

INTRODUCCION

En el complejo escenario de la seguridad humanitaria, donde la presencia de minas antipersonales representa una amenaza constante, surge la imperante necesidad de innovar y perfeccionar las tecnologías destinadas a la detección y desactivación de estos artefactos explosivos. Este documento se sumerge en el fascinante viaje de la ingeniería robótica aplicada a la resolución de desafíos humanitarios, con un enfoque especial en el desarrollo y la optimización de un robot buscaminas.

El origen de este proyecto encuentra su motivación en las limitaciones técnicas y funcionales observadas en diseños anteriores de robots buscaminas. Estas limitaciones no solo han comprometido la eficacia de los dispositivos, sino que también han planteado interrogantes cruciales sobre la seguridad de su operación en entornos potencialmente peligrosos.

A lo largo de las páginas que siguen, nos sumergiremos en el proceso evolutivo de este proyecto, desde su concepción inicial hasta las soluciones propuestas para superar desafíos específicos. Cada fase del desarrollo se presenta como una oportunidad para la innovación, con el objetivo central de mejorar la eficiencia y seguridad del robot buscaminas. Además, exploraremos la participación del prototipo en competiciones internacionales, su presentación en redes sociales y las valiosas interacciones con otros participantes en el campo de la robótica humanitaria.

Este documento no solo busca informar sobre los avances tecnológicos y los resultados obtenidos, sino que también destaca la importancia fundamental de este proyecto en la contribución a la iniciativa global de seguridad humanitaria. En última instancia, se espera que este trabajo inspire nuevas perspectivas, fomente la colaboración entre comunidades científicas y proporcione una herramienta valiosa para aquellos dedicados a hacer del mundo un lugar más seguro y libre de amenazas mortales.

CAPITULO I. GENERALIDADES

I.1. Planteamiento del Problema

El diseño actual del robot buscaminas enfrenta limitaciones técnicas y funcionales significativas que comprometen su eficacia y seguridad, impidiendo su operación óptima tanto en competencias internacionales como en aplicaciones prácticas de desminado. Estas limitaciones se manifiestan en la incapacidad del detector de minas para ajustar su altura y proximidad al suelo, lo que resulta en una detección imprecisa y aumenta el riesgo de detonaciones accidentales. Además, la configuración actual de las ruedas del robot no está adecuada para la navegación en terrenos arenosos, lo que representa un desafío particular para la competencia mundial Minesweepers 2023 en Egipto. A esto se suma la mala integración de los circuitos, lo que lleva a fallos eléctricos y sobrecalentamiento que no solo dañan los componentes, sino que también pueden comprometer la integridad del robot durante su funcionamiento.

El proyecto de mejora del robot buscaminas tiene el desafío de rediseñar y adaptar el robot para superar estas limitaciones. La solución requiere una innovación significativa en el diseño del sistema de detección que permita ajustes en tiempo real y una mayor flexibilidad en su operación. Además, se necesita una revisión del sistema de movilidad del robot para asegurar su funcionamiento en una variedad de entornos, y una mejora en la integración de circuitos para garantizar la fiabilidad y seguridad del robot. Lo que resume en:

“Limitaciones técnicas y funcionales del diseño actual del robot buscaminas comprometen su eficacia y seguridad.”

I.2. Marco Teórico

I.2.1. Historia y evolución de la robótica

La historia de la robótica es amplia y fascinante, cubriendo una variedad de eras y enfoques. A continuación, se detallará aún más profundamente su evolución.

I.2.1.1. Antigüedad y época medieval

I.2.1.1.1. Antiguo Egipto y Grecia

Desde los tiempos de la Antigua Grecia y el Antiguo Egipto, ha existido un interés por crear máquinas que imiten movimientos humanos o animales. Estas máquinas, conocidas como autómatas, eran mecanismos que usaban sistemas simples como palancas, poleas y contrapesos para realizar movimientos. Héroe de Alejandría, un ingeniero griego, es famoso

por sus autómatas, que incluyen una máquina que podía dispensar agua bendita cuando se le insertaba una moneda y dispositivos para realizar pequeñas representaciones teatrales (Wood, 2002).

I.2.1.1.2. China medieval

Durante la Dinastía Song, el polímata Su Song construyó un reloj astronómico en 1088 d.C. que incluía un autómata que anunciaba las horas.

I.2.1.1.3. Renacimiento

Durante el Renacimiento, hubo un renovado interés en las ciencias y la mecánica. Leonardo da Vinci, el polímata renacentista, diseñó varios autómatas y máquinas. Uno de sus diseños más famosos es el "caballero mecánico", un autómata con forma humana diseñado en 1495. Este robot, hecho de placas de metal y engranajes, podía mover sus brazos y piernas e incluso imitar el movimiento de una boca humana (Rosheim, 2006).

I.2.1.1.4. Siglo XIX y principios del XX

A medida que avanzó la Revolución Industrial, los desarrollos tecnológicos facilitaron la creación de máquinas más complejas. Nikola Tesla demostró un barco controlado por radio en 1898, que muchos consideran como el primer objeto teleoperado.

A principios del siglo XX, surgieron ideas y narrativas en torno a seres mecánicos autónomos, en gran parte gracias a la literatura y la ciencia ficción. Es en esta época donde Karel Čapek introduce la palabra "robot" en su obra "R.U.R." (1920), que se deriva de la palabra checa "robota", que significa trabajo forzado.

I.2.1.1.5. Siglo XX

I.2.1.1.5.1. Era industrial

En 1961, George Devol y Joseph Engelberger introdujeron el Unimate, el primer robot industrial en una línea de ensamblaje de General Motors. Fue un hito que marcó el inicio de la era de la robótica industrial, permitiendo automatizar procesos y mejorar la eficiencia en la fabricación (Nof, 1999).

I.2.1.1.5.2. Diversificación

A finales del siglo XX, la robótica se diversificó. Surgieron robots móviles, robots humanoides, robots de exploración espacial (como los rovers en Marte) y robots de asistencia personal. Los avances en la informática y la miniaturización de los componentes electrónicos jugaron un papel crucial en estos desarrollos.

I.2.1.1.5.3. Siglo XXI

La robótica del siglo XXI se caracteriza por la convergencia con otras disciplinas, especialmente la inteligencia artificial. Hoy en día, no solo se busca que un robot realice tareas específicas, sino que también pueda aprender, adaptarse y tomar decisiones. La robotización ha llegado a campos como la medicina, con robots cirujanos, y la logística, con robots autónomos de entrega. Además, la robótica colaborativa, donde los robots trabajan mano a mano con los humanos, es un área en crecimiento.

