides](#)

Select options:

Speed Controller  
 Available options:  
 No Speed Controller \$200.00 in stock

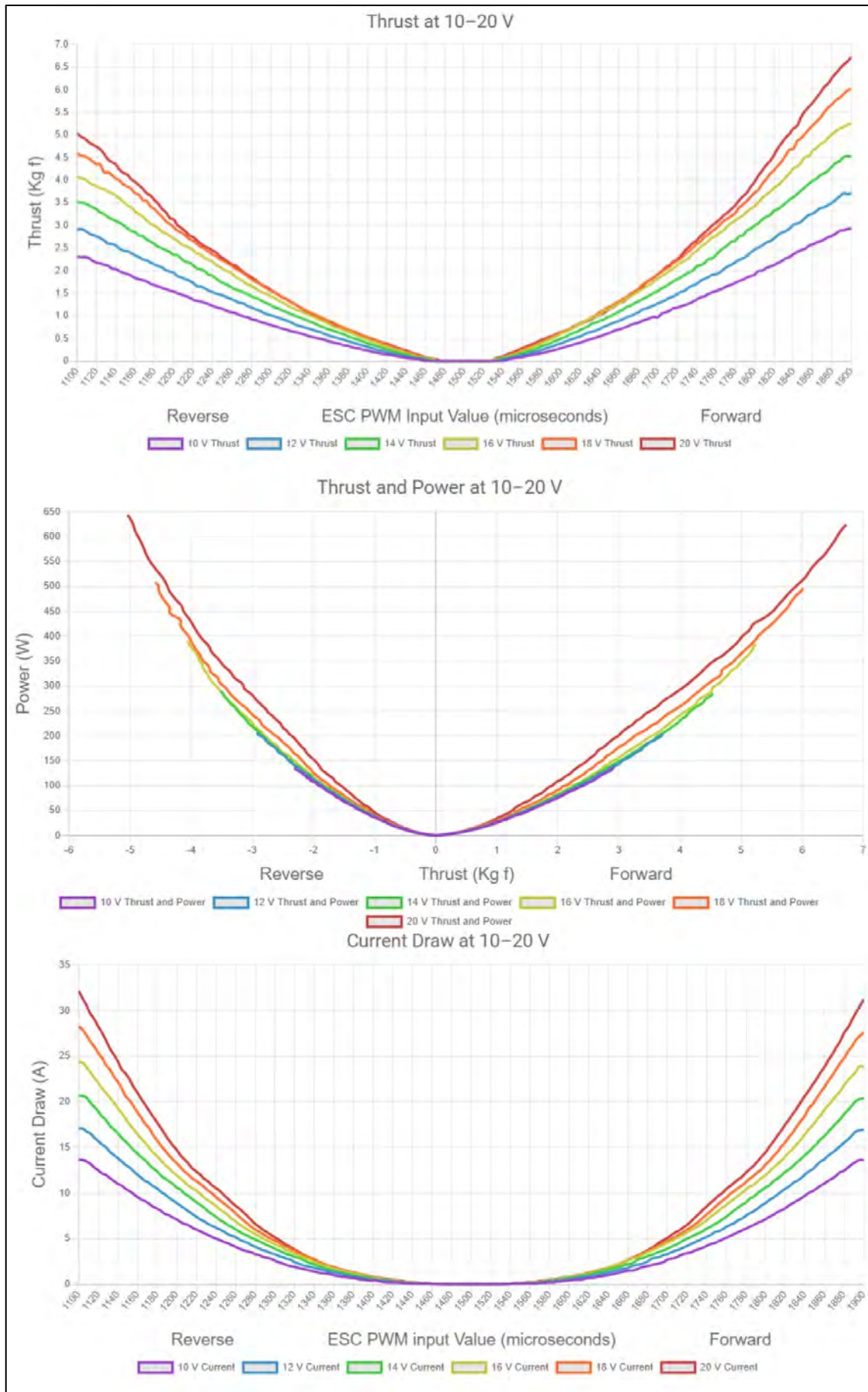
[Add to Cart](#)

Quantity	1 - 9	10 - 24	25 - 49	50 - 149	150+
Price	\$200.00	\$190.00	\$180.00	\$170.00	\$160.00

**Technical Details**


Specifications

Parameter	Value	
<b>Performance</b>		
Full Throttle FWD/REV Thrust @ 12 V	3.71 / 2.92 kg f	8.2 / 6.4 lb f
Full Throttle FWD/REV Thrust @ Nominal (16 V)	5.25 / 4.1 kg f	11.6 / 9.0 lb f
Full Throttle FWD/REV Thrust @ Maximum (20 V)	6.7 / 5.05 kg f	14.8 / 11.1 lb f
Minimum Thrust	0.02 kg f*	0.05 lb f*
<b>Electrical</b>		
Operating Voltage	7-20 volts	
Full Throttle Current (Power) @ 12 V	17 Amps (205 Watts)	
Full Throttle Current (Power) @ Nominal (16 V)	24 Amps (390 Watts)	
Full Throttle Current (Power) @ Maximum (20 V)	32 Amps (645 Watts)	
<b>Physical</b>		
Length	113 mm	4.45 in
Diameter	100 mm	3.9 in
Wetted Materials	Polycarbonate Epoxy Stainless steel Plastic Polyurethane	
Weight in Air (with 1m cable)	344 g	0.76 lb
Weight in Water (with 1m cable)	156 g	0.34 lb
Propeller Diameter	76 mm	3.0 in
Mounting Hole Threads	M3 x 0.5	





B.2. Basic ESC BlueRobotics T200 (Blue Robotics Inc, s.f.)



**Basic ESC**

\$36.00

A simple bidirectional electronic speed controller for the T200 Thruster. It's based on the BLHeli ESC design with upgraded features and performance!

IN STOCK

[Add to Cart](#)

Quantity	1 - 9	10 - 24	25 - 49	50 - 149	150+
Price	\$36.00	\$34.20	\$32.40	\$30.60	\$28.80

SKU: BEESC30-R3  
HS Code: 8504 40 40

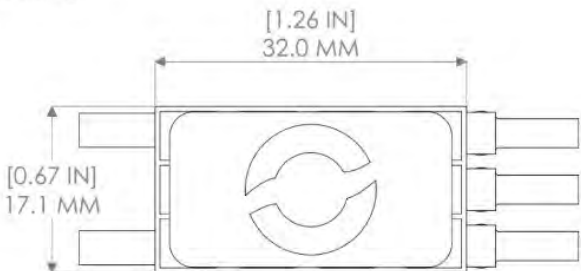
-4 interest-free payments of \$9.00 with Klarna. [Learn More](#)

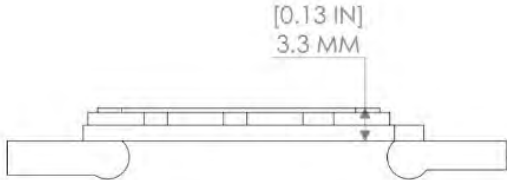
**Technical Details**

Specifications

Parameter	Value
<b>Electrical</b>	
Voltage	7-26 V (2-6S)
Max Current (Constant)	30 A (depending on cooling)
<b>Physical</b>	
Weight	16.3 g / 0.036 lb
Power Connectors	Spade terminals for No. 6 screw
Motor Connectors	Tinned wire ends
Signal Connector	3-pin servo connector (0.1" pitch) (ground, blank, signal)
<b>Pulse Width Signal</b>	
Signal Voltage	3.3-5 V
Max Update Rate	400 Hz
Initialize/Stop	1500 $\mu$ s
Max forward	1900 $\mu$ s
Max reverse	1100 $\mu$ s
Signal Deadband	$\pm$ 25 $\mu$ s (centered around 1500 $\mu$ s)

2D Drawings





### B.3. Transceptor E01-ML01DP5 (Chengdu Ebyte Electronic Technology, 2019)

#### 1.1. Brief Introduction

E01-ML01DP5 is a DIP module based on original imported nRF24L01P from Nordic in Norway, operates at 2.4GHz with 100mW transmitting power.

The RF performance of E01-ML01DP5 and components selection during R&D are all in accordance with industrial grade standards, using industrial-grade high-precision 16MHz crystal oscillator, also it obtained FCC, CE and RoHS certification. A power amplifier (PA) and a low noise amplifier (LNA) are built in, so that the maximum transmit power reaches 100mW and the receiving sensitivity is further improved. The products have been greatly improved when there is no PA and LNA in design.

The user needs to use the MCU driver or use a dedicated SPI debugging tool to develop E01-ML01DP5.



#### 1.2 Features

- Communication distance tested is up to 2.5KM;
- Maximum transmission power of 100mW, software multi-level adjustable;
- Support air data rate of 2Mbps, 1Mbps, 250kbps;
- 125 communication channels to meet the needs of multi-point communication, grouping, frequency hopping, etc.
- Connect to the MCU through the SPI interface at a rate of 0 to 10 Mbps.
- Support 2.0V~3.6V power supply, power supply over 3.3V can guarantee the best performance;
- Industrial grade standard design, support -40 ~ 85 °C for working over a long time;
- SMA interface for easy connection of coaxial cable or external antenna;
- Enhanced ShockBurst, fully compatible with NORDIC all nRF24L, nRF24E, nRF24U series.

Información del precio recuperado el 22 de abril del 2023 en:

<https://www.amazon.com/-/es/Calvas-E01-ML01DP5-Transmisor-inal%C3%A1mbrico-nRF24L01P/dp/B07W932KK1>

Calvas E01-ML01DP5 - Transmisor inalámbrico SPI de largo alcance nRF24L01P 2.4 Ghz 100 mW SMA Antena IoT Transmisor receptor nRF24L01P módulo RF



Haz clic en la imagen para obtener una vista ampliada




Marca: Fetcus

Precio: **US\$15.44**

- El paquete incluye: 1 módulo RF inalámbrico.
  - Hecho de material de alta calidad, duradero, firme y estable.
  - Este módulo transceptor inalámbrico de 2,4 GHz basado en nRF24L01P con interfaz SPI cuenta con un tamaño pequeño y un uso de varias aplicaciones.
  - Este módulo está incrustado con piezas electrónicas importadas, como cristales industriales con alta precisión y TCXO.
  - En aire abierto y claro, con potencia máxima, ganancia de antena 5dBi, altura de 6.6 ft.
- > Ver los detalles del producto

**Nota:** Los productos con enchufes eléctricos están diseñados para usarse en EE. UU. Las tomas de corriente y la tensión difieren a nivel internacional. Es posible que este producto requiera un adaptador o convertidor para poder usarse en su destino. Comprueba la compatibilidad antes de comprar.

#### B.4. Cámara Runcam Phoenix 2 1000TVL (RunCam Technology Co., 2020)



RunCam Phoenix 2

**US\$29.99**

SKU: PHOENIX2-SL

Weight: 9.00 Grams (0.32 Ounces)

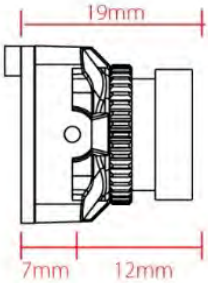
Shipping: **Free Shipping**

\* model:  Phoenix 2  Phoenix 2 Joshua Edition(+US\$2.00)

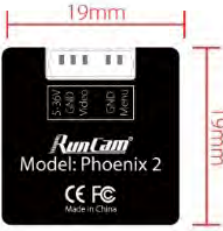
Quantity:

[ADD TO CART](#) [ADD TO WISHLIST](#)

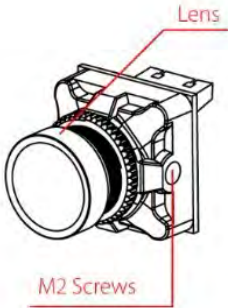
### Dimensions



19mm  
7mm 12mm



19mm  
19mm



Lens  
M2 Screws

### Specifications

Product Name	RunCam Phoenix 2	
Image Sensor	1/2" CMOS Sensor	
Horizontal Resolution	1000TVL	
Lens	2.1mm (M12) FOV155° (4:3)	
Screen Format	4:3 / 16:9 switchable	
Mirror/Flip	Available	
Signal System	PAL / NTSC Switchable	
S/N Ratio	>50dB (AGC OFF)	
Electronic Shutter Speed	Auto	
Auto Gain Control (AGC)	Auto	
Min. Illumination	0.001Lux@1.2F	
WDR	Global WDR	
Day/Night	Color/BW/EXT/Auto	
Menu Control	Cable Control	
Power	DC 5-36V	
Current	200mA@5V	85mA@12V

## B.5. Transmisor TS832 (SUNSKY, s.f.)

Todas las Categorías > Accesorio para Manjarite > Píxeles y componentes de montaje > Transmisión y recepción > Agregar a la lista de deseos > Cerrar

### Transmisor AV inalámbrico TS832 5.8G 600mW 48CH para FPV

Precio: **PEN59.77**

Opciones: **Personalizar**

Transmisor:

— + **Añadir al carrito** **Comprar ahora** **Dropship on Shopify**

País / Registro: **Perú** • **Código de envío: PEN59.77** de **Yanwen Express** • **Más detalles**

¡Díganos si puede recibirlo en su país en función del costo acordado del envío en los próximos 30 días.

1 Unidad	2+ Unidades	5+ Unidades	10+ Unidades	20+ Unidades
PEN59.77	PEN59.23	PEN58.86	PEN58.00	PEN56.79

Gerente de ventas: **Vs. Store**

• **Conoce a Viki**

• **+33 1757115542**

• **vsstore.com**

**100%** Siempre nos esforzamos por proporcionar precios bajos y buena calidad, y prometemos protección. [Verificar las últimas 24 horas.](#)

### Descripción

Parámetros del producto:

1. Frecuencia de transmisión: 5.8G
2. Potencia de transmisión: 600 mW
3. Punto de frecuencia de envío: 48 puntos (incluido el canal de competencia)
4. Voltaje de entrada: 7-30 V
5. Conector de antena: conector RP-SMA en el extremo del módulo de transmisión; RP-SMA plus en el extremo de la antena
6. ganancia de antena: 2dB
7. Corriente de trabajo: 220 mA / 12 V
8. Temperatura de trabajo: -10-85 grados Celsius
9. Formato de video: NTSC / PAL automático
10. Ancho de banda de video: 8 M
11. Ancho de banda de audio: 6.5 M
12. Peso neto del transmisor: 22g
13. Dimensiones: 54x32x10mm

Nota:

1. Interfaz del transmisor: pasador interior de tornillo exterior SMA
2. Se requiere interfaz de antena: orificio interior del tornillo interior SMA
3. Transmisor: fuente de alimentación estable con batería de 12V o 3S
4. Instale la antena antes de transmitir la fuente de alimentación para evitar quemaduras.

## B.6. Servomotor SG90 (Naylamp Mechatronics SAC, s.f.)



**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**



### MICRO SERVO SG90 1.5KG

#SKU: 000021

Micro servomotor ideal para aprender a utilizar servos RC, su pequeño tamaño permite utilizarlo en múltiples proyectos.

**S/ 10,00**

En stock

- 1 + [Añadir Al Carrito](#)

☆ A Lista De Deseos(1)

Código QR ▼ [Compartir](#) ▼

- Voltaje de alimentación: 3.0 - 7.2V DC
- Velocidad: 0.1seg / 60 grados
- Torque reposo: 1.3Kg.cm (4.8V), 1.6Kg.cm (6.0V)
- Ancho de pulso: 4useg (Dead band)
- Engranajes: Nylon
- Longitud del conductor: 150mm
- Dimensiones: 22\*11.5\*27 mm
- Peso: 9g

## B.7. Sensor MPU9250 (Naylamp Mechatronics SAC, s.f.)



**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**



### MÓDULO MPU9250: ACELERÓMETRO, GIROSCOPIO, MAGNETÓMETRO I2C

#SKU: 000214

El módulo IMU MPU9250 integra tres funcionalidades en un solo módulo: giroscopio, acelerómetro y magnetómetro.

**S/ 60,00**

En stock


- 1 + [Añadir Al Carrito](#)

☆ A Lista De Deseos

Código QR ▼ [Compartir](#) ▼

- Voltaje de operación: 3.3V~5V
- Sensor : MPU9250
- Grados de libertad (DoF): 9
- Rango Acelerómetro: ±2g, ±4g, ±8g, ±16g
- Rango Giroscopio: ±250Grad/Seg, ±500Grad/Seg, ±1000Grad/Seg, ±2000Grad/Seg
- Rango Magnetómetro: ±4800μT
- Interfaz: I2C y SPI
- Convertor AD: 16 Bits (salida digital)
- Regulador de voltaje de 3.3.V integrado en placa
- Dimensiones: 20\*16\*3 mm

## B.8. Buzzer (CUI Devices, s.f.)



### CPE-267

26 mm, 12 V, 85 dB, 2.8 kHz, IP67 Rated, Wire Leads, Driving Circuit, Piezo Audio Indicator Buzzer

[Datasheet](#)   [Product Notifications](#)

The CPE-267 is a waterproof **piezo indicator buzzer** sporting a 25 mm diameter package. With a height of 16 mm, this waterproof buzzer features an IP67 rating and an SPL of 85 dB at 10 cm, making it ideal for a range of industrial and outdoor applications.

Rated Voltage	12
Sound Pressure (dB)	85
Mounting Style	Panel Mount
Curr. Consumption (mA)	35
Rated Frequency (Hz)	2800
Operating Temp Range (°C)	-30 - 80
Shape	Round
Dimensions LxWxH (mm)	25 x 25 x 16
Dimensions LxWxH (in)	0.98 x 0.98 x 0.63
IP Rating	IP67

Información del precio recuperado el 22 de abril del 2023 en:

<https://www.digikey.com/es/products/detail/cui-devices/CPE-267/671238>

### CPE-267

---

**N.º de producto de Digi-Key** 102-1282-ND

**Fabricante** [CUI Devices](#)


**Número de pieza del fabricante** CPE-267

**Descripción** BUZZER PIEZO 12V 25.6MM FLANGE

**Caja**

CANTIDAD	PRECIO POR UNIDAD	PRECIO EXT.
1	\$7.54000	\$7.54

## B.9. Adafruit Neopixel 8x8 (Adafruit Industries, s.f.)



### Adafruit NeoPixel NeoMatrix 8x8 - 64 RGB LED Pixel Matrix

Product ID: 1487

**\$34.95**

### Description

Put on your sunglasses before wiring up this LED matrix - 64 eye-blinking RGB LEDs adorn the NeoMatrix for a blast of configurable color. Arranged in an 8x8 matrix, each pixel is individually addressable. Only one microcontroller pin is required to control all the LEDs, and you get 24 bit color for each LED.

Wiring it up is easy: there are two 3-pin connection ports. Solder wires to the input port and provide 5VDC to the +5V and ground pins, then connect the DIN pin to your microcontroller. If you're using our NeoPixel Arduino library, use digital #6. You'll also need to make a common ground from the 5V power supply to the microcontroller/Arduino. Since each LED can draw as much as 60mA (that's up to 3.5 Amps per panel if all LEDs are on bright white!) we suggest our 5V 2A power supply. For most uses, you'll see about 1-2A of current per panel.

If, say, you need MORE blinky, you can chain these together. For the second shield, connect the DIN connection to the first panel's DOUT. Also connect a ground pin together and power with 5V. There you go! You can chain as many as you'd like although after 4 or more panels you may run low on RAM if you're using an UNO. Watch your power usage too, you may need a 5V 10A power supply for so many of these!

There is a single data line with a very timing-specific protocol. Since the protocol is very sensitive to timing, it requires a real-time microcontroller such as an AVR, Arduino, PIC, mbed, etc. It cannot be used with a Linux-based microcomputer or interpreted microcontroller such as the netduino or Basic Stamp. Our wonderfully-written Neopixel library for Arduino supports these pixels! As it requires hand-tuned assembly it is only for AVR cores but others may have ported this chip driver code so please google around. An 8MHz or faster processor is required.

### Technical Details

Details:

- Dimensions: 71.17mm / 2.8" x 71.17mm / 2.8" x 3.28mm / 0.12"
- Weight: 24.21g



## B.10. Sensor A02YYUW (DFRobot, s.f.)

Sensors / Range & Distance Sensors / A02YYUW Waterproof Ultrasonic Sensor

### A02YYUW Waterproof Ultrasonic Sensor

SKU: SEN0311 Brand: Other Reward Points: 159


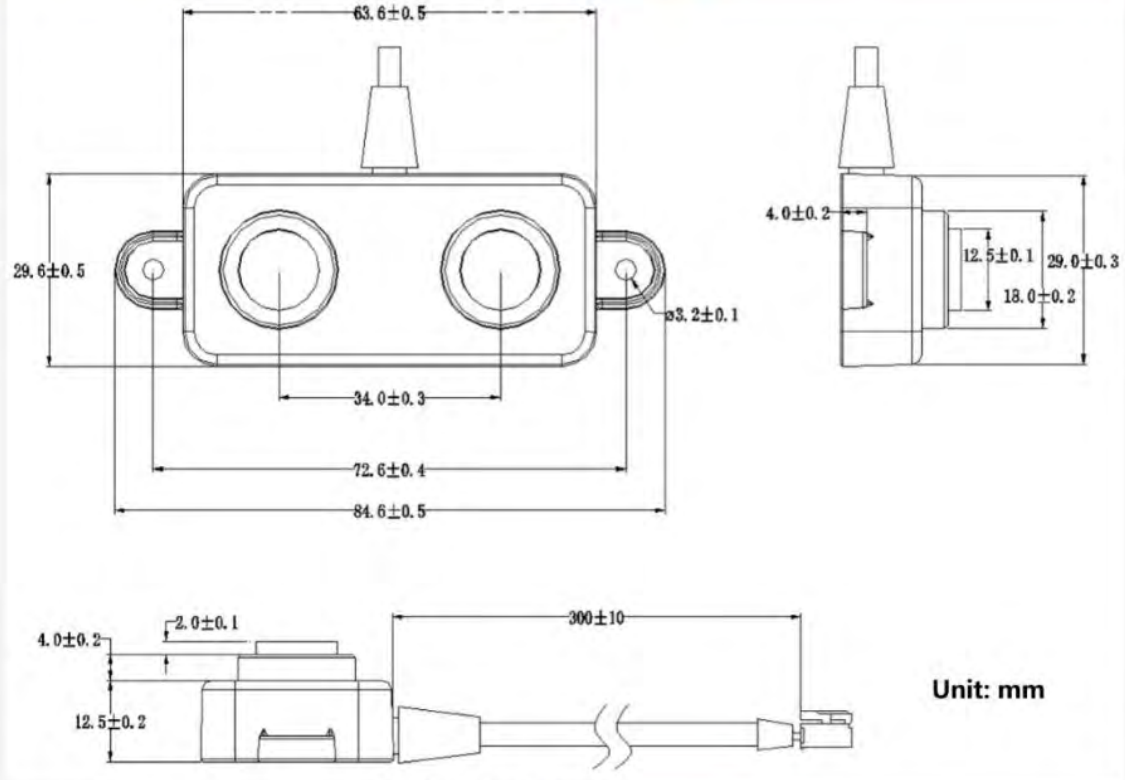
**\$15.90** In Stock

Categories: Sensors All Products Range & Distance Sensors  
Topic: Arduino

Quantity:

[BUY IT NOW](#) [ADD TO CART](#) [❤️](#)

[f](#) [t](#) [+](#)

Technical drawing dimensions (mm):

- Top view: 63.6 ± 0.5 (width), 29.6 ± 0.5 (height), 34.0 ± 0.3 (sensor spacing), 72.6 ± 0.4 (total length), 84.6 ± 0.5 (total length including mounting tabs), 3.2 ± 0.1 (mounting tab width).
- Side view: 4.0 ± 0.2 (height), 12.5 ± 0.1 (sensor height), 18.0 ± 0.2 (sensor depth), 29.0 ± 0.3 (total height).
- Bottom view: 4.0 ± 0.2 (height), 2.0 ± 0.1 (mounting tab width), 300 ± 10 (cable length).


Unit: mm

#### SPECIFICATION

- Accuracy: ±1cm
- Operating Voltage: 3.3~5V
- Average Current: <8mA
- Blind Zone Distance: 3cm
- Detecting Range(Flat object): 3-450cm
- Output: URAT
- Response Time: 100ms
- Operating Temperature: -15~60°C
- Storage Temperature: -25~80°C
- Reference Angle: 60°
- Waterproof Grade: IP67



## B.11. ESP32 devkit V1 30-pin ( Naylamp Mechatronics SAC, 2023)



**OFERTA**

**NODEMCU-32 30-PIN ESP32 WIFI**

#SKU: 000384

Tarjeta de desarrollo perfecta para prototipar rápidamente proyectos IoT con la plataforma ESP32. Posee conectividad WiFi y Bluetooth, además de un poderoso CPU 32-bit de doble núcleo Tensilica Xtensa LX6.

**S/ 45,00**

En stock

- 1 + [Añadir Al Carrito](#)

[Código QR](#) [Compartir](#)

☆ A Lista De Deseos(4)

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

- Voltaje de Alimentación (USB): 5V DC
- Voltaje de Entradas/Salidas: 3.3V DC
- Placa: ESP32 DEVKIT V1 (Espressif)
- SoM: ESP-WROOM-32 (Espressif)
- SoC: ESP32 (ESP32-D0WDQ6)
- CPU: Dual-Core Tensilica Xtensa LX6 (32 bit)
- Frecuencia de Reloj: hasta 240Mhz
- Desempeño: Hasta 600 DMIPS
- Procesador secundario: Permite hacer operaciones básica en modo de ultra bajo consumo
- Wifi: 802.11 b/g/n/e/i (802.11n @ 2.4 GHz hasta 150 Mbit/s)
- Bluetooth: v4.2 BR/EDR and Bluetooth Low Energy (BLE)
- Memoria:
  - 448 KByte ROM
  - 520 KByte SRAM
  - 16 KByte SRAM in RTC
  - QSPI Flash/SRAM, 4 MBytes
- Pines: 30
- Pines Digitales GPIO: 24 (Algunos pines solo como entrada)
- Pines PWM: 16
- Pines Analógicos ADC: 18 (3.3V, 12bit: 4095, tipo SAR, ganancia programable)
- Conversor Digital a Analógico DAC: 2 (8bit)
- UART: 2
- Chip USB-Serial: CP2102
- Antena en PCB
- Seguridad:
  - Estandares IEEE 802.11 incluyendo WFA, WPA/WPA2 and WAPI
  - 1024-bit OTP, up to 768-bit for customers
  - Aceleración criptográfica por hardware: AES, HASH (SHA-2), RSA, ECC, RNG
- Dimensiones: 55\*28 mm

## B.12. Bateria Bluerobotics (Blue Robotics Inc, 2023)



### Lithium-Ion Battery (14.8V, 15.6Ah)

\$330.00

The Lithium-ion Battery (14.8V, 15.6Ah) is a high capacity custom battery pack made from 18650 lithium-ion cells designed for use in the *BlueROV2*, and fits perfectly inside a 3" Watertight Enclosure! This new white version uses Molicel P26A cells and has slightly lower capacity than the original black version, which is currently unavailable due to global battery supply issues.

**⚠** This battery does not include an internal battery management system (BMS) to prevent overdischarging. The battery voltage must be monitored to prevent discharging below the minimum safe voltage level. Please see the Guides section below for more information.

Technical Details
User Guides

In stock

Add to Cart

SKU: BATTERY-LI4S-15.6AH-R1-RP  
HS Code: 8506.50.00

Parameter	Value	
Nominal Voltage	14.8 V	
Nominal Capacity	15.6 Ah	230 Wh
Cell Configuration	4S6P	
Maximum Continuous Current Draw*	60 A	3.8C
Maximum Burst Current Draw (10s)*	132 A	8.5C
Maximum Charge Current	20 A	1.3C
Recommended Charge Current	10 A	0.6C
Minimum Safe Voltage	12 V	3.0 V/Cell
Discharge Connector	XT90S	
Balance Plug	5 pin JST-XH	
Thermistor Plug	2 pin JST-XH	
Thermistor Type	NTC, $\beta = 3435K$	
Thermistor Resistance	$R_{25} = 10k\Omega, \pm 1\%$ (at 25°C)	
Thermistor Working Temperature	-40–110°C	-40–230°F
<b>Physical (Typical)</b>		
Diameter	74.2 ±0.3 mm	2.92 ±0.01 in
Length	146 ±2 mm	5.75 ±0.08 in
Lead Length	75 ±5 mm	2.95 ±0.2 in
Weight	1163 g	2.56 lb

Información del precio del cargador de baterías recuperado el 22 de abril del 2023 en:

<https://www.amazon.com/-/es/Cargador-equilibrio-Descargador-inteligente-adaptador/dp/B07R18YNZQ/>

LiPo Cargador de batería Lipo Cargador de equilibrio RC Cargador de batería de coche RC Descargador de batería 150 W 10 A 1-6S CA/DC para iones de litio/vida/NiCd/NiMH/LiHV/PB/batería inteligente (adaptador de cargador de batería)



Visita la tienda de Haisito  
 ★★★★★ 4.6 1,560 calificaciones | 100 preguntas respondidas  
 Opción Amazon para "lipo battery charger"

-10% **US\$56<sup>99</sup>**  
 Precio recomendado: US\$62.99

Sin depósito de derechos de importación y US\$25.66 de envío a Perú [Detalles](#)

Marca Haisito  
 Color C150-negro  
 Dimensiones del producto 5.71"D x 1.38"W x 3.94"H pulgadas  
 Especificación cumplida UL  
 Voltaje de entrada 240 Voltios (CA)

Sobre este artículo

Información del precio del encapsulado IP67 para batería recuperado el 22 de abril del 2023 en: [https://www.altinkaya.eu/heavy-duty-enclosures/673-se-056?SubmitCurrency=1&id\\_currency=3](https://www.altinkaya.eu/heavy-duty-enclosures/673-se-056?SubmitCurrency=1&id_currency=3)

**SE-056 IP-67 Plastic Heavy Duty Enclosure**


Reference SE-056-0-0-D-0  
 175 x 90 x 100 IP-67 Heavy Duty Enclosure

Top Cover / Clear Lid


Volume discounts

Quantity	Unit price	Percentage
10	\$8.00	%4
50	\$7.83	%6
100	\$7.50	%10
250	\$7.33	%12
1000	\$6.67	%20

**\$8.33**  
 No tax



## B.13. Regulador 5A XL4005 (Naylamp Mechatronics SAC, s.f.)



**CONVERTIDOR VOLTAJE DC-DC STEP-DOWN 5A XL4005**

#SKU: 000049

Permite reducir el voltaje de la forma más eficiente. Voltaje de entrada: 5.0V a 32V DC. Voltaje de salida: 0.8V a 30V DC. Corriente de salida 5A máx.