I.2.2. Principales conceptos en robótica

I.2.2.1. Robot

Un robot es una máquina programable que puede realizar tareas de manera autónoma o semi-autónoma. Las tareas pueden ser físicas, como mover objetos o soldar piezas en una línea de ensamblaje, o virtuales, como las realizadas por un software bot (Siciliano & Khatib, 2008).

I.2.2.2. Actuador

Es el componente que permite al robot moverse o realizar alguna acción. Los actuadores pueden ser motores eléctricos, pistones hidráulicos, servomotores, entre otros. Son el "músculo" del robot (Craig, 2005).

Figura 1.

Actuadores



Fuente: <https://roboticoss.com/actuadores-para-robotica/>

I.2.2.3.Sensor

Es el dispositivo que permite al robot obtener información de su entorno. Existen muchos tipos de sensores, incluidos sensores de proximidad, cámaras, sensores ultrasónicos, giroscopios y muchos otros. Los sensores permiten al robot "sentir" su entorno (Bogue, 2009).

Figura 2.

Sensores



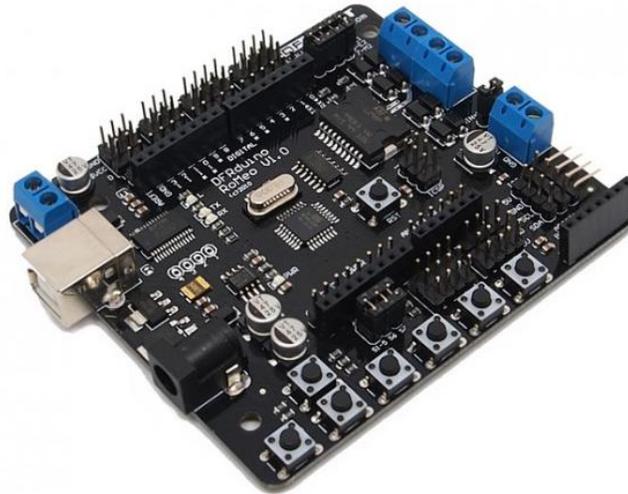
Fuente: <https://www.educaplay.com/printablegame/5195844-sensores.html>

I.2.2.4.Controlador

Es el "cerebro" del robot. Es una unidad de procesamiento, a menudo un microcontrolador o una computadora, que toma decisiones basadas en la información recibida de los sensores y envía comandos a los actuadores (Nof, 1999).

Figura 3.

Microcontrolador (Romeo)



Fuente: <https://silicio.mx/controlador-romeo-todo-en-uno>

I.2.2.5. Programación

Los robots necesitan instrucciones para funcionar. Estas instrucciones son proporcionadas por programas, que son conjuntos de comandos escritos en lenguajes de programación específicos para robots, como ROS (Robot Operating System) o lenguajes más generales como Python o C++ (Quigley et al., 2009).

I.2.3. Tipos de robots

I.2.3.1. Robots industriales

Son máquinas utilizadas principalmente en procesos de fabricación y producción. Están diseñados para tareas repetitivas como soldar, ensamblar, pintar, entre otros. Se pueden encontrar en industrias automotrices, electrónicas y de fabricación en general. ABB y KUKA son algunas de las empresas líderes en este sector (Craig, 2005).

Figura 4.

Robot industrial



Fuente: <https://www.ikusi.com/mx/blog/aplicaciones-robots-industriales/>

I.2.3.2. Robots móviles

Estos robots son capaces de moverse en su entorno y no tienen una ubicación fija. Pueden ser terrestres, aéreos o marítimos. Los drones, por ejemplo, son robots móviles aéreos que se han popularizado tanto para fines recreativos como profesionales (Siciliano & Khatib, 2008).

Figura 5.

Robot móvil (Dron)



Fuente: <https://nexciencia.exactas.uba.ar/drones-robots-aereos-robotica-cuadricopteros-pablo-de-cristoforis-matias-nitsche-ricardo-carelli-diego-pereyra-medivac>

I.2.3.3. Robots humanoides

Inspirados en la forma y movimiento del cuerpo humano, estos robots pueden caminar, correr, e incluso realizar movimientos complejos como bailar. ASIMO de Honda y Sophia de Hanson Robotics son ejemplos destacados (Nelson et al., 2009).

Figura 6.

Robot humanoide



Fuente: <https://www.hispantv.com/noticias/ciencia-tecnologia/566354/robot-humanoide-peligros-ia-humanidad>

I.2.3.4. Robots colaborativos

Diseñados para trabajar en conjunto con humanos en un ambiente compartido, estos robots son seguros al tacto y pueden realizar tareas en cooperación con las personas. Universal Robots es uno de los líderes en esta categoría (Zanchettin et al., 2016).

Figura 7.

Robot colaborativo (Manufactura)



Fuente: <https://mexicoindustry.com/noticia/robots-colaborativos-esenciales-para-la-competitividad-manufacturera->

I.2.3.5. Robots médicos

Están orientados al sector salud, capaces de asistir en cirugías, administrar medicamentos y realizar diagnósticos. El sistema Da Vinci es un ejemplo prominente en cirugías asistidas por robots (Davies, 2006).

Figura 8.

Robot medico



Fuente: <https://www.aarp.org/espanol/salud/enfermedades-y-tratamientos/info-12-2013/cirugia-robotica-beneficios-riesgos.html>

I.2.3.6. Robots de exploración

Se utilizan para investigar entornos inaccesibles o peligrosos para los humanos, como las profundidades marinas o el espacio exterior. Los rovers enviados a Marte, como el Perseverance, son ejemplos de esto (Squyres, 2005).

Figura 9.

Robot de exploración



Fuente: <https://novaciencia.es/la-una-se-lanza-a-la-exploracion-de-la-luna-con-unos-nuevos-robots/>

I.2.3.7. Robots educativos

Orientados a la enseñanza, ayudan a estudiantes a aprender sobre programación y tecnología. Kits como LEGO Mindstorms permiten a los jóvenes construir y programar sus propios robots (Ribeiro et al., 2012).

Figura 10.

Lego Mindstorms



Fuente: <https://prom.ua/ua/p1736362075-programmiruemye-roboty-nabor.html>

I.2.3.8. Robots de entretenimiento

Principalmente para el ocio, estos robots pueden cantar, bailar, o interactuar con las personas. Sony's Aibo, un perro robótico, es uno de los ejemplos más conocidos (Takanishi et al., 2004).

Figura 11.