**S/ 15,00**

En stock

- 1 + [Añadir Al Carrito](#) [Código QR](#) [Compartir](#)

☆ A Lista De Deseos

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

- Convertidor DC-DC Buck: XL4005
- Voltaje de entrada: 5.0V a 32V DC
- Voltaje de salida: 0.8V a 30V DC
- V. Salida ajustable (el voltaje de entrada debe ser por lo menos 1.5V mayor que la salida)
- Corriente de salida: 5A máx., 4.5A recomendado (usar disipador para corrientes mayores a 2.5A)
- Potencia de salida: 50W-70W
- Eficiencia de conversión: 96% máx.
- Regulación de carga: S (I) ≤ 0.8%.
- Regulación de voltaje: S (u) ≤ 0.8%.
- Frecuencia de Trabajo: 300KHz
- Ripple en la salida: 50mV (máx.) 20MHz bandwidth
- Protección de sobre-temperatura: SI (apaga la salida)
- Protección de corto circuito: SI (hasta 8A)
- Protección limitadora de corriente: SI
- Protección frente a inversión de polaridad: NO
- Dimensiones: 43mm\*21mm\*13mm

## B.14. Regulador 5V MT3608 (Naylamp Mechatronics SAC, s.f.)



**CONVERTIDOR VOLTAJE DC-DC STEP-UP 2A MT3608**

#SKU: 000119

Eleva el voltaje con la ayuda de este pequeño módulo boost. Voltaje de entrada: 2V a 24V DC, Voltaje de salida: 5V a 28V DC, Corriente de salida: 2A máx.

**S/ 15,00**

En stock

- 1 + [Añadir Al Carrito](#) [Código QR](#) [Compartir](#)

☆ A Lista De Deseos

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

- Convertidor DC-DC Boost: MT3608
- Voltaje de entrada: 2V a 24V DC
- Voltaje de salida: 5V a 28V DC
- V. Salida ajustable (Regulable por trimmer)
- Corriente de salida: 2A máx. (usar disipador para corrientes mayores a 1.5A)
- Potencia de salida: 6W
- Eficiencia de conversión: 93% máx.
- Frecuencia de Trabajo: 1.2MHz
- Protección de sobre-temperatura: SI (apaga la salida)
- Protección de corto circuito: NO
- Protección limitadora de corriente: SI (4A)
- Protección frente a inversión de polaridad: NO
- Dimensiones: 36mm\*17mm\*7mm

## B.15. Regulador 3.3V AMS1117 (Naylamp Mechatronics SAC, s.f.)



### MÓDULO REGULADOR AMS1117 3.3V

#SKU: 000166

Regula el voltaje a 3.3V con la ayuda de este pequeño módulo

**S/ 3,00**

En stock

1

**INFO** Este regulador lineal es ideal para alimentar módulos y sensores de 3.3V DC. Su pequeño tamaño permite trabajarlo en protoboard o dentro de un case.

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

- Voltaje de Entrada: 4.75V hasta 12V
- Voltaje de Salida: 3.3V
- Corriente: 800mA máx.
- Regulación lineal
- Dimensiones: 36mm\*17mm\*14mm

## B.16. Cargador de baterías Lipo (Naylamp Mechatronics SAC, s.f.)



### MÓDULO CARGADOR DE BATERÍA LITIO TP4056 CON PROTECCIÓN USB-C

#SKU: 000867

Cargador para baterías Li-Ion con conector USB-C

**S/ 8,00**

Agotado

Notificarme cuando esté disponible

Acepto los términos y condiciones y la política de privacidad

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

- Voltaje de alimentación: 4.5V a 5.5V DC
- Cargador tipo: CC/CV (corriente constante/voltaje constante)
- Corriente de carga en CC seteado a 1A (configurable cambiando una resistencia)
- Voltaje de carga en CV: 4.2V
- Precisión de carga 1.5%
- Entrada tipo USB-C
- Led indicador Rojo cuando está cargando
- Led indicador Verde de carga completa
- Atención: NO tiene protección a polaridad inversa
- Chip de carga: TP4056
- Chip de protección: DW01G
- Mosfet de carga/descarga: ML8205A
- Temperatura de trabajo: -10° a 85°C
- Dimensiones: 18\*28 mm
- Peso:

## B.17. Pantalla OLED I2C (Naylamp Mechatronics SAC, s.f.)



**DISPLAY OLED 1.3" I2C 128\*64 SH1106**  
 #SKU: 000638  
 Pequeña y magnífica pantalla OLED de 128\*64 píxeles, perfecta para mostrar espectaculares gráficos en equipos portátiles.

**S/ 35,00**

En stock

- 1 + [Añadir Al Carrito](#) [Código QR](#)

☆ A Lista De Deseos

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

- Voltaje de Operación: 3V – 5.5V DC
- Driver: SH1106
- Interfaz: I2C (dirección I2C: 0x3C)
- Resolución: 128\*64 píxeles
- Monocromo: píxeles blancos (fondo negro)
- Ángulo de visión: 160°
- Área visible (display): 30\*15 mm
- Consumo de energía ultra bajo: 0.04W (cuando están encendidos todos los píxeles)
- Temperatura de trabajo: -30°C ~ 70°C
- Dimensiones: 35\*33\*4 mm
- Peso: 7 gramos

## B.18. Batería LiPo 3000mah (BricoGeek, s.f.)



**Batería Lipo 4000mAh / 3.7V - 606090**  
 Ref: BAT-0033

Batería Lipo (Polymer lithium) de alta calidad y capacidad de 4000mAh, modelo 606090. Este tipo de baterías proporciona una fuente de alimentación muy eficiente. **Protegida con Circuito de Control.**

✓ **Pídelo antes de las 16:00 y recíbelo lunes.**

**13,75 €**  
 Con IVA: 15,64 €

Envíos desde 3.95€ y **GRATIS** para pedidos superiores a 110€.

Cantidad: 1 [-](#) [+](#)

[Añadir al carrito](#)

**Características:**

- Tensión: 3.7V (1C)
- Corriente: 4000mAh
- Dimensiones: 90mm (largo) x 60mm (ancho) x 6mm (espesor)
- Peso: 75g
- Descarga: Menos de 8% por mes
- Rango de temperatura: -25 a 60C

## B.19. Receptor Eachine ROTG01 (Eachine, s.f.)



Eachine ROTG01 Pro UVC OTG 5.8G 150CH Full Channel FPV Receiver W/Audio For Android Smartphone - Black

★★★★★ (0 Reviews)

**US\$15.99** 16% off


[Buy At Banggood](#)

[Add to wishlist \(1\)](#)

**Parameter :**

Brand	Eachine
Model	ROTG01 Pro
Name	UVC OTG FPV Receiver
Channel	150CH
Frequency Range	5645-5945
Sensitivity	-90dBm
Working Current	200mA/5V
Power Supply	5V(by smart phone)
Operating Temperature	-10-60°C
Connector	RP-SMA Female
Weight	About 28g
Size	61*33*0.9 mm
Color	Black/White
Resolution	640*480

## B.20. Microcontrolador Arduino nano USB-C



**ARDUBOARD NANO CH340G USB-C**

#SKU: 001046

Pequeña y práctica tarjeta de desarrollo de microcontrolador ATmega328P lista para trabajar en Protoboard.

Tarjeta open-source compatible con Arduino, no es fabricada por Arduino (INC).

**S/ 35,00**


[Añadir Al Carrito](#) [Codigo QR](#) [Compartir](#)

[A Lista De Deseos\(2\)](#)

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

- Microcontrolador: ATmega328P (8-bit)
- Chip USB: CH340G
- Conector USB: USB-C
- Voltaje de alimentación: 7V - 12V DC
- Voltaje nivel lógico I/O: 5V DC
- Pines digitales I/O: 14 (6 PWM)
- Entradas analógicas: 8 (6 pueden ser I/O digital)
- Corriente máx. por Pin I/O: 40mA
- Memoria FLASH: 32KB (2KB usados por el Bootloader)
- Memoria SRAM: 2KB
- Memoria EEPROM: 1KB
- Frecuencia de Reloj: 16MHz
- Salida de voltaje de 3.3V de ultra baja corriente(max. 1mA)
- Dimensiones: 18.5\*43.2 mm
- Peso: 6.5 gramos


## B.21. Caja electrónica IP-67 (ALTINKAYA, s.f.)



### SE-268 IP-67 Plastic Heavy Duty Enclosure

Reference: SE-268-D-0-D-0  
EAN13: 8608651112405

300 x 230 x 86 mm IP-67 Heavy Duty Enclosure



Top Cover / Clear Lid

Volume discounts

Quantity	Unit price	Percentage
10	\$35.82	%4
50	\$35.08	%6
100	\$33.59	%10
250	\$32.84	%12
1000	\$29.85	%20

\$37.32

No tax



**Data sheet**

Width (A)	175
Length (B)	90
Height (C)	100
Material	ABS
Color	Dark Gray
IP Rating	IP-67
Feature	PC clear cover
Application	Heavy Duty Outdoor
With	Continuous seal
Options	Clear Lid
Hinged	No
Moulded on Cable Glands	No
Flanged	No

MCMXVII



## B.22. Caja electrónica para baterías IP-67 (ALTINKAYA, s.f.)

### SE-056 IP-67 Plastic Heavy Duty Enclosure

Reference: SE-056-0-00-0

175 x 90 x 100 IP-67 Heavy Duty Enclosure

Top Cover / Clear Lid:

Volume discounts

Quantity	Unit price	Percentage
10	€7.01	%0
50	€6.87	%5
100	€6.57	%10
250	€6.43	%12
1000	€5.84	%20

**€7.30**

Price

- 1 +

ADD TO CART

**Data sheet**

Width (A)	175
Length (B)	90
Height (C)	100
Material	ABS
Color	Dark Gray
IP Rating	IP-67
Feature	PC clear cover
Application	Heavy Duty Outdoor
With	Continuous seal
Options	Clear Lid
Hinged	No
Moulded on Cable Glands	No
Flanged	No

## Anexo C: Piezas de fabricación 3D

Las piezas de fabricación 3D para este proyecto serán realizadas siguiendo los siguientes criterios:

- El filamento de impresión es PLA de 1.75mm.
- El precio por kilogramo de material es de 65 soles.
- La configuración de la impresora consistirá en una boquilla de 0.4mm, acabado de 0.20mm por capa y relleno de 20%.
- La hora de impresión costará 0.8 soles

A continuación, se listan las piezas diseñadas durante el proyecto que serán elaboradas mediante impresión 3D, el cálculo se realizará usando como apoyo el software de código abierto PrusaSlicer.

### C.1. Carcasa posterior

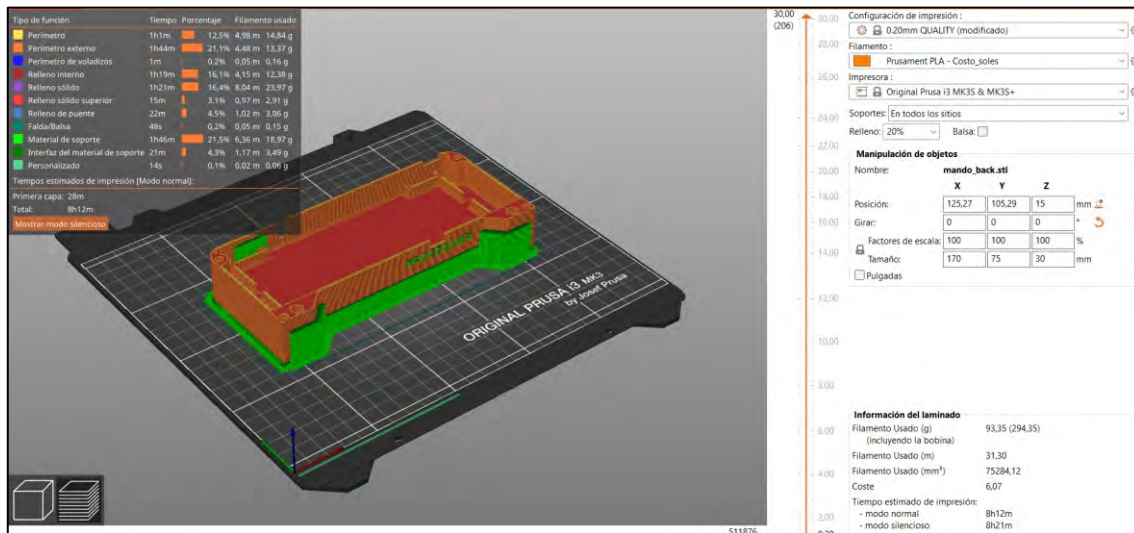
The screenshot displays the PrusaSlicer interface. On the left, a table lists various print settings and their corresponding values:

Tipo de función	Tiempo	Porcentaje	Filamento usado
Perímetro	22m	0.2%	1.25 m, 2.96 g
Perímetro externo	41m	0.3%	1.63 m, 3.84 g
Perímetro de voladizos	24s	0.2%	0.02 m, 0.56 g
Relleno interno	18m	16.5%	0.60 m, 1.80 g
Relleno sólido	33m	18.9%	2.24 m, 6.67 g
Relleno sólido superior	5m	2.0%	0.28 m, 0.84 g
Relleno de puente	70s	3.9%	0.20 m, 0.50 g
Falsa/Ralga	35s	0.3%	0.03 m, 0.10 g
Material de soporte	35m	22.8%	1.62 m, 4.89 g
Interfaz del material de soporte	4m	3.7%	0.25 m, 0.74 g
Personalizado	13s	0.1%	0.02 m, 0.06 g

Below this table, it shows 'Tiempo estimado de impresión (Modo normal): Primera capa: 12m, Total: 2h53m'. On the right, the 'Configuración de impresión' panel shows settings for '0.20mm QUALITY (modificado)', 'Prusament PLA - Costo\_soles', and 'Original Prusa i3 MK3S & MK3S+'. The 'Manipulación de objetos' section shows the file name 'partitt\_3\_Domylna.stl' and its dimensions (30.5 x 37.6 x 24.3 mm). The 'Información del laminado' section provides summary statistics: Filamento Usado (g): 24.83 (225.83), Filamento Usado (m): 8.33, Filamento Usado (mm³): 20025.66, Coste: 1.61, and Tiempo estimado de impresión: 2h53m (modo normal) and 2h56m (modo silencioso).

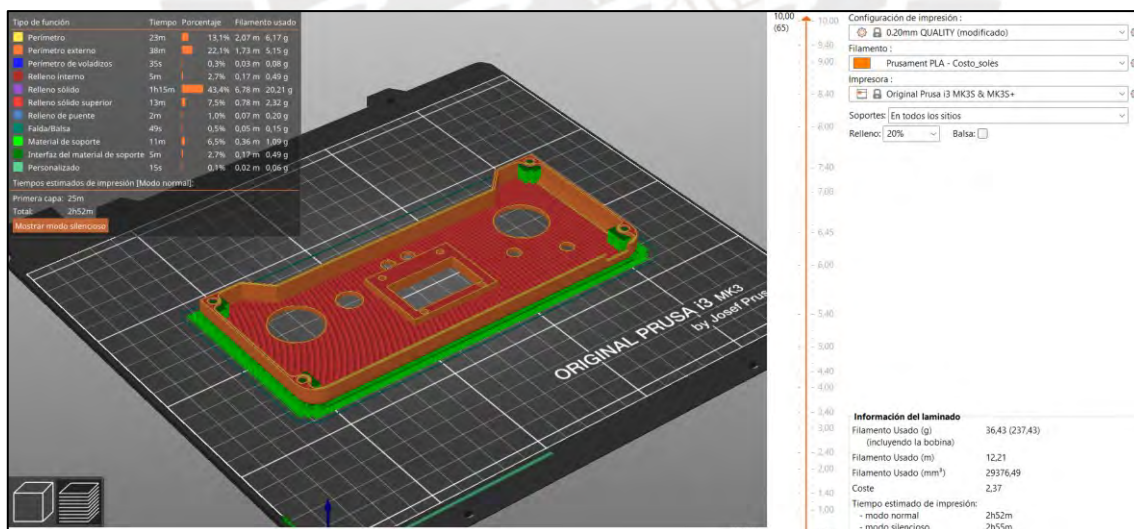
$$\text{Costo} = 1.61 + (3\text{horas} * 0.8\text{soles.hora}) = 4.01 \text{ soles}$$

## C.2. Carcasa posterior



$$\text{Costo} = 6.07 + (8\text{horas} * 0.8\text{soles.hora}) = 12.47 \text{ soles}$$

## C.3. Carcasa frontal



$$\text{Costo} = 2.37 + (3\text{horas} * 0.8\text{soles.hora}) = 4.77 \text{ soles}$$

## C.4. Eslabones

**Configuración de impresión:**

- Filamento: 0,20mm QUALITY (modificado)
- Filamento: Prusament PLA - Costo\_soles
- Impresora: Original Prusa i3 MK3S & MK3S+
- Soportes: En todos los sitios
- Relleno: 20% Balsa:

**Manipulación de objetos**

Nombre: pivot\_official.stl

	X	Y	Z	
Posición:	90	100	1,8	mm
Girar:	0	0	0	°
Factores de escala:	100	100	100	%
Tamaño:	8	23,8	3,6	mm

Pulgadas

**Información del laminado**

Filamento Usado (g)	1,31 (202,31)
Filamento Usado (m)	0,44
Filamento Usado (mm <sup>3</sup> )	1055,75
Coste	0,09
Tiempo estimado de impresión:	
- modo normal	9m
- modo silencioso	9m

Exportar código G

$$\text{Costo} = 0.09 + (0.1 \text{ horas} * 0.8 \text{ soles.hora}) = 0.17 \text{ soles}$$

## C.5. Soportes de teléfono

**Configuración de impresión:**

- Filamento: 0,20mm QUALITY (modificado)
- Filamento: Prusament PLA - Costo\_soles
- Impresora: Original Prusa i3 MK3S & MK3S+
- Soportes: En todos los sitios
- Relleno: 20% Balsa:

**Manipulación de objetos**

Nombre: R\_gripper.stl

	X	Y	Z	
Posición:	100	130	10	mm
Girar:	0	0	0	°
Factores de escala:	100	100	100	%
Tamaño:	65	28	20	mm

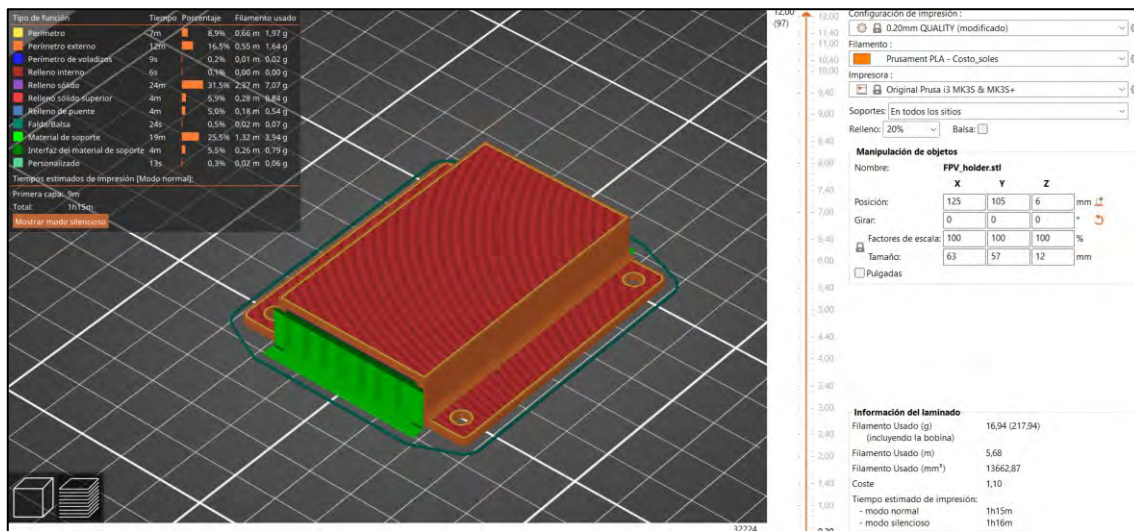
Pulgadas

**Información del laminado**

Filamento Usado (g)	29,36 (230,36)
Filamento Usado (m)	9,84
Filamento Usado (mm <sup>3</sup> )	23679,06
Coste	1,91
Tiempo estimado de impresión:	
- modo normal	3h7m
- modo silencioso	3h9m

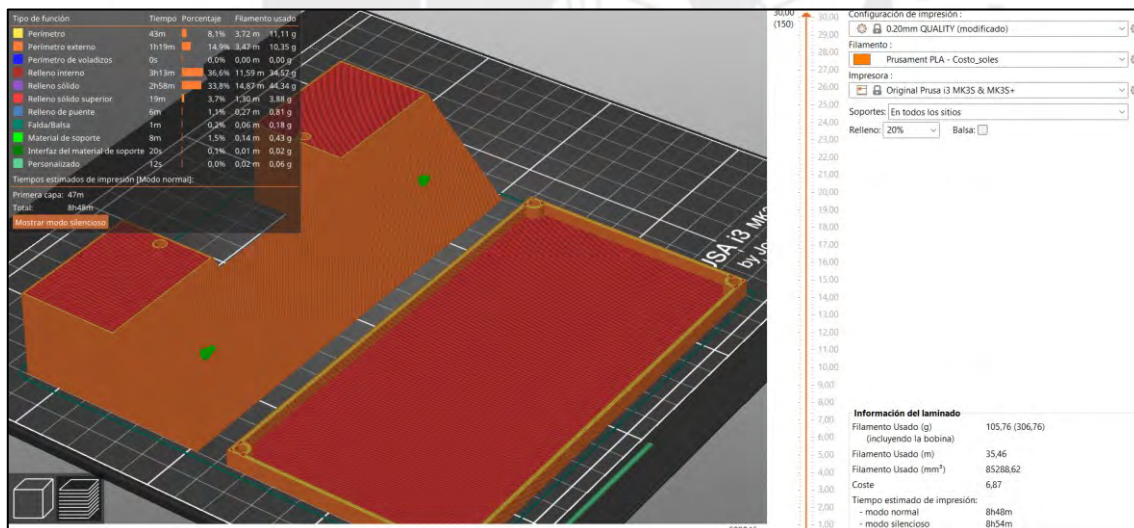
$$\text{Costo} = 1.91 + (3 \text{ horas} * 0.8 \text{ soles.hora}) = 4.39 \text{ soles}$$

## C.6. Soporte posterior para receptor FPV



$$\text{Costo} = 1.10 + (1.25 \text{ horas} * 0.8 \text{ soles.hora}) = 2.66 \text{ soles}$$

## C.7. Soporte de luces led y sensor ultrasónico frontal



$$\text{Costo} = 6.87 + (8.75 \text{ horas} * 0.8 \text{ soles.hora}) = 13.87 \text{ soles}$$

## C.8. Soporte de sensor ultrasónico posterior

The screenshot displays a 3D printing software interface. On the left, a table shows the breakdown of filament usage for different parts of the print:

Tipo de función	Tiempo	Porcentaje	Filamento usado
Perímetro	5m	3,5%	0,38 m, 1,12 g
Perímetro externo	9m	6,0%	0,37 m, 1,10 g
Relleno interno	37m	25,5%	2,31 m, 6,58 g
Relleno sólido	10m	42,4%	6,92 m, 18,85 g
Relleno sólido superior	12m	8,3%	0,79 m, 2,36 g
Relleno de puente	17m	11,9%	0,79 m, 2,36 g
Falda/Baba	29s	0,5%	0,04 m, 0,11 g
Personalizada	13s	0,5%	0,02 m, 0,06 g

Additional information shown includes: Primera capa: 23m, Total: 2h19m, and a button for 'Mostrar modo silencioso'.

On the right, the printer configuration panel shows: Configuración de impresión: 0,2mm QUALITY (modificado), Filamento: Prusament PLA - Costo\_soles, Impresora: Original Prusa i3 MK3S & MK3S+, Soportes: En todos los sitios, Relleno: 20%, Balsa: [ ].

The 'Manipulación de objetos' panel shows the object name 'Soporte\_ultrasonido.stl' and its position (X: 125, Y: 105, Z: 2,5 mm), rotation (0, 0, 0), and scale factors (100, 100, 100 %).

The 'Información del laminado' panel provides the following data:

Métrica	Valor
Filamento Usado (g)	32,84 (233,84)
(incluyendo la bobina)	
Filamento Usado (m)	11,01
Filamento Usado (mm <sup>3</sup> )	26482,40
Coste	2,13
Tiempo estimado de impresión:	
- modo normal	2h19m
- modo silencioso	2h23m

$$\text{Costo} = 2,13 + (2,25 \text{ horas} * 0,8 \text{ soles.hora}) = 3,93 \text{ soles}$$



## Anexo D: Código de programación de microcontroladores

### C.9. Código del mando de monitoreo y control

```
//CODIGO DEL MANDO DE CONTROL - CONTROLADOR ARDUINO NANO
#include <SPI.h>//PERMITE USAR EL BUS SPI
#include <nRF24L01.h>//PERMITE USAR EL TRANSECTOR
#include <RF24.h>//PERMITE USAR EL TRANSECTOR
#include "U8glib.h"//PERMITE USAR LA PANTALLA OLED

//DECLARACIÓN DE PANTALLA OLES EN PUERTO I2C
U8GLIB_SSD1306_128X64 u8g(U8G_I2C_OPT_DEV_0|U8G_I2C_OPT_NO_ACK|U8G_I2C_OPT_FAST);
//DECLARACIÓN DE LA CLAVE DE CANALES DE COMUNICACIÓN DEL TRANSECTOR
const byte addresses[][6] = {"Node1","Node2"};

// DATA QUE ENVIA EL MANDO (ESTRUCTURA)
struct Packet_Tx {
  int potencia_motor;
  int direccion_x;
  int direccion_y;
  int camara_pan;
  int camara_tilt;
  bool estado_luces;
  bool estado_zumbador;
};

//DATA QUE RECIBE EL MANDO (ESTRUCTURA)
struct Packet_Rx {
  int bateria;
  int velocidad;
  int distancia;
  int almacenamiento;
};

//VARIABLES DE LOS PAQUETES DE DATOS
Packet_Tx dataTx; Packet_Rx dataRx;

//PINES DE CONEXIÓN:
//TRANSECTOR (SPI):[SCK - D13; MOSI - D11; MISO - D12]
//PANTALLA (I2C): [SCL - A5; SDA - pin A4]
#define JSTCK1_X A0 //CAMARA PAN
#define JSTCK1_Y A1 //CAMARA TILT
#define JSTCK1_BTN 2 //LUCES
#define JSTCK2_X A2 //PROPULSOR AVANCE
#define JSTCK2_Y A3 //PROPULSOR LATERAL
#define JSTCK2_BTN 3 //BOTON SIN FUNCION
#define BAT_PIN A6 //SEÑAL DE BATERIA
#define POT_PIN A7 //POTENCIA MOTOR
#define CE_PIN 4 //PIN CE
#define CSN_PIN 5 //PIN CSN
```

```

#define BTN_SIRENA 7 //BOTON SIRENA
#define BTN_1 8 //BOTON SIN FUNCION
#define BTN_PLUS 9 //BOTON PANTALLA 1
#define BTN_MINUS 10 //BOTON PANTALLA 2
#define BZZ_PIN 6 //BOTON ZUMBADOR

RF24 radio(CE_PIN,CSN_PIN);//CE,CSN

//OTRAS VARIABLES
char ppstxmsg[16];//CADENA DE PPS_TX
char ppsrxmsg[16];//CADENA DE PPS_RX
char bat_mando[16];//CADENA DE BATERIA MANDO
char bat_vehiculo[16];//CADENA DE BATERIA MANDO
char propulsores_char[16];//CADENA PROPULSORES
char velocidad_char[16];//CADENA VELOCIDAD
char almacenamiento_char[16];//CADENA ALMACENAMIENTO
char barrido[16];//CADENA BARRIDO
unsigned long lastTick = 0; //Para guardar tiempo
unsigned long packetCountTotal = 0; //Para contar paquetes
unsigned long packetsRead = 0; //Para contar paquetes
unsigned long now = 0; //Para guardar tiempo
bool luces = LOW;
int previousButtonState; // el estado previo del botón de luces
int presentButtonState; // el estado actual del boton de luces
int Pantalla_nro = 0; //la pantalla inicial es "0"
int btn_plus_previousState; // el estado previo del botón +
int btn_plus_presentState; // el estado actual del boton de +
int btn_minus_previousState; // el estado previo del botón +
int btn_minus_presentState; // el estado actual del boton de +
float bateria = 0;

void setup() {
  //INICIALIZACIÓN DE VARIABLES
  memset(&dataTx, 0, sizeof(Packet_Tx));
  memset(&dataRx, 0, sizeof(Packet_Rx));
  //CONFIGURACIÓN DE TRANSECTOR: VELOCIDAD MÁXIMA Y POTENCIA MÁXIMA
  radio.begin();
  radio.setAutoAck(false);
  radio.setPALevel(RF24_PA_MAX);
  radio.setDataRate(RF24_2MBPS);
  radio.openWritingPipe(addresses[0]);
  radio.openReadingPipe(1, addresses[1]);
  //CONFIGURACIÓN DE PANTALLA
  u8g.setColorIndex(1);
  u8g.setFont(u8g_font_fur11);
  //PULLUP A BOTONES
  pinMode(BTN_SIRENA, INPUT_PULLUP);
  pinMode(BTN_PLUS, INPUT_PULLUP);

```



```

pinMode(BTN_MINUS, INPUT_PULLUP);
pinMode(JSTCK1_BTN, INPUT_PULLUP);
//pinMode(BTN_1, INPUT_PULLUP); //sin uso
//pinMode(JSTCK2_BTN, INPUT_PULLUP); //sin uso
presentButtonState = digitalRead(JSTCK1_BTN);//HIGH
btn_plus_presentState = digitalRead(BTN_PLUS);// HIGH
btn_minus_presentState = digitalRead(BTN_MINUS);//HIGH
pinMode(BZZ_PIN, OUTPUT);
}

void loop() {
//ETAPA DE ESCRITURA
now = millis();
radio.stopListening();
Leer_variables(); //FUNCIÓN PARA LEER PERIFERICOS
//SE ENVIA LA SEÑAL REGISTRADA
radio.write(&dataTx, sizeof(Packet_Tx));
packetCountTotal++;
// ETAPA DE LECTURA
radio.startListening();
delay(1);
if ( radio.available()
{
while (radio.available())
{
radio.read( &dataRx, sizeof(Packet_Rx));//RECIBÍ DATOS
packetsRead++;
}
}
Visualizar_Salidas(Pantalla_nro);
}

void Leer_variables(){
//se lee el valor de perifericos y se guarda en la estructura de datos
dataTx.camara_pan = analogRead(JSTCK1_X);
dataTx.camara_tilt = analogRead(JSTCK1_Y);
dataTx.direccion_x = analogRead(JSTCK2_X);
dataTx.direccion_y = analogRead(JSTCK2_Y);
dataTx.potencia_motor = analogRead(POT_PIN);
dataTx.estado_zumbador = digitalRead(BTN_SIRENA);
//Las luces funcionan en modo "TOGGLE"
previousButtonState = presentButtonState; //actualizar estado anterior
presentButtonState = digitalRead(JSTCK1_BTN); //leer nuevo estado del pin luces
if(previousButtonState == HIGH && presentButtonState == LOW) //Si boton se presiona
{
luces = !luces; // luces cambia de estado
dataTx.estado_luces = luces;
}
}