Robot Sony's Aibo



Fuente: <https://www.hp.com/pe-es/shop/tech-takes/boston-dynamics-frontera-robotica>

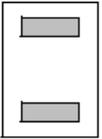
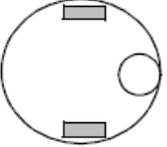
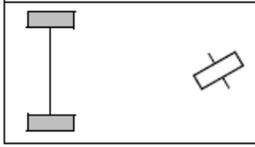
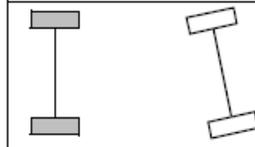
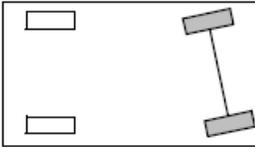
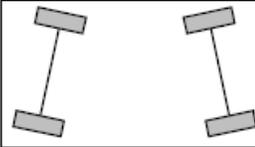
I.2.4. Locomoción en robots

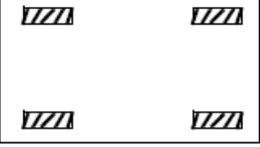
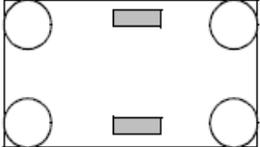
I.2.4.1. Configuración Geométrica de Ruedas

La configuración geométrica tiene que ver con el número de ruedas que son utilizadas y la distribución que se haga de las mismas. En la siguiente tabla se muestra las configuraciones más utilizadas.

Tabla 1.

Configuración de ruedas

| Numero de ruedas | Arreglo | Descripción |
|------------------|---|---|
| 2 |  | Una rueda para tracción y una rueda para controlar dirección |
| 2 |  | Dos ruedas independientes con el centro de masa por debajo del eje. |
| 3 |  | Dos ruedas independientes con un tercer apoyo de contacto. |
| 3 |  | Dos ruedas de tracción conectadas y una tercera rueda para controlar dirección. |
| 4 |  | Dos ruedas conectadas para tracción y otras 2 conectadas para controlar dirección |
| 4 |  | Dos ruedas traseras independientes y dos ruedas conectadas para tracción y dirección. |
| 4 |  | Dos pares de ruedas conectadas para tracción y dirección. |

| | | |
|---|---|---|
| 4 |  | Cuatro ruedas independientes para controlar la dirección se controlan las dos de un lado y viceversa. |
| 6 |  | Dos ruedas independientes para tracción y una rueda loca en cada esquina como punto de apoyo. |

Fuente: Tomado de Siegart, Ronal y Nourbaksh, introducción to autonomus mobile robots.

I.2.4.2. Maniobrabilidad

Esta característica viene relacionada con la capacidad de un robot de desplazarse en cualquier dirección. Cuando un robot puede girar sobre su propio eje se puede decir que tiene gran maniobrabilidad. Existen robots con cuatro ruedas no dirigibles que hacen dirección por diferencial con gran maniobrabilidad sin embargo presenta un alto consumo de energía debido al deslizamiento que sufren las ruedas al hacer diferencial.

I.2.4.3. Estabilidad

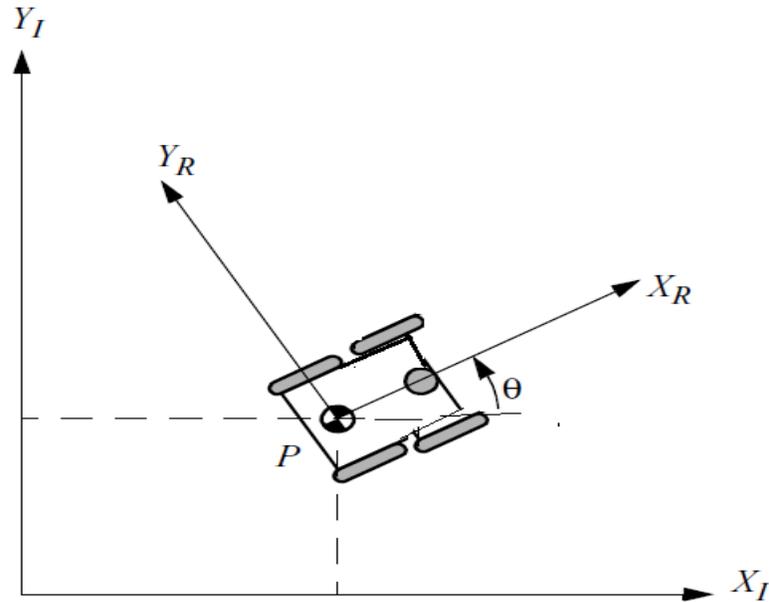
Es la característica de un robot la cual controla que la estructura del robot no sufra volteos y pueda realizar giros sin mucha complicación. En la tabla 1 se muestra diferentes tipos de configuración de ruedas para proveer de una mejor estabilidad a un robot.

I.2.4.4. Cinemática de un robot bidireccional

Para determinar la posición del robot se considera las coordenadas globales y locales del sistema mostrado en la figura siguiente. Las coordenadas XI y la YI serán las globales y las coordenadas XR y YR serán las coordenadas locales del sistema. Para especificar la posición del robot se seleccionará un punto P y las coordenadas de ese punto serán X y Y. la inclinación del eje XR con respecto al eje XI está dado por el ángulo Θ .

Figura 12.

Ubicación del robot



Fuente: Tomado de Siegwart, Ronal y Nourbaksh, introducción to autonomus mobile robots.

I.2.5. Minas Antipersonales y su Detección

I.2.5.1. Tipos de Minas Antipersonales

Las minas antipersonales son artefactos explosivos diseñados para ser detonados por la presencia, proximidad o contacto con una persona. Estas pueden clasificarse en varios tipos, dependiendo de su modo de detonación y propósito específico.

I.2.5.2. Minas de Presión

Se activan cuando se aplica una cierta cantidad de peso sobre ellas, siendo las más comunes y peligrosas para la población civil (International Campaign to Ban Landmines, 2020).

Figura 13.

Minas de Presión



Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Mina_terrestre

I.2.5.3. Minas de Proximidad

Detonan a una distancia predeterminada de la víctima, causando daño en un área más extensa (Landmine and Cluster Munition Monitor, 2019).

Figura 14.

Mina de proximidad (M18 Claymore)



Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/M18_Claymore

I.2.5.4. Métodos de Detección

I.2.5.4.1. Detección Manual

Involucra el uso de detectores de metal y equipo de protección, siendo un método confiable pero lento y peligroso (Geneva International Centre for Humanitarian Demining, 2017).