```

```

//Otros perifericos que se leen
bateria = (((analogRead(BAT_PIN)*5.0)/1023)-3)/1.2)*100;
//Los botones "+" y "-" se usa para navegar entre 4 pantallas
btn_minus_previousState = btn_minus_presentState;
btn_plus_previousState = btn_plus_presentState;
btn_minus_presentState = digitalRead(BTN_MINUS);//HIGH
btn_plus_presentState = digitalRead(BTN_PLUS);// HIGH
//"- " retrocede pantallas, si baja de 0 para a 3
if(btn_minus_previousState == HIGH && btn_minus_presentState == LOW) //Si boton se presiona
{
  Pantalla_nro = Pantalla_nro--; // pantalla anterior
  if (Pantalla_nro == -1){
    Pantalla_nro = 3;
  }
}
//"+ " avanza pantallas, si sube de 3 para a 0
if(btn_plus_previousState == HIGH && btn_plus_presentState == LOW) //Si boton se presiona
{
  Pantalla_nro = Pantalla_nro++; // pantalla anterior
  if (Pantalla_nro == 4){
    Pantalla_nro = 0;
  }
}
}

void Visualizar_Salidas(int Nro_pant){
  //PARA OPTIMIZAR, LA PANTALLA SE ACTUALIZA SOLO 1 VEZ POR SEGUNDO
if ( now - lastTick >= 1000 ) {
  switch (Nro_pant)
  {
    case 0:
      draw_PPS();
      break;
    case 1:
      draw_BAT();
      break;
    case 2:
      draw_SPEED();
      break;
    case 3:
      draw_Almacenamiento();
      break;
    default:
      break;
  }
  lastTick = now;
  packetCountTotal = 0;
  packetsRead = 0;
}

```

```

}
}

void draw_PPS() {
    //convierto a string las variables a imprimir
    sprintf(ppstxmsg, "PPS-Tx: %02ld", packetCountTotal);
    sprintf(ppsrxmsg, "PPS-Rx: %02ld", packetsRead);
    u8g.firstPage();
    do {
        u8g.drawStr( 2, 16, "PAQ. ENVIADOS");
        u8g.drawStr( 2, 32, ppstxmsg);
        u8g.drawStr( 2, 48, "PAQ. RECIBIDOS");
        u8g.drawStr( 2, 64, ppsrxmsg);
    }
    while( u8g.nextPage() );
}

void draw_BAT() {
    //convierto a string las variables a imprimir
    dtostrf(bateria,4,0, bat_mando);
    dtostrf(dataRx.bateria,4,0, bat_vehiculo);
    u8g.firstPage();
    do {
        u8g.drawStr( 2, 16, "BATT. MANDO");//0 a 100
        u8g.drawStr( 2, 32, bat_mando);
        u8g.drawStr( 2, 48, "BATT. VEHICULO");
        u8g.drawStr( 2, 64, bat_vehiculo);;
    }
    while( u8g.nextPage() );
}

void draw_SPEED() {
    //convierto a string las variables a imprimir
    dtostrf(dataTx.potencia_motor,4,0, propulsores_char);//0 a 1023
    dtostrf(dataRx.velocidad,4,0, velocidad_char);
    u8g.firstPage();
    do {
        u8g.drawStr( 2, 16, "POT. PROPULSORES");
        u8g.drawStr( 2, 32, propulsores_char);
        u8g.drawStr( 2, 48, "VEL. VEHICULO");
        u8g.drawStr( 2, 64, velocidad_char);
    }
    while( u8g.nextPage() );
}

void draw_Almacenamiento() {
    //RX_almacenamiento llega como "int" entre 0 y 5
    //0 es vacío
    //1 es medio lleno
    //2 es lleno
    //3 es muy lleno

```

```
//4 es REBOSE
//5 es Obstrucción
//Area barrida llega en km
dataRx.distancia = dataRx.distancia *0.00055;
dtostrf(dataRx.distancia,4,0, barrido);
switch (dataRx.almacenamiento)
{
  case 0:
    sprintf(almacenamiento_char, "VACIO");
    break;
  case 1:
    sprintf(almacenamiento_char, "MEDIO LLENO");
    break;
  case 2:
    sprintf(almacenamiento_char, "LLENO");
    break;
  case 3:
    sprintf(almacenamiento_char, "MUY LLENO");
    break;
  case 4:
    sprintf(almacenamiento_char, "REBOSE");
    break;
  case 5:
    sprintf(almacenamiento_char, "OBSTRUCCION");
    break;
  default:
    sprintf(almacenamiento_char, "ERROR");
    break;
}
u8g.firstPage();
do {
  u8g.drawStr( 2, 16, "RECOLECTOR:");
  u8g.drawStr( 2, 32, almacenamiento_char);
  u8g.drawStr( 2, 48, "AREA BARRIDA:");
  u8g.drawStr( 2, 64, barrido);
}
while( u8g.nextPage() );
}
```

## C.10. Código del vehículo recolector

```
//CODIGO DEL VEHÍCULO RECOLECTOR - CONTROLADOR ESP32
#include <SPI.h>           //comunicacion
#include <nRF24L01.h>      //comunicacion
#include <RF24.h>         //comunicacion
#include <Servo.h>        //control servos sg90 y T200
#include <Adafruit_NeoPixel.h> //control neopixel
#include <bittable.h>     //control neopixel
#include <pins.h>         //control neopixel
#include "MPU9250.h"      //PERMITE USAR EL IMU
#include <SoftwareSerial.h> //PERMITE COMUNICACIÓN SERIAL

//DECLARACIÓN DE LA CLAVE DE CANALES DE COMUNICACIÓN DEL TRANSCEPTOR
const byte addresses[][6] = { "Node1", "Node2" };

// DATA QUE RECIBE EL VEHICULO (ESTRUCTURA)
struct Packet_Rx {
  int potencia_motor;
  int direccion_x;
  int direccion_y;
  int camara_pan;
  int camara_tilt;
  bool estado_luces;
  bool estado_zumbador;
};

// DATA QUE ENVIA EL VEHICULO (ESTRUCTURA)
struct Packet_Tx {
  int bateria;
  int velocidad;
  int distancia;
  int almacenamiento;
};

//VARIABLES DE LOS PAQUETES DE DATOS
Packet_Rx dataRx;
Packet_Tx dataTx;

//PINES DE CONEXIÓN:
//TRANSCEPTOR (SPI):[SCK - D9; MOSI - D10; MISO - D12]
#define UART1_RX 3 //UART RX 1
#define UART1_TX 1 //UART TX 1
#define UART2_RX 16 //UART RX 1
#define UART2_TX 17 //UART TX 1
#define SCL_PIN 22 //I2C SCL - IMU
#define SDA_PIN 21 //I2C SDA - IMU
#define SERVO1_PIN 12 //PIN SERVO - PAN
#define SERVO2_PIN 13 //PIN SERVO - TILT
#define PROP1_PIN 27 //PROP DERECHO
#define PROP2_PIN 14 //PROP IZQUIERDO
```

```

#define LED_PIN 26 //SEÑAL DE LED
#define BATT_PIN 25 //SEÑAL DE BATERIA
#define CE_PIN 4 //PIN CE
#define CSN_PIN 5 //PIN CSN
#define BUZZER_PIN 33 //PIN CSN

RF24 radio(CE_PIN, CSN_PIN); //CE,CSN
//DECLARACION DE ULTRASONICO 1 Y 2
SoftwareSerial Sensor_US1(UART1_RX, UART1_TX); // RX, TX
SoftwareSerial Sensor_US2(UART2_RX, UART2_TX); // RX, TX

#define NUMPIXELS 128 // 128 LEDS EN PARALELO
Adafruit_NeoPixel pixels(NUMPIXELS, LED_PIN, NEO_GRB + NEO_KHZ800);

Servo servo_pan;
Servo servo_tilt;
Servo Prop_D_PWM;
Servo Prop_I_PWM;

//OTRAS VARIABLES
unsigned long lastTick = 0;
unsigned long packetCountTotal = 0;
unsigned long packetsSend = 0;
unsigned long packetsRead = 0;
unsigned long lastScreenUpdate = 0;
unsigned long lastRecvTime = 0;
int angulo_servo_pan = 0;
int angulo_servo_tilt = 0;
float pot_max = 0;
float imp_prop_i = 0;
float imp_prop_d = 0;
float pot_tot_d = 0;
float pot_tot_i = 0;

void setup() {
//INICIALIZACION DE VARIABLES
memset(&dataRx, 0, sizeof(Packet_Rx));
memset(&dataTx, 0, sizeof(Packet_Tx));
//CONFIGURACIÓN DE TRANSECTOR: VELOCIDAD MÁXIMA Y POTENCIA MÁXIMA
radio.begin();
radio.setAutoAck(false);
radio.setPALevel(RF24_PA_MAX);
radio.setDataRate(RF24_2MBPS);
radio.openReadingPipe(1, addresses[0]);
radio.openWritingPipe(addresses[1]);
radio.startListening();

pixels.begin(); // INICIALIZAR NEOPIXES

```

```

pixels.clear(); // apagar pixeles

//Asignar pin a servos y angulo predeterminado de 90°
servo_pan.attach(SERVO1_PIN);
servo_pan.write(90);
servo_tilt.attach(SERVO2_PIN);
servo_tilt.write(90);
//Asignar propulsores brushless a potencia predeterminada de detenido
Prop_D_PWM.attach(PROPI_PIN);
Prop_I_PWM.attach(PROP2_PIN);
Prop_D_PWM.writeMicroseconds(1500);
Prop_I_PWM.writeMicroseconds(1500);

pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);

//INICIALIZO PUERTOS UART
Sensor_US1.begin(9600);
unsigned char dataUS1[4] = {};
float distancia1_posterior;
Sensor_US1.begin(9600);
unsigned char dataUS1[4] = {};
float distancia2_frontal;
}

void loop() {
//CADA SEGUNDO REGISTRO LOS SENSORES, SIN IMPORTAR COMUNICACION
unsigned long now = millis();
if (now - lastTick >= 1000) {
  Registrar_sensores();
  lastTick = now;
}
//BUSCO DATOS DE ENTRADA
if (radio.available()) {
  //SECUENCIA DE LECTURA
  while (radio.available()) {
    radio.read(&dataRx, sizeof(Packet_Rx));
    packetsRead++;
    lastRecvTime = millis();
  }
  //SECUENCIA DE ESCRITURA
  radio.stopListening(); // Start of WRITING
  radio.write(&dataTx, sizeof(Packet_Tx));
  packetsSend++;
  //ACTUALIZO ACTUADORES CON VALOR RECIBIDO
  Actualizar_actuadores();
  radio.startListening(); //REGRESA AL ESTADO DE LECTURA
}
//EN CASO NO ENCUENTRE O PIERDA COMUNICACIÓN

```

```

else {
  //SI NO HE RECIBIDO PAQUETES NUNCA; LUZ AMARILLA
  if ((packetsRead == 0) & (now < 1000)) {
    for (int i = 0; i < NUMPIXELS; i++) {
      pixels.setPixelColor(i, pixels.Color(255, 255, 0)); //AMARILLO
      pixels.show(); //ENCENDER
    }
  }
  //SI MIS PAQUETES NO HAN AUMENTADO DESPUES DE UN SEGUNDO
  //LUZ ROJA Y ALARMA
  if (now - lastTick >= 1000) {
    digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH); //ALARMA HIGH
    for (int i = 0; i < NUMPIXELS; i++) {
      pixels.setPixelColor(i, pixels.Color(255, 0, 0)); //ROJO
      pixels.show(); //ENCENDER
    }
  }
}
//FUNCIONES
void Registrar_sensores() {
  //Registrar bateria
  dataTx.bateria = (((analogRead(BAT_PIN) * 5.0) / 1023) - 3) / 1.2 * 100;
  //REGISTRAR velocidad y distancia
  IMU.readSensor();
  //Luego de realizar la función IMU.readSensor(), el arreglo IMU
  //ya posee los datos de aceleración, se debe programar la
  //integración para estimar velocidad
  //y doble integración para estimar distancia
  //REGISTRAR Ultrasonico 1 y 2
  do {
    for (int i = 0; i < 4; i++) {
      dataUS1[i] = Sensor_US1.read();
    }
  } while (Sensor_US1.read() == 0xff);
  Sensor_US1.flush();
  distancia1_posterior = (dataUS1[1] << 8) + dataUS1[2]; //milimetros
  do {
    for (int i = 0; i < 4; i++) {
      dataUS2[i] = Sensor_US2.read();
    }
  } while (Sensor_US2.read() == 0xff);
  Sensor_US2.flush();
  distancia2_frontal = (dataUS2[1] << 8) + dataUS2[2]; //milimetros
  //Calcular estado almacenamiento
  /*
  SE APLICA LO EVALUADO EN EL DOMINIO DE CONTROL DEL VEHICULO
  */
}

```



```

}
void Actualizar_actuadores() {
  //ACTUALIZAR ZUMBADOR
  digitalWrite(BUZZER_PIN, dataRx.estado_zumbador);
  //ACTUALIZAR LUCES
  if (dataRx.estado_luces == 1) { //si la orden es encender luces
    for (int i = 0; i < NUMPIXELS; i++) {
      pixels.setPixelColor(i, pixels.Color(255, 255, 255)); //blanco
      pixels.show(); //ENCENDER
    }
  } else {
    pixels.clear(); // apagar pixeles
  }
}
//ACTUALIZAR CÁMARA PAN-TILT
//el joystick_pan y joystick_tilt asignan valores entre 0 y 1023
// 0 es a 0° como 1023 es a 360°
//por lo tanto, a la variable que llega, se le divide entre 2.85
//y ese valor reflejara el angulo
angulo_servo_pan = dataRx.camara_pan / 2.85;
angulo_servo_tilt = dataRx.camara_tilt / 2.85;
servo_pan.write(angulo_servo_pan);
servo_tilt.write(angulo_servo_tilt);

//CALCULAR VALOR EN CADA PROPULSOR

//La potencia que envia el mando es un factor entre 0 y 1023
//Los propulsores deben recibir ondas PWM entre 1200 y 1750
//Para ambos propulsores
pot_max = dataRx.potencia_motor * 100 / 1023; // 0 a 100%
//La impulsión del propulsor se calcula entre -100% y 100%
//Pero el mando solo envia valores entre 0 y 1023 de dirección X e Y
//Y regula entre -100 y 100
//X entre 0 y 512 altera a M_izq y de 512 a 1023 altera a M_der
if (dataRx.direccion_x < 512) {
  imp_prop_i = ((dataRx.direccion_y - 512) * 100 / 512) * ((dataRx.direccion_y - 512) / 512); //float
  imp_prop_d = ((dataRx.direccion_y - 512) * 100 / 512); //float
} else {
  imp_prop_d = ((dataRx.direccion_y - 512) * 100 / 512) * ((dataRx.direccion_y - 512) / 512); //float
  imp_prop_i = ((dataRx.direccion_y - 512) * 100 / 512); //float
}
//Ahora los impulsores se encuentran en valores entre -100 y 100
//y la potencia máxima entre 0 y 100
//Se va a reducir en el rango -1 a 1
pot_tot_d = pot_max / 100 * imp_prop_d / 100;
pot_tot_i = pot_max / 100 * imp_prop_i / 100;

//Si la potencia es 0, el valor de PWM de motores no cambia

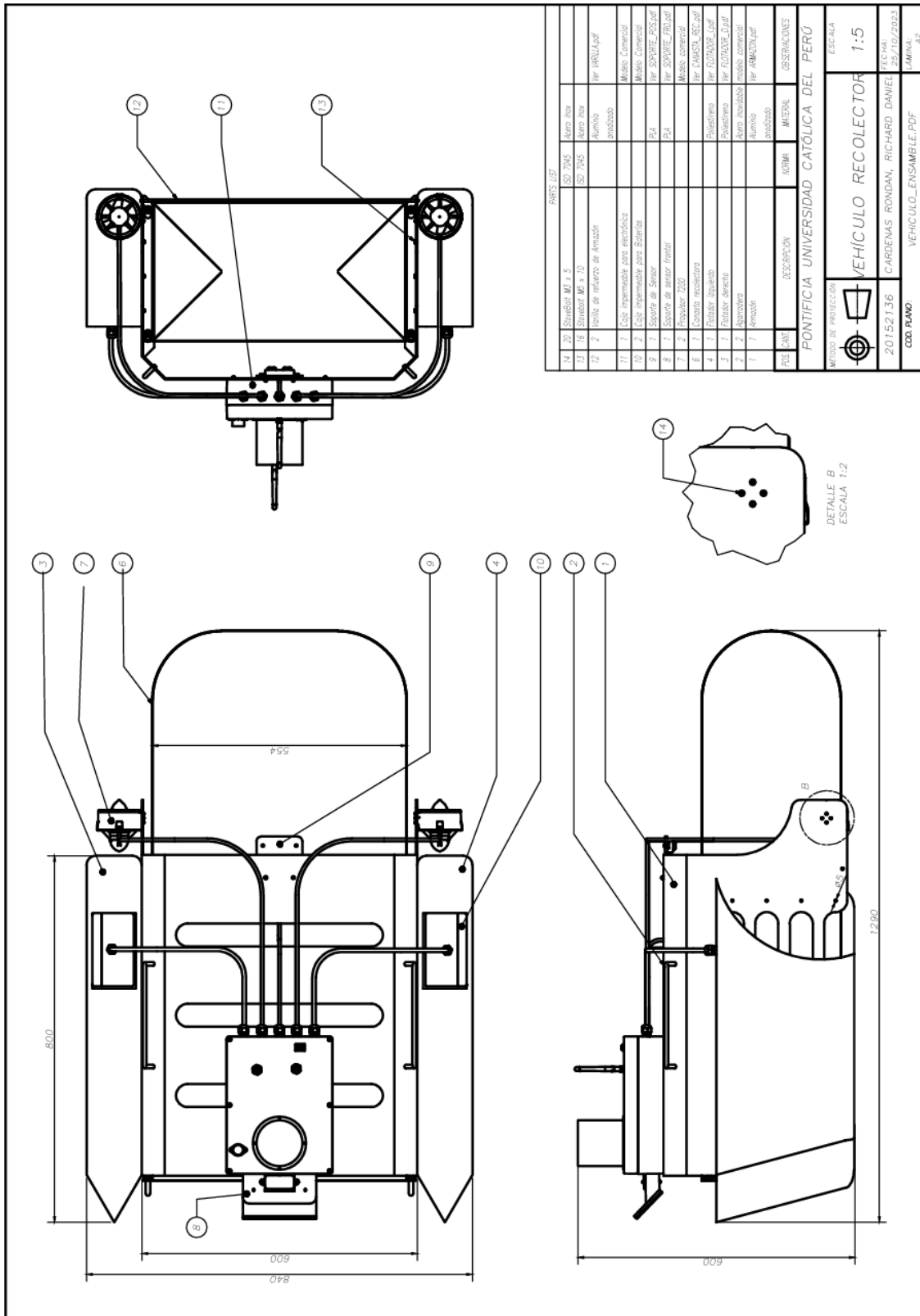
```

```
if (pot_max == 0) {
  Prop_D_PWM.writeMicroseconds(1500);
  Prop_I_PWM.writeMicroseconds(1500);
} else {
  //para el derecho
  if (pot_tot_d >= 0) {
    int D_pwm = (1750 - 1500) * int(pot_tot_d) + 1500; //float a int
  } else {
    int D_pwm = (1500 - 1200) * int(pot_tot_d) + 1500; //float a int
  }
  //para el izquierdo
  if (pot_tot_i >= 0) {
    int I_pwm = (1750 - 1500) * int(pot_tot_i) + 1500; //float a int
  } else {
    int I_pwm = (1500 - 1200) * int(pot_tot_i) + 1500; //float a int
  }
  Prop_D_PWM.writeMicroseconds(D_pwm);
  Prop_I_PWM.writeMicroseconds(I_pwm);
}
}
```

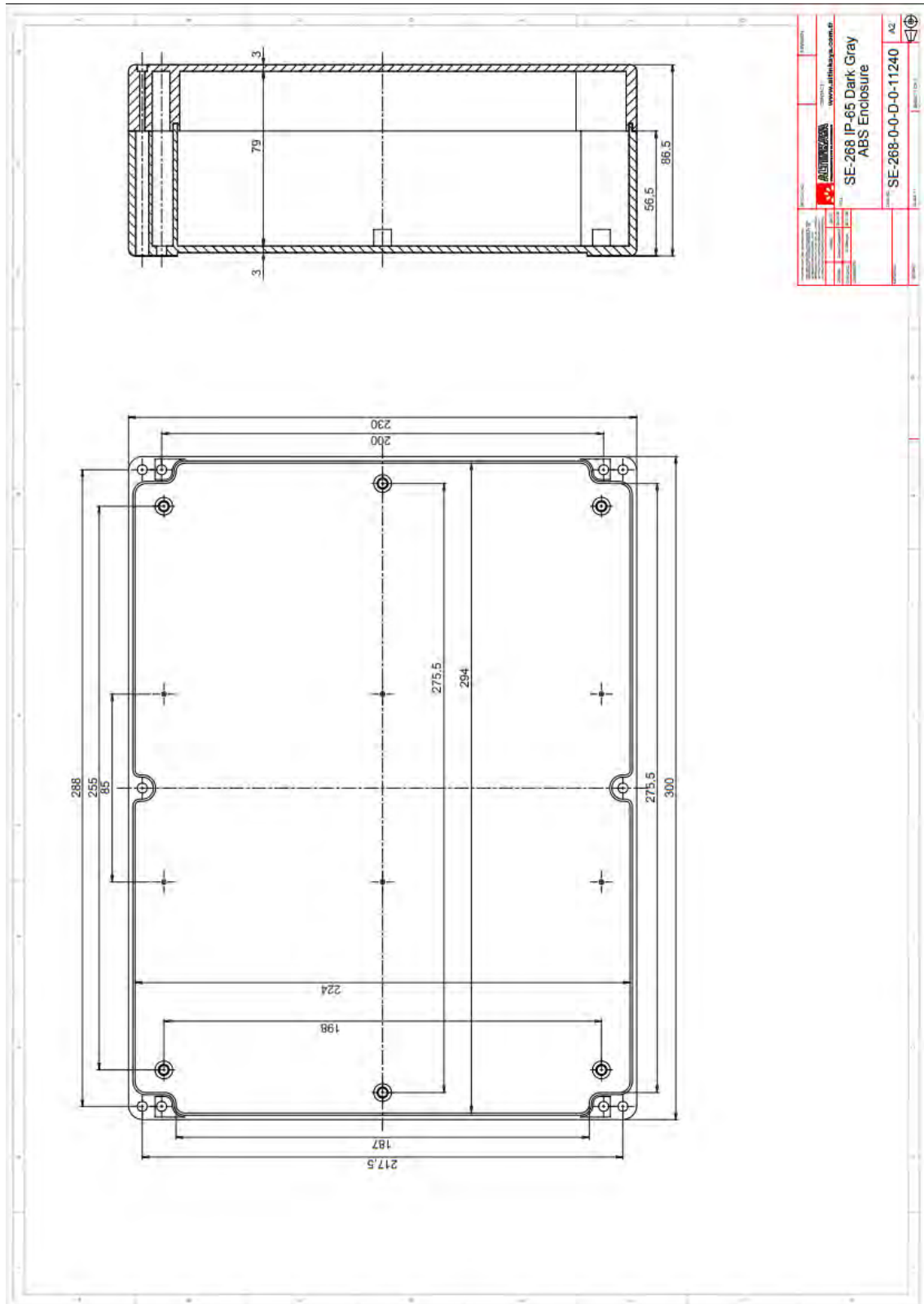


Anexo E: Planos

E.1. Plano de ensamble del vehículo recolector



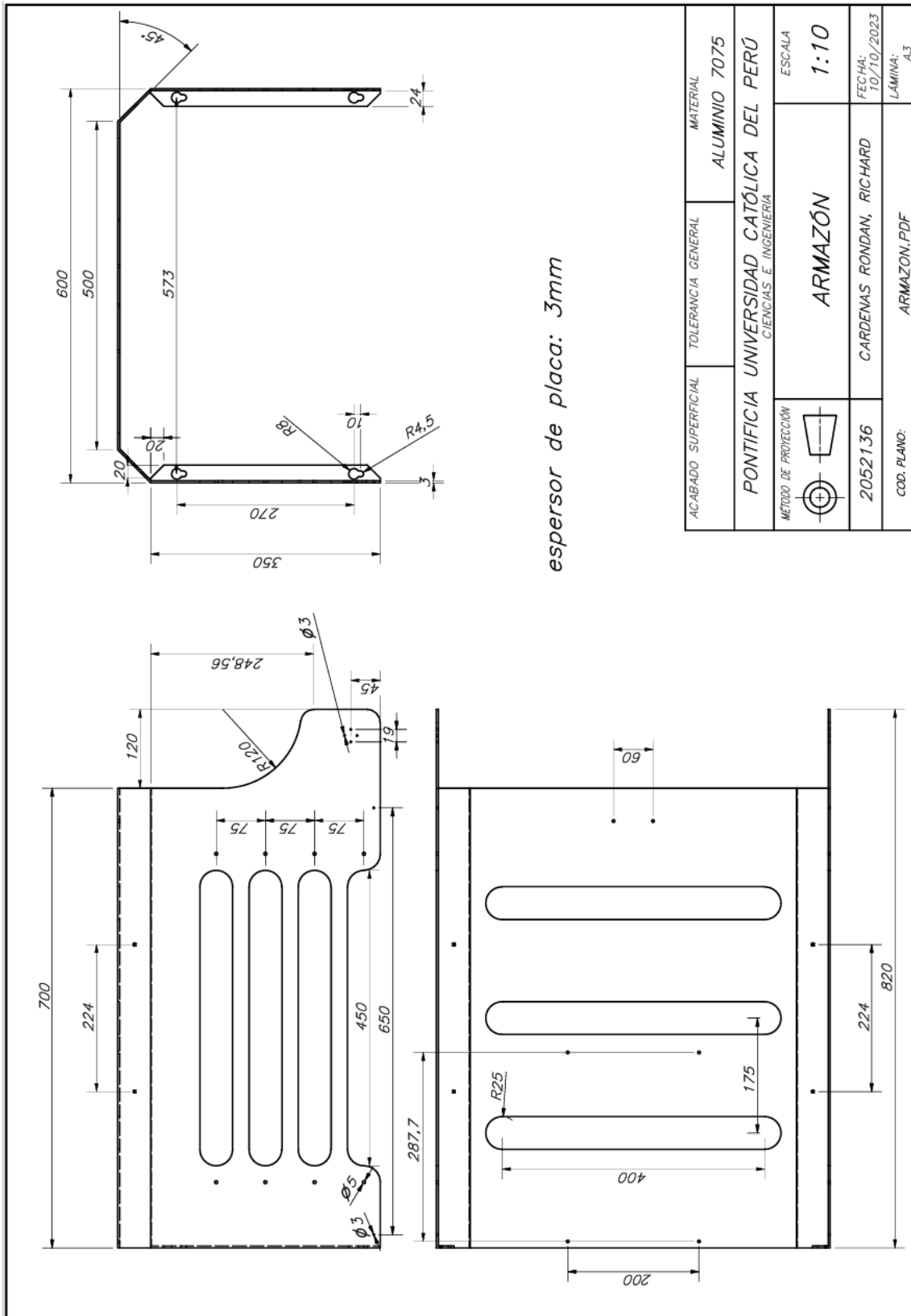
## E.2. Plano de la caja electrónica principal



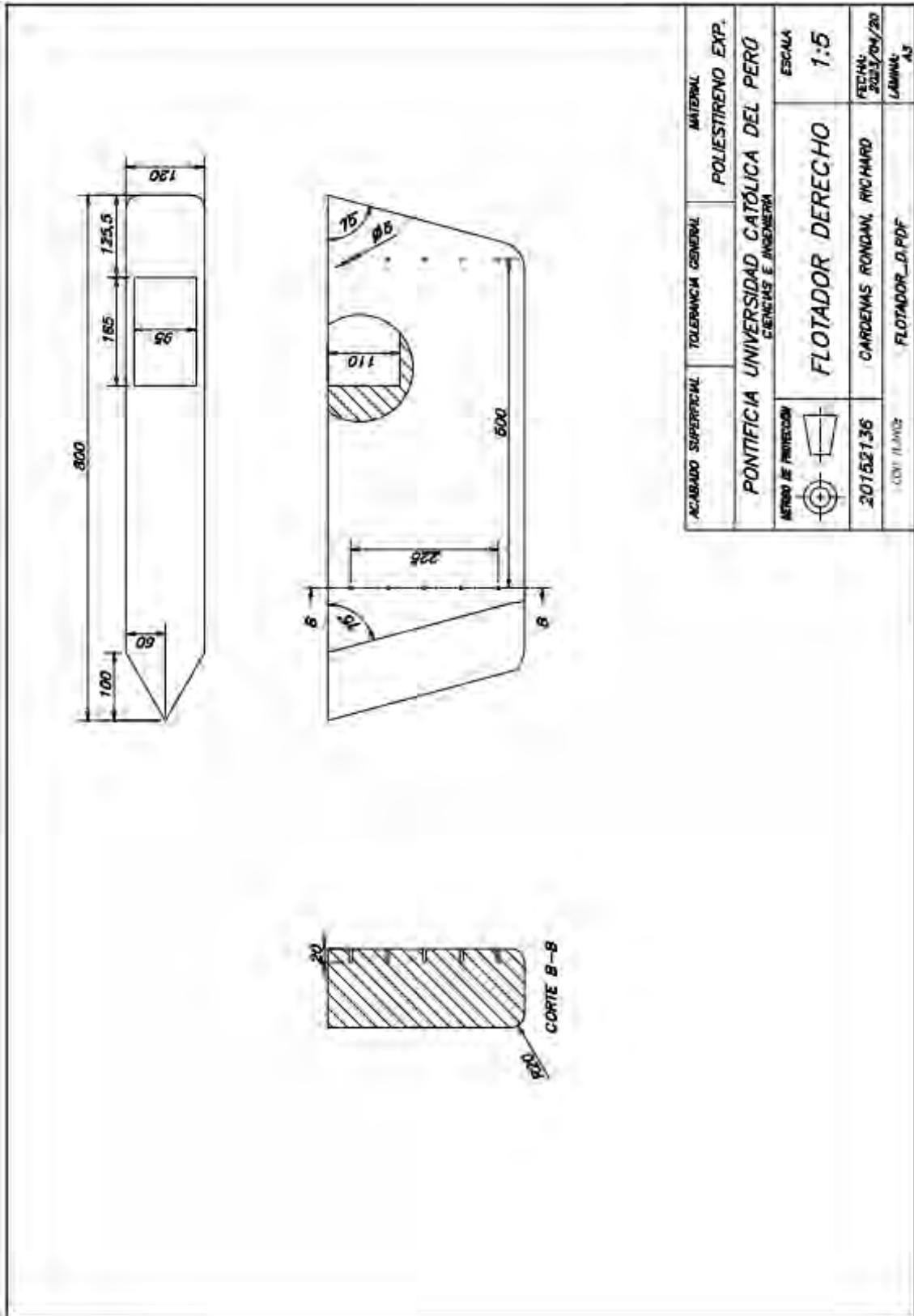
Nota: Plano tomado de repositorio web de Altinkaya (ALTINKAYA, s.f.)