Figura 15.

Detección Manual



Fuente: EL PAIS, La pesadilla de las minas antipersona vuelve a las comunidades indígenas de Colombia, 2021

I.2.5.4.2. Caninos Detectores de Minas

Perros entrenados para detectar explosivos, efectivos pero susceptibles a factores ambientales (MAC, 2016).

Figura 16.

Perro adiestrado para detección de minas



Fuente: SWI, Bosnia adiestra a los perros detectores de minas que salvan vidas en todo el mundo, 2020

I.2.5.4.3. Tecnologías Avanzadas

Incluyen el uso de radar de penetración terrestre, drones y otros sensores avanzados (United States Department of Defense, 2020).

Figura 17.

Tecnología Avanzada (Robot detector de minas)



Fuente: EL RADAR, Nuevo método de detección de minas terrestres que reduce la tasa de falsas alarmas, 2020.

I.2.6. Metodologías para el desarrollo del proyecto

I.2.6.1. Scrum

I.2.6.1.1. Historia

Este modelo fue identificado y definido por Ikujiro Nonaka y Takeuchi a principios de los 80, al analizar cómo desarrollaban los nuevos productos las principales empresas de manufactura tecnológica: Fuji-Xerox, Canon, Honda, NEC, Epson, Brother, 3M y Hewlett-Packard (Nonaka & Takeuchi, The New New Product Development Game, 1986)

En su estudio, Nonaka y Takeuchi compararon la nueva forma de trabajo en equipo, con el avance en formación de melé (scrum en inglés) de los jugadores de Rugby, a raíz de lo cual quedó acuñado el término “scrum” para referirse a ella.

Aunque esta forma de trabajo surgió en empresas de productos tecnológicos, es apropiada para cualquier tipo de proyecto con requisitos inestables y para los que requieren rapidez y flexibilidad, situaciones frecuentes en el desarrollo de determinados sistemas de software.

En 1995, Ken Schwaber presentó “Scrum Development Process” en OOPSLA 95 (Object-Oriented Programming Systems & Applications conference), un marco de reglas para desarrollo de software, basado en los principios de Scrum, y que él había empleado en el desarrollo de Delphi, y Jeff Sutherland en su empresa Easel Corporation (compañía que, en los macrojuegos de compras y fusiones, se integraría en VMARK, y luego en Informix y finalmente en Ascential Software Corporation).

I.2.6.1.2. Características de Scrum

Scrum es un marco de trabajo que define un conjunto de eventos, prácticas y roles, y que puede tomarse como conjunto base para definir el proceso de producción que usará un equipo de trabajo o dentro de un proyecto.

Los roles principales en Scrum son el Scrum Master, que procura facilitar la aplicación de Scrum y gestionar cambios, el Product Owner, que representa a los stakeholders (interesados externos o internos), y el Team (equipo) que ejecuta el desarrollo y demás elementos relacionados con él.

Durante cada sprint, un periodo entre una y cuatro semanas (la magnitud es definida por el equipo y debe ser lo más corta posible), el equipo crea un incremento de software potencialmente entregable (utilizable). El conjunto de características que forma parte de cada sprint viene del Product Backlog, que es un conjunto de requisitos de alto nivel priorizados que definen el trabajo a realizar (PBI, Product Backlog Item). Los elementos del Product Backlog que forman parte del sprint se determinan durante la reunión de Sprint Planning. Durante esta reunión, el Product Owner identifica los elementos del Product Backlog que quiere ver completados y los da a conocer al equipo. Entonces, el equipo conversa con el Product Owner buscando la claridad y magnitud adecuadas (Cumpliendo el INVEST) para luego determinar la cantidad de ese trabajo que puede comprometerse a completar durante el siguiente sprint. Durante el sprint, nadie puede cambiar el Sprint Backlog, lo que significa que los requisitos están congelados durante el sprint.

Scrum permite la creación de equipos auto organizados impulsando la co-localización de los miembros del equipo, y la comunicación verbal entre los miembros y disciplinas involucrados en el proyecto.

La metodología se basa en:

- El desarrollo incremental de los requisitos del proyecto en bloques temporales cortos y fijos.
- Se da prioridad a lo que tiene más valor para el cliente.
- El equipo se sincroniza diariamente y se realizan las adaptaciones necesarias.
- Tras cada iteración (un mes o menos entre cada una) se muestra al cliente el resultado real obtenido, para que este tome las decisiones necesarias en relación con lo observado.
- Se le da la autoridad necesaria al equipo para poder cumplir los requisitos.
- Fijar tiempos máximos para lograr objetivos.
- Equipos pequeños (de 3 a 9 personas cada uno).

I.2.6.1.3. Principales Características de Scrum

- Gestión regular de las expectativas del cliente, resultados anticipados, flexibilidad y adaptación, retorno de inversión, mitigación de riesgos, productividad y calidad, o, equipo motivado.
- Se hace uso de equipos auto-dirigidos y auto-organizados.
- Se realiza a diario una reunión de Scrum, que es una reunión de avance diaria que no dura más de 15 minutos con el objetivo de obtener realimentación sobre las tareas del equipo y los obstáculos que se presentan.

Cada uno de estos puntos mencionados hacen que el Scrum sea utilizado de manera regular en un conjunto de buenas prácticas para el trabajo en equipo y de esa manera obtener resultados posibles.

Existen varias implementaciones de sistemas para gestionar el proceso de Scrum, que van desde notas amarillas "post-it" y pizarras hasta paquetes de software; requiere muy poco esfuerzo para comenzarse a utilizar. Así, si se utiliza una pizarra con notas autoadhesivas cualquier miembro del equipo podrá ver tres columnas: trabajo pendiente ("backlog"), tareas en curso ("in progress") y hecho ("done"). De un solo vistazo, una persona puede ver en qué están trabajando los demás en un momento determinado.

I.2.6.1.4. Roles en Scrum

I.2.6.1.4.1. Product Owner (o Propietario del producto)

El Product Owner se asegura de que el equipo Scrum trabaje de forma adecuada desde la perspectiva del negocio. El Product Owner ayuda al usuario a escribir las historias de usuario, las prioriza, y las coloca en el Product Backlog.

I.2.6.1.4.2. Scrum Master (o Facilitador)

Es el responsable del cumplimiento de las reglas del marco scrum. Se asegura que estas son entendidas por la organización y de que se realiza el trabajo conforme a ellas. Elimina los obstáculos que impiden que se desarrolle el objetivo del sprint. Asesora y da la formación necesaria al propietario del producto y al equipo de desarrolladores.