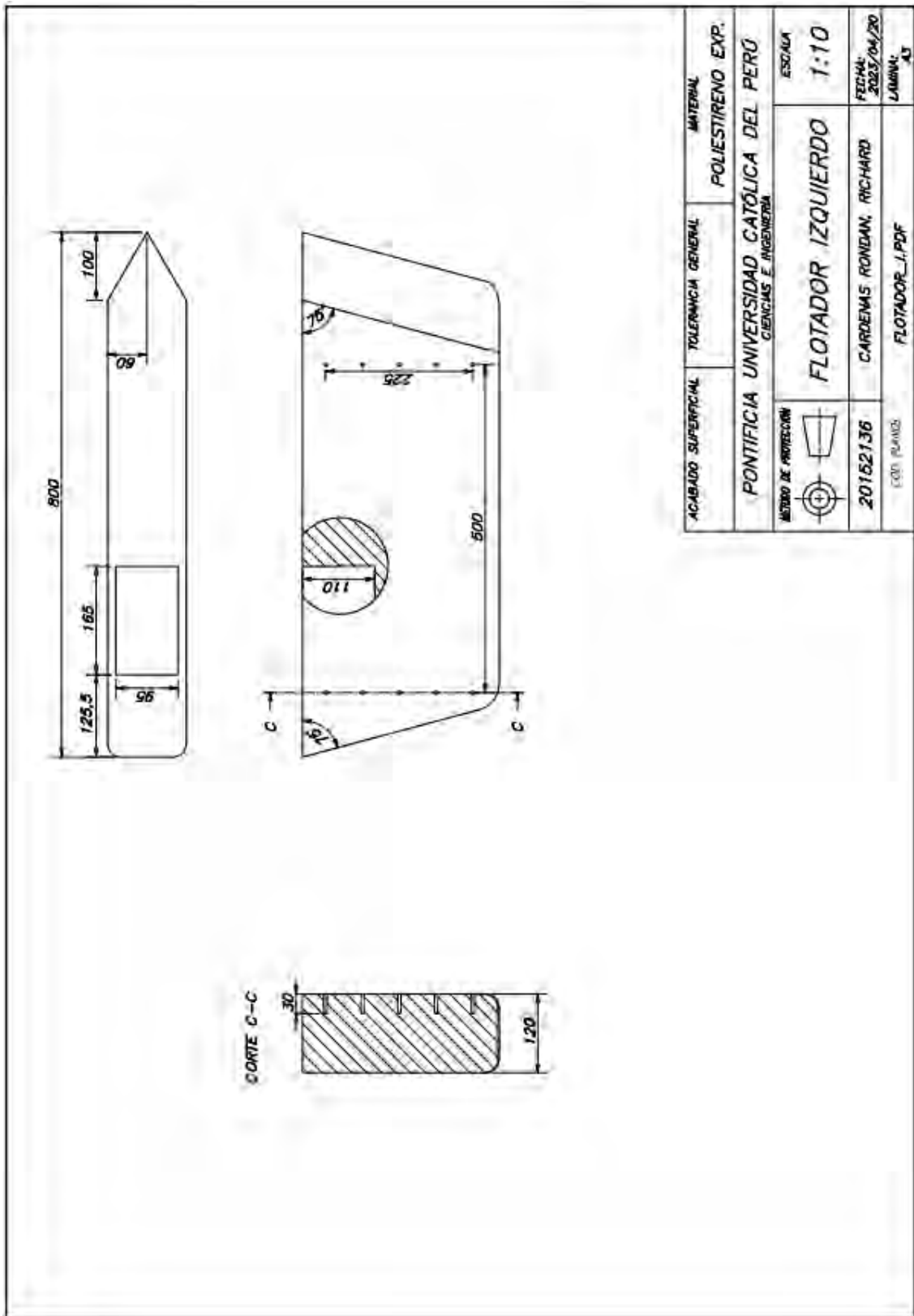
E.4. Armazón de aluminio



E.5. Flotador derecho



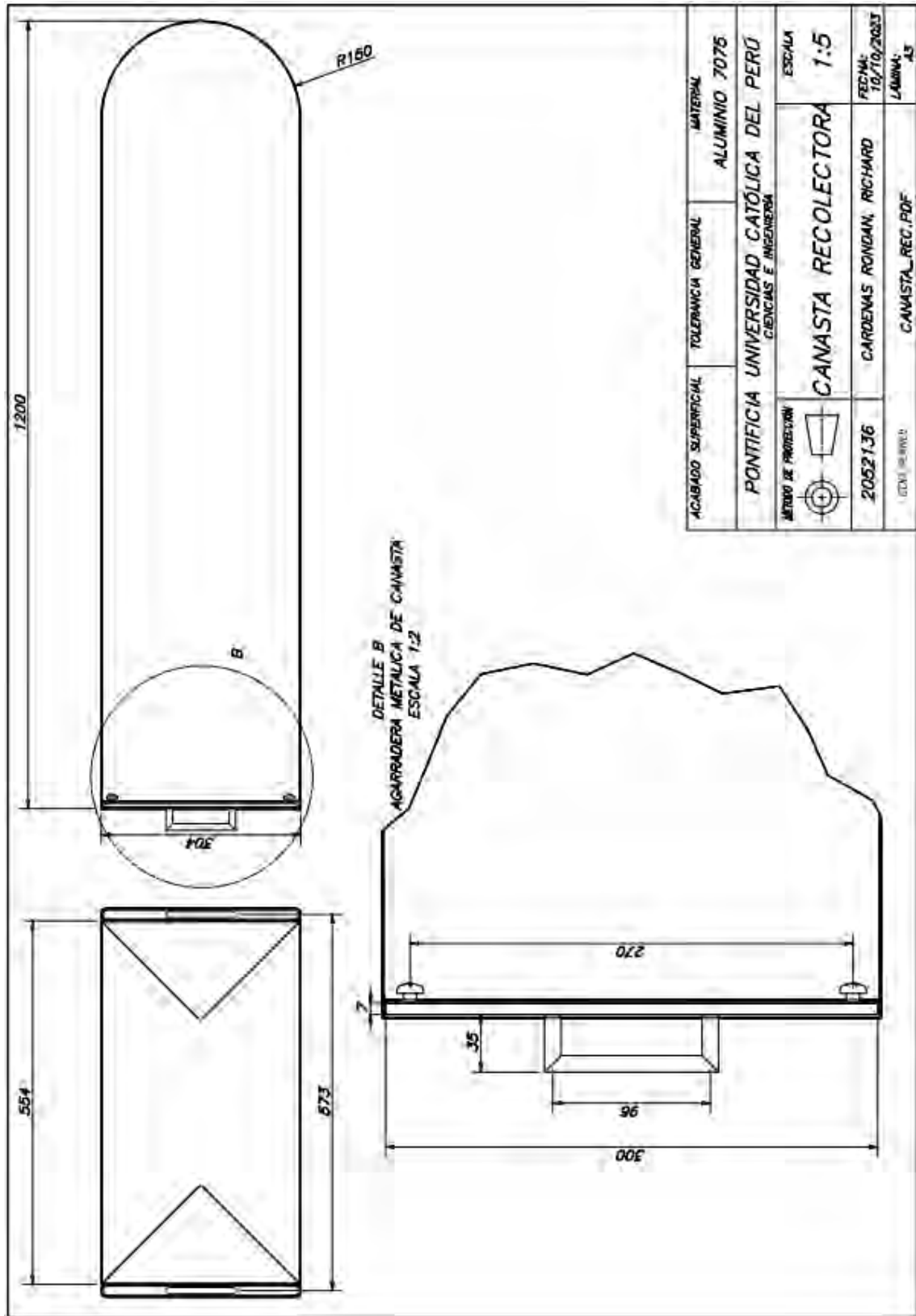
E.6. Flotador izquierdo



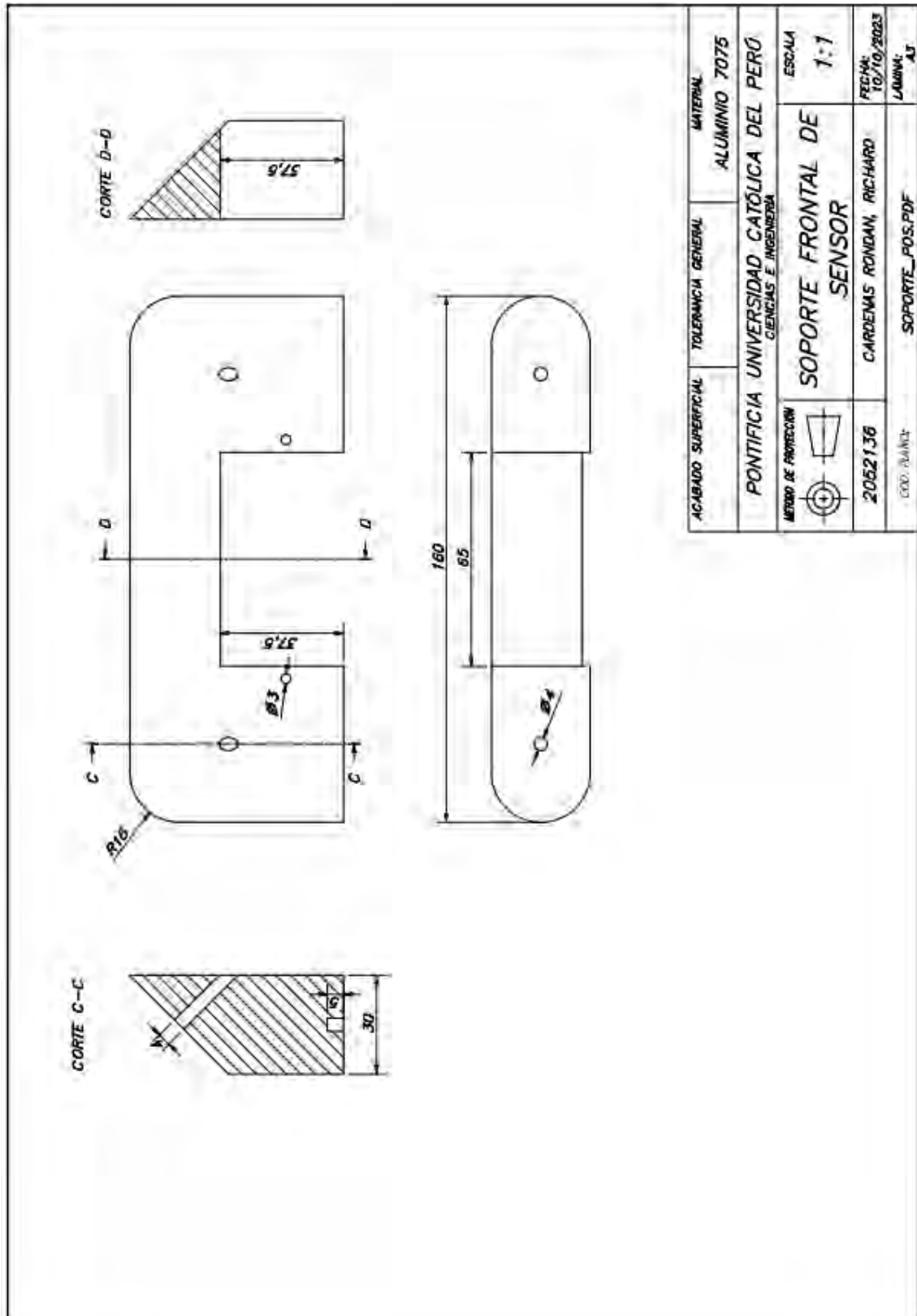
ACABADO SUPERFICIAL	TOLENCIA GENERAL	MATERIAL
		POLIESTIRENO EXP.
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ CIENCIAS E INGENIERÍA		
METODO DE PROYECCION	ESCALA	
	1:10	
20152136	CARDENAS RONDAN, RICHARD	FECHA: 2023/04/20
ECO PLANING	FLOTADOR_I.PDF	LAMINA: A3



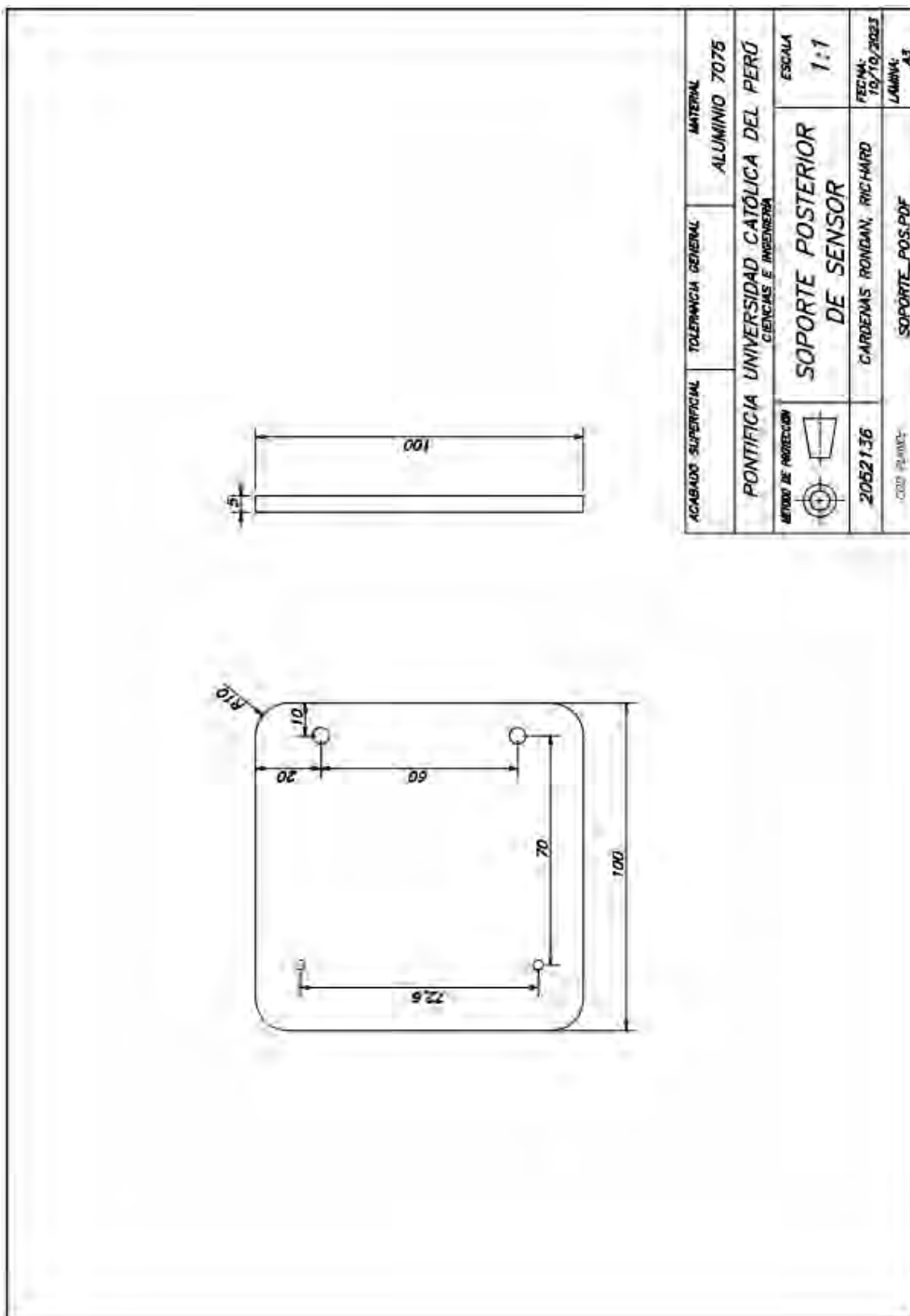
E.7. Canasta recolectora



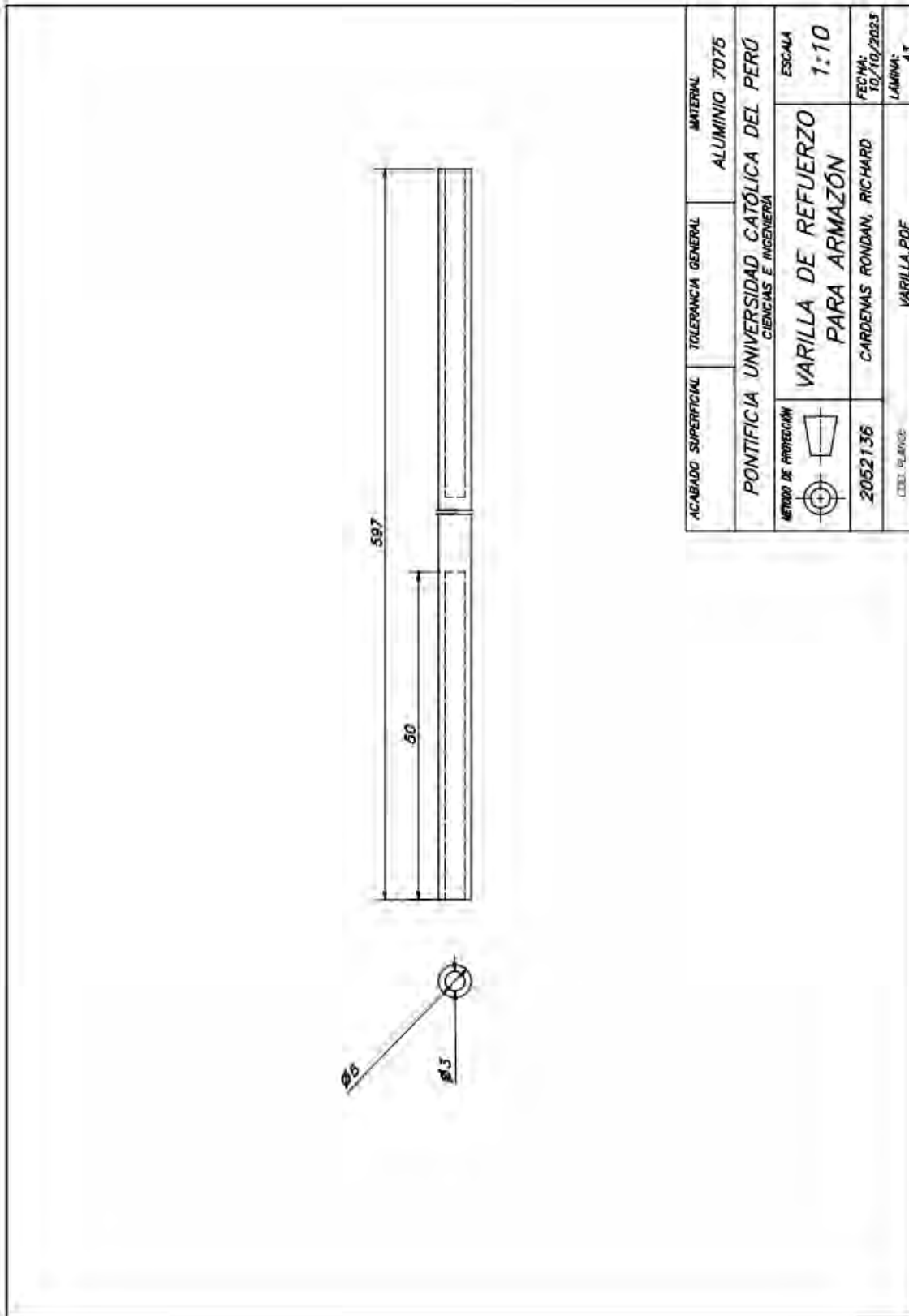
E.8. Soporte frontal



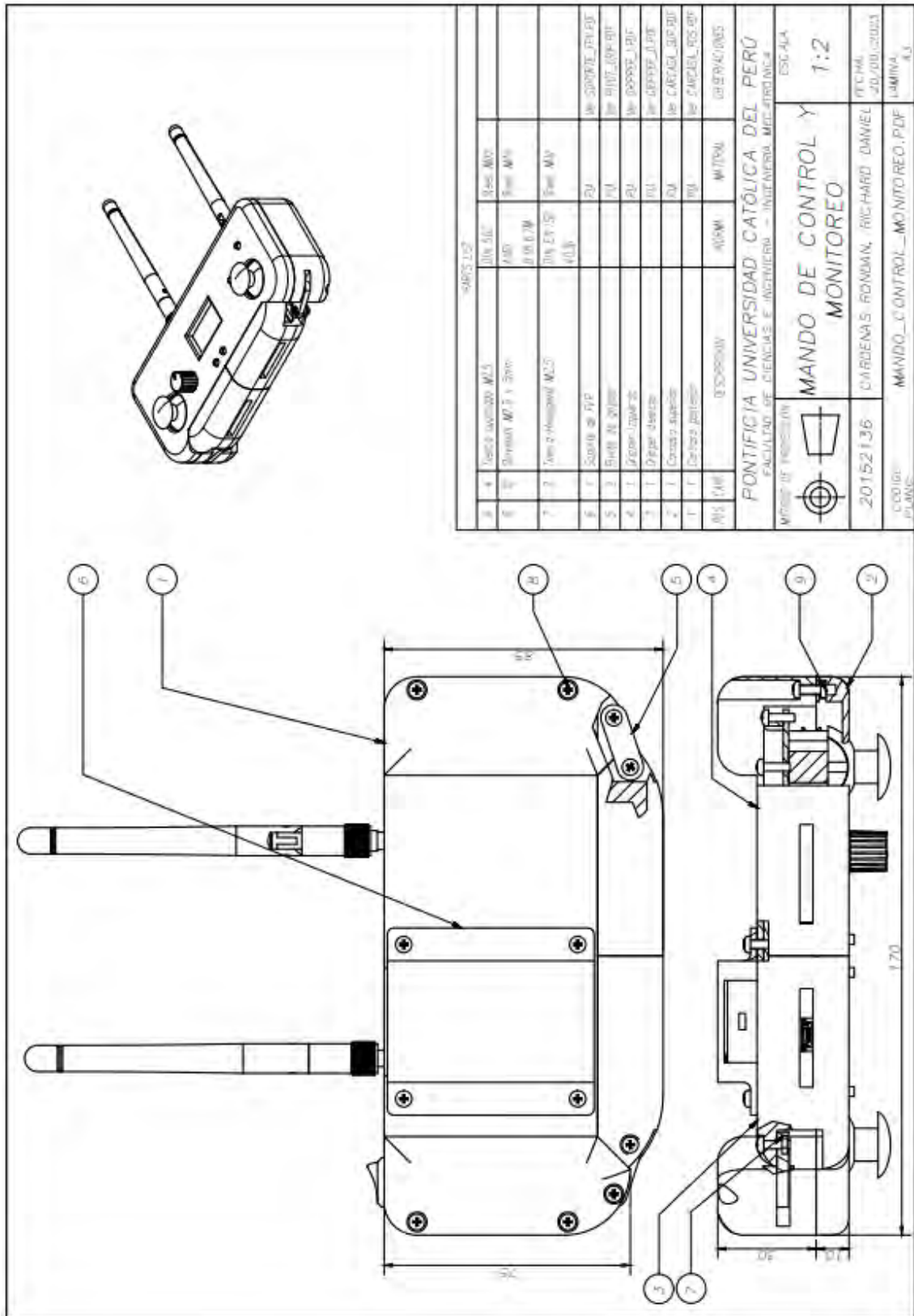
E.9. Soporte posterior



**E.10. Varilla roscada**

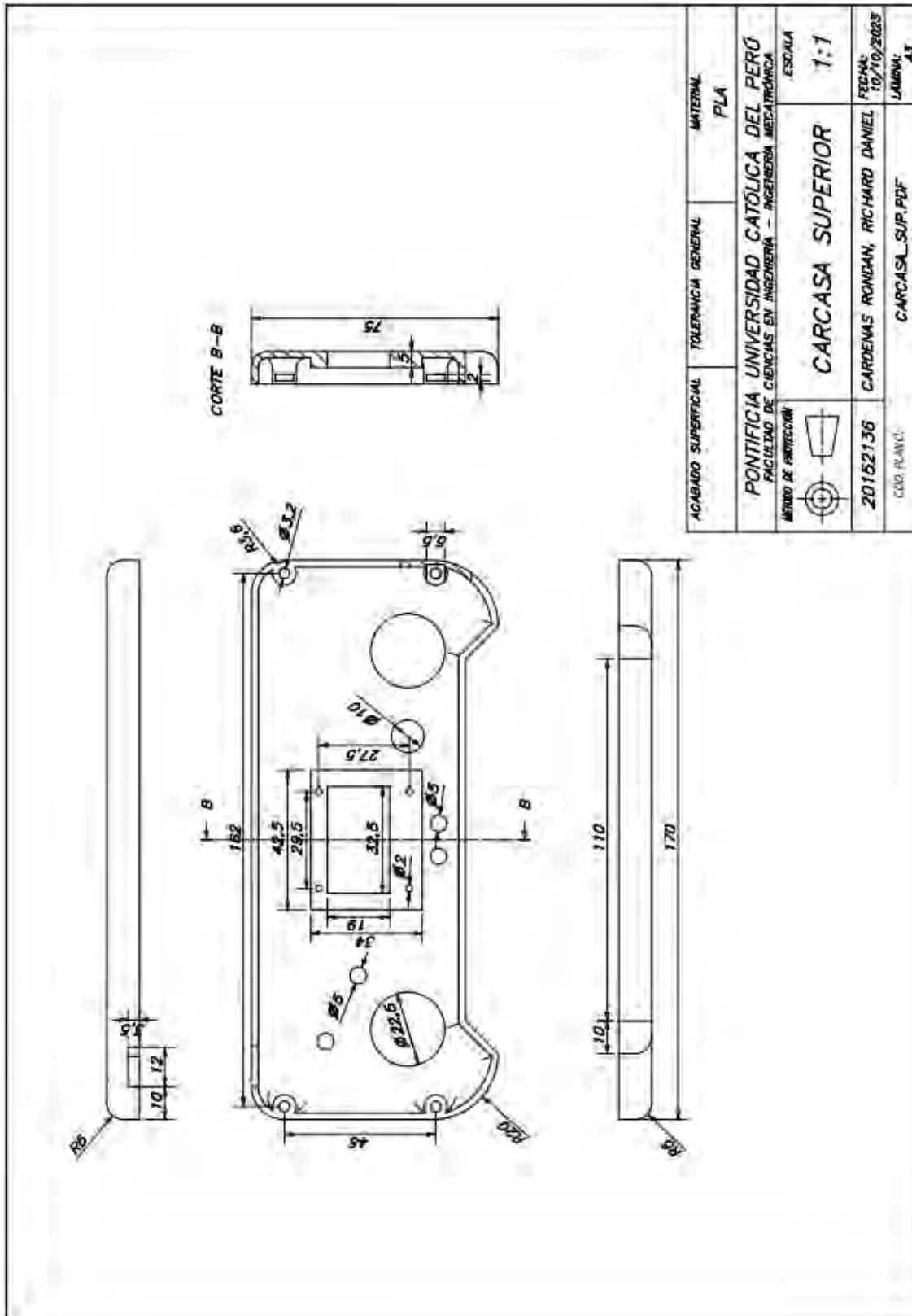


E.11. Plano de ensamble de mando de control





E.13. Carcasa superior



E.14. Gripper derecho

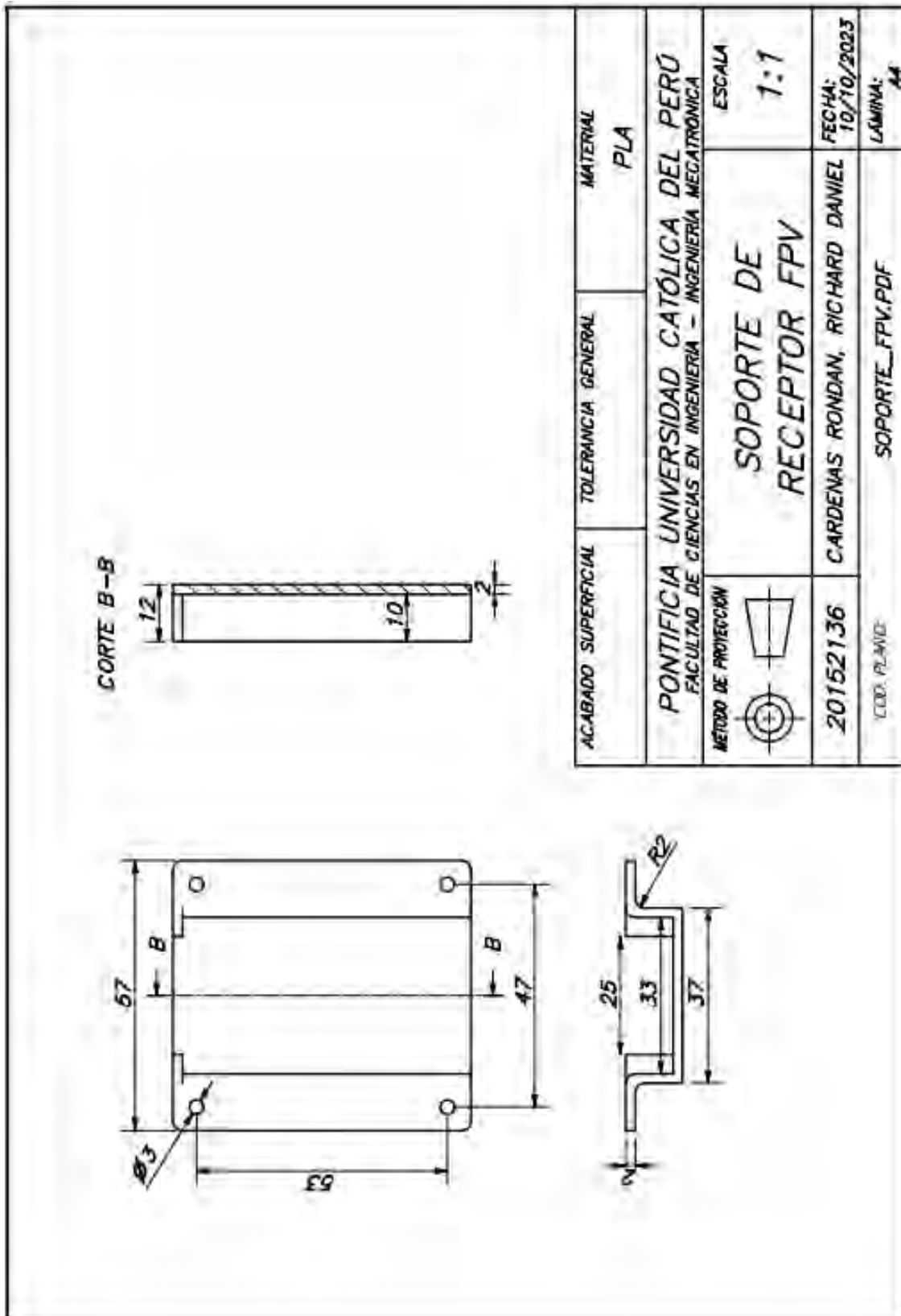
ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL
		PLA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU FACULTAD DE CIENCIAS EN INGENIERIA - INGENIERIA MECATRONICA		
METODO DE PROYECCION	GRIPPER DERECHO	ESCALA
		1:1
20152136	CARDENAS RONDAN, RICHARD DANIEL	FECHA: 10/10/2023
COD. PLANO:	GRIPPER_D.PDF	LAMINA: 44



E.15. Gripper izquierdo

ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL
		PLA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS EN INGENIERÍA – INGENIERÍA MECATRÓNICA		
METODO DE PROYECCION	GRIPPER IZQUIERDO	ESCALA
		1:1
20152136	CARDENAS RONDAN, RICHARD DANIEL	FECHA: 10/10/2023
000 PLANO	GRIPPER_I.PDF	LAMINA: A4

E.16. Soporte de FPV



E.17. Pivot de Gripper