I.2.6.1.4.3. Desarrollador/a

Cada uno de los profesionales que realizan la entrega del incremento de producto generado en cada sprint (denominado incremento). Es recomendable un pequeño equipo de 3 a 9 personas con las habilidades transversales necesarias para realizar el trabajo (análisis, diseño, desarrollo, pruebas, documentación, etc).

I.2.6.1.5. Flujo de trabajo

I.2.6.1.5.1. Sprint

El Sprint es el período en el cual se lleva a cabo el trabajo en sí. Es recomendado que la duración de los sprints sea constante y definida por el equipo con base en su propia experiencia. Se puede comenzar con una duración de sprint en particular (2 o 3 semanas) e ir ajustándolo con base en el ritmo del equipo, aunque sin relajarlo demasiado.

Al final de cada sprint, el equipo deberá presentar los avances logrados, y el resultado obtenido es un producto que, potencialmente, se puede entregar al cliente.⁶

Así mismo, se recomienda no agregar objetivos al sprint o sprint backlog a menos que su falta amenace al éxito del proyecto. La constancia permite la concentración y mejora la productividad del equipo de trabajo.

El tiempo mínimo de un Sprint es de una (1) semana y el máximo es de cuatro (4) semanas.

I.2.6.1.5.2. Planificación de sprint

Al comienzo de un sprint, el equipo de scrum tiene un evento de planificación de sprint.

Uno de los objetivos de la reunión es identificar y comunicar cuánto del trabajo es probable que se realice durante el actual Sprint.

I.2.6.1.5.3. Scrum diario

También llamado Daily Standup. Cada día durante la iteración, tiene lugar una reunión de estado del proyecto. Su objetivo es que los miembros del equipo se mantengan actualizados unos a otros sobre el trabajo de cada uno desde el último standup, qué problemas han encontrado o prevén encontrar, y qué planean hacer.

- La reunión tiene una duración fija de máximo 15 minutos.

- Los asistentes obligados son los Developer, la asistencia del Scrum Master y del Product Owner es opcional
- Se recomienda hacerla de pie para recordar que debe ser una reunión breve y centrada en su objetivo, sin divagaciones. Es obligatorio parar todo lo que se está haciendo para concentrarse en la reunión.
- Si se requiere ampliar un tema, se hará tras el Daily Standup, pero no se interrumpe la dinámica del Standup para elaborar una discusión.
- Se hace siempre a la misma hora y en el mismo lugar, ya que la consistencia reduce la complejidad. Si falta alguien, no se pospone la reunión.

I.2.6.1.5.4. Revisión de sprint

Al final de un sprint, el equipo realiza dos eventos: la revisión del sprint y la retrospectiva del sprint.

En la reunión de revisión de sprint se presentan los trabajos completados y su duración no debería ser superior a 4 horas para un Sprint de 1 mes.

I.2.6.1.5.5. Retrospectiva del sprint

Después de cada sprint, se lleva a cabo una retrospectiva del sprint, en la cual todos los miembros del equipo dejan sus impresiones sobre el sprint recién superado. El propósito de la retrospectiva es realizar una mejora continua de la implementación de Scrum. La duración de la retrospectiva es, como máximo, de tres horas para Sprints de un mes.

I.2.6.1.6. Beneficios de Scrum

- **Flexibilidad a cambios.** Gran capacidad de reacción ante los cambiantes requerimientos generados por las necesidades del cliente o la evolución del mercado. El marco de trabajo está diseñado para adecuarse a las nuevas exigencias que implican proyectos complejos.
- **Reducción del Time to Market.** El cliente puede empezar a utilizar las características más importantes del proyecto antes de que esté completamente terminado.
- **Mayor calidad del software.** El trabajo metódico y la necesidad de obtener una versión de trabajo funcional después de cada iteración, ayuda a la obtención de un software de alta calidad.
- **Mayor productividad.** Se logra, entre otras razones, debido a la eliminación de la burocracia y la motivación del equipo proporcionado por el hecho de que pueden estructurarse de manera autónoma.
- **Maximiza el retorno de la inversión (ROI).** Creación de software solamente con las prestaciones que contribuyen a un mayor valor de negocio gracias a la priorización por retorno de inversión.

- **Predicciones de tiempos.** A través de este marco de trabajo se conoce la velocidad media del equipo por sprint, con lo que es posible estimar de manera fácil cuando se podrá hacer uso de una determinada funcionalidad que todavía está en el Backlog.
- **Reducción de riesgos.** El hecho de desarrollar, en primer lugar, las funcionalidades de mayor valor y de saber la velocidad a la que el equipo avanza en el proyecto, permite despejar riesgos efectivamente de manera anticipada.

I.2.6.1.7. Documentos

I.2.6.1.7.1. Product backlog

El product backlog se trata como un documento de alto nivel para todo el proyecto. Es el conjunto de todos los requisitos de proyecto, el cual contiene descripciones genéricas de funcionalidades deseables, priorizadas según su retorno sobre la inversión (ROI). Representa el qué va a ser construido en su totalidad. Es abierto y solo puede ser modificado por el product owner. Contiene estimaciones realizadas a grandes rasgos, tanto del valor para el negocio, como del esfuerzo de desarrollo requerido. Esta estimación ayuda al product owner a ajustar la línea temporal (KEV) y, de manera limitada, la prioridad de las diferentes tareas. Por ejemplo, si dos características tienen el mismo valor de negocio la que requiera menor tiempo de desarrollo tendrá probablemente más prioridad, debido a que su ROI será más alto.

I.2.6.1.7.2. Sprint backlog

El sprint backlog es el subconjunto de requisitos que serán desarrollados durante el siguiente sprint. Al definir el sprint backlog, se describe el cómo el equipo va a implementar los requisitos durante el sprint. Por lo general los requisitos se subdividen en tareas, a las cuales se asignan ciertas horas de trabajo, pero ninguna tarea con una duración superior a 16 horas. Si una tarea es mayor de 16 horas, deberá ser dividida en otras menores. Las tareas en el sprint backlog nunca son asignadas, son tomadas por los miembros del equipo del modo que les parezca adecuado.

I.2.6.1.7.3. Burn down chart

La burn down chart es una gráfica mostrada públicamente que mide la cantidad de requisitos en el Backlog del proyecto pendientes al comienzo de cada Sprint. Dibujando una línea que conecte los puntos de todos los Sprints completados, podremos ver el progreso del proyecto. Lo normal es que esta línea sea descendente (en casos en que todo va bien en el sentido de que los requisitos están bien definidos desde el principio y no varían nunca) hasta llegar al eje horizontal, momento en el cual el proyecto se ha terminado (no hay más requisitos

pendientes de ser completados en el Backlog). Si durante el proceso se añaden nuevos requisitos la recta tendrá pendiente ascendente en determinados segmentos, y si se modifican algunos requisitos la pendiente variará o incluso valdrá cero en algunos tramos.

I.2.6.2.UML (Lenguaje Unificado de Modelado)

I.2.6.2.1. Diagramas utilizados en el desarrollo

I.2.6.2.1.1. Diagrama de máquinas de estado

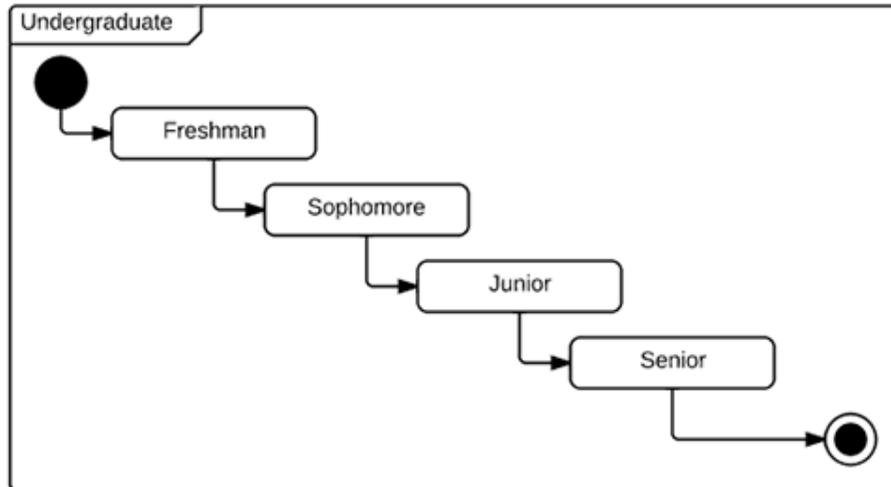
Una máquina de estados es cualquier dispositivo que almacena el estado de un objeto en un momento dado y puede cambiar el estado o causar otras acciones según la entrada que reciba. Estados se refiere a las diferentes combinaciones de información que un objeto puede mantener, no la forma en que el objeto se comporta. Para comprender los diferentes estados de un objeto, podrías visualizar todos los estados posibles y mostrar cómo un objeto llega a cada estado, y puedes hacerlo con un diagrama de estados UML.

Cada diagrama de estados generalmente empieza con un círculo oscuro que indica el estado inicial y termina con un círculo de contorno blanco que denota el estado final. Sin embargo, a pesar de tener puntos de inicio y finalización definidos, los diagramas de estado no necesariamente son la mejor herramienta para plasmar un desarrollo general de eventos. En lugar de ello, ilustran tipos específicos de comportamiento —en particular, cambios de un estado a otro.

Los diagramas de estado representan principalmente estados y transiciones. Los estados se representan con rectángulos de esquinas redondeadas que se etiquetan con el nombre del estado. Las transiciones se marcan con flechas que fluyen de un estado a otro, mostrando cómo cambian los estados.

Figura 18.

Diagrama de máquina de estado



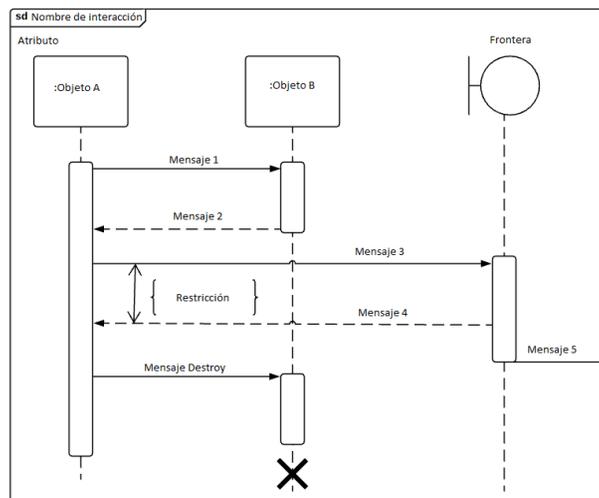
Fuente: Lucichart, Tutorial de diagrama de máquina de estados

I.2.6.2.1.2. Diagrama de secuencia

Su objetivo es representar el intercambio de mensajes entre los distintos objetos del sistema para cumplir con una funcionalidad. Define, por tanto, el comportamiento dinámico del sistema de información.

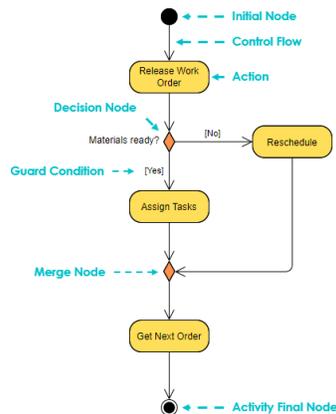
Figura 19.

Diagrama de secuencia



I.2.6.2.1.3. Diagrama de actividades

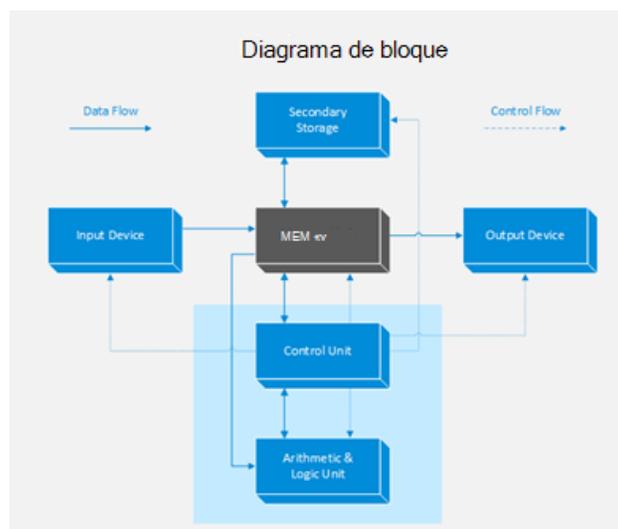
Un diagrama de actividades es un tipo de diagrama que se utiliza para modelar el flujo de trabajo o el comportamiento de un sistema o proceso. Es útil para representar procesos, procedimientos y algoritmos complejos en una forma visual fácil de entender.

Figura 20.**Diagrama de actividades**

Fuente: Lucichart, Tutorial de diagrama de actividades

I.2.6.2.2. Diagramas adicionales**I.2.6.2.2.1. Diagrama de bloques**

Un diagrama de bloques es una representación gráfica de un sistema, proyecto o escenario. Ofrece una visión funcional de un sistema e ilustra cómo se interrelacionan sus distintos elementos. Los ingenieros, en particular, utilizan los diagramas de bloques para modelar los elementos de un sistema y comprender cómo están todos conectados. Pero estas herramientas también son útiles en muchos otros casos de uso.

Figura 21.**Diagrama de bloques**

Fuente: Microsoft, Diagramas y plantillas destacados de Visio.

I.2.7. Softwares utilizados en el proyecto

I.2.7.1.SolidWorks

SOLIDWORKS es un software de diseño CAD 3D (diseño asistido por computadora) para modelar piezas y ensamblajes en 3D y planos en 2D. El software que ofrece un abanico de soluciones para cubrir los aspectos implicados en el proceso de desarrollo del producto. Sus productos ofrecen la posibilidad de crear, diseñar, simular, fabricar, publicar y gestionar los datos del proceso de diseño.

I.2.7.1.1. Historia y evolución

SOLIDWORKS Corp. fue fundada en 1993 por Jon Hirschtick con sede en Masachuset. Con En el año 1995 lanzó su primera versión del CAD 3D al mercado y en 1997 fue adquirida por Dassault Systèmes convirtiéndose en una filial de ésta.

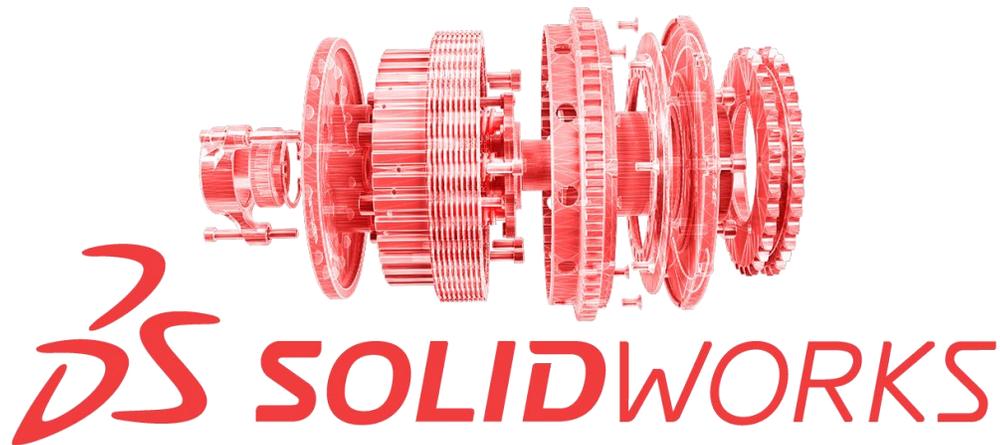
Antes de que SOLIDWORKS Corp. se convirtiera en filial de Dassault Systèmes, la industria necesitaba de un software que combinara el modelado en 3D con la facilidad de uso del escritorio.

En 1993, el fundador de SOLIDWORKS, Jon Hirschtick, contrató a un equipo de ingenieros con el objetivo explícito de hacer que la tecnología CAD 3D fuera más accesible para todos. Y así lo hicieron desarrollando la primera tecnología de CAD en 3D que se ejecutaba en la plataforma de Windows. En el año 1995 lanzaron su primera versión del CAD 3D al mercado y en dos meses la herramienta ganó reconocimientos por su facilidad de uso.

En 1997 el gigante mundial de tecnología Dassault Systèmes S.A. adquirió SOLIDWORKS como filial por 310 millones de dólares.

Hoy SOLIDWORKS ofrece un conjunto de herramientas completo para crear, simular, publicar, administrar datos y gestionar proyectos y procesos maximizando la innovación y la productividad de los recursos de ingeniería. Todas estas soluciones funcionan juntas para permitir a las organizaciones diseñar productos mejores, de forma más rápida y de manera más rentable.

Manteniendo su propuesta de valor asociada a la facilidad de uso de la herramienta, ha seguido creando nuevos productos que resuelven situaciones específicas dentro del proceso de desarrollo del producto, ahorrando tiempo y dinero. Actualmente SOLIDWORKS presenta soluciones de Fabricación Inteligente, diseño y análisis, diseño eléctrico y electrónico, gestión de datos, proyectos y procesos.

Figura 22.*SolidWorks*

Fuente: datapro, SolidWorks Course - Master 3D Modeling And Design

I.2.7.2. Proteus

Proteus es una aplicación para la ejecución de proyectos de construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas: diseño del esquema electrónico, programación del software, construcción de la placa de circuito impreso, simulación de todo el conjunto, depuración de errores, documentación y construcción.

Figura 23.*Proteus*

Fuente: PCBNOW, GERBER EXPORT FROM PROTEUS

Sin la utilización de la suite Proteus, el proceso para construir un equipo electrónico basado en un microprocesador se compone de cinco etapas. Sólo al final del proceso somos capaces de detectar los errores y cualquier problema exige volver a ejecutar el ciclo completo:

Figura 24.

Etapas de Proteus



Fuente: Hubor-Proteus, ¿Que es Proteus?

I.2.7.3. Fritzing

Fritzing es un programa de automatización de diseño electrónico libre que busca ayudar a diseñadores y artistas para que puedan pasar de prototipos (usando, por ejemplo, placas de pruebas) a productos finales. Fritzing ha sido creado bajo los principios de Processing y Arduino, y permite a los diseñadores, artistas, investigadores y aficionados documentar sus prototipos basados en Arduino y crear esquemas de circuitos impresos para su posterior fabricación. Además, cuenta con un sitio web complementario que ayuda a compartir y discutir bosquejos y experiencias y a reducir los costos de fabricación.

Figura 25.

Fritzing



Fuente: WIKIMEDIA COMMONS, File: Fritzing logo (new).png

I.2.7.4.Arduino

Arduino es una plataforma de creación de electrónica de código abierto, la cual está basada en hardware y software libre, flexible y fácil de utilizar para los creadores y desarrolladores. Esta plataforma permite crear diferentes tipos de microordenadores de una sola placa a los que la comunidad de creadores puede darles diferentes tipos de uso.

Figura 26.

Arduino



Fuente: Wikipedia, Arduino

Para poder entender este concepto, primero vas a tener que entender los conceptos de hardware libre y el software libre. El hardware libre son los dispositivos cuyas especificaciones y diagramas son de acceso público, de manera que cualquiera puede replicarlos. Esto quiere decir que Arduino ofrece las bases para que cualquier otra persona o empresa pueda crear sus propias placas, pudiendo ser diferentes entre ellas pero igualmente funcionales al partir de la misma base.

I.2.8. Componentes mecánicos del proyecto

El robot será una adaptación entre madera y la parte inferior de un auto electrónico para niños aprovechando su sistema mecánico y de tracción.

I.2.8.1. Chasis

I.2.8.1.1. Madera Trupan 9mm

Elaborado con fibras de madera obtenida de troncos de Pino Radiata o Taeda, descortezados y seleccionados.

Fácil de trabajar, ideal para moldurado, perforado, ensamblado, atornillado, pintado.

Menor desgaste de herramientas.

Perfil de densidad uniforme.

Superficie lisa, suave y homogénea.

Excelentes propiedades físico mecánicas.

Figura 27.

Madera Trupan 9mm



Fuente: Arauco, Trupan

I.2.8.2. Coche eléctrico para niños

Utilizaremos la parte inferior de un coche eléctrico para aprovechar su suspensión y su sistema mecánico de maniobrabilidad.

Figura 28.

Coche eléctrico todo terreno



Fuente: Motor pasión, Coches eléctricos para niños: todo lo que debes saber antes de comprar uno y cinco opciones muy interesantes

I.2.8.3. Sistema de tracción

I.2.8.3.1. Motores

Se utilizarán 4 motores DC de 10000 RPM con caja de engranajes para aprovechar la velocidad y tracción con los engranajes.

Figura 29.

Motor dc con engranajes



Fuente: AliExpress, Caja de cambios de Motor eléctrico RS550

I.2.8.3.2. Ruedas

Se utilizarán las ruedas del coche eléctrico ya que tiene huellas de auto todo terreno y son de material engomado lo cual ayuda en caso que exista materiales punzantes.

Figura 30.

Rueda del robot



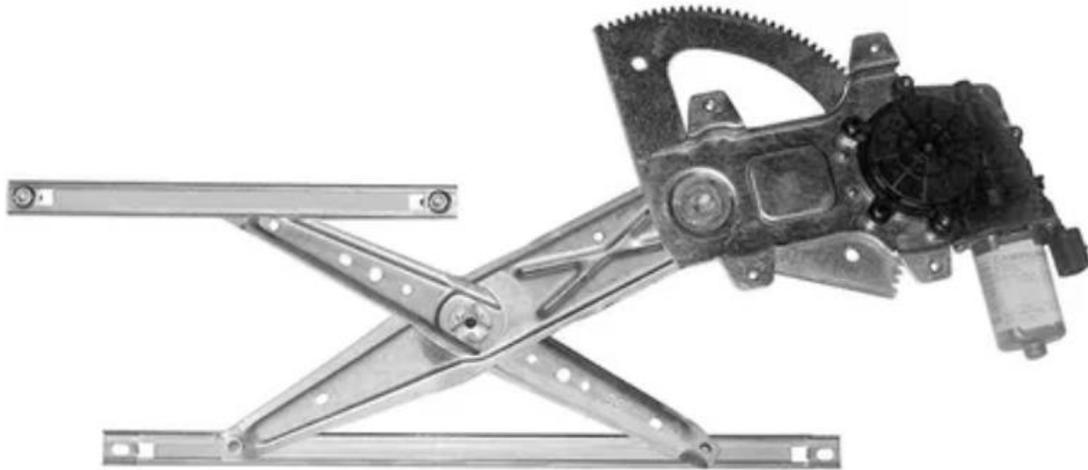
Fuente: AliExpress, Neumáticos con rueda T3010 160mm 4P Fit RC HPI Savage Flux 1:8 Truck

I.2.8.4. Mecanismo de elevación o ajuste de altura

Se implementará este mecanismo para que se pueda mover el detector de metales de arriba y abajo y así poder hacer detecciones más precisas. Para ello se optó en utilizar un motor que se utiliza para abrir y cerrar las ventanas de los autos.

Figura 31.

Motor para vidrio eléctrico



Fuente: Mercado Libre, Maquina alza cristal Daewoo

I.2.8.5. Mecanismo para recolección de minas

Para este se utilizará un motor con engranajes de 8000 RPM y tendrá un grado de libertad.

Referencia Figura 29.

I.2.9. Componentes para el sistema de comunicación

I.2.9.1. Esp32

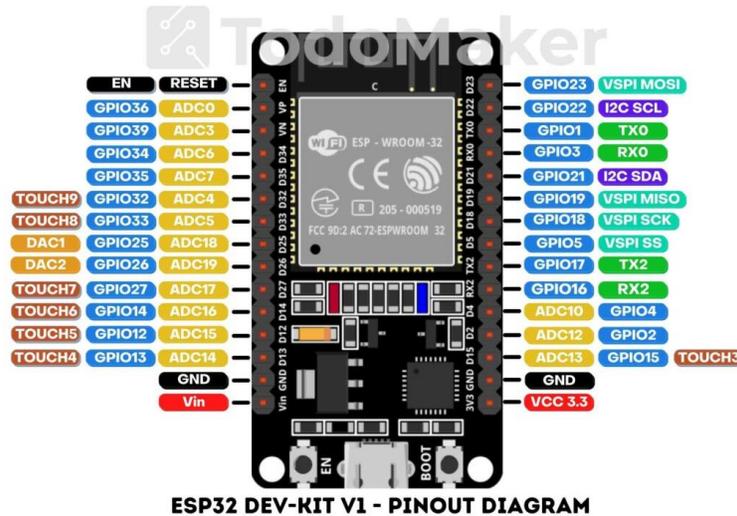
ESP32 es la denominación de una familia de chips SoC (System on a chip / Sistema en un Chip) de bajo costo y consumo de energía, con tecnología WiFi y Bluetooth. El ESP32 fue creado y desarrollado por Espressif Systems y es el sucesor de la familia ESP8266.

Esta tarjeta es un microcontrolador de bajo costo y consumo de energía, cuenta con tecnología Wi-Fi y Bluetooth de modo dual integrada que permite controlar todo tipo de sensores, módulos y actuadores.

I.2.9.1.1. Estructura del esp32

Figura 32.

Estructura de Pines de la Esp32 de 30 pines



Fuente: TODOMAKER, CONOCIENDO AL ESP32

Esta placa electrónica contiene los siguientes pines:

- 19 canales de convertidor analógico/digital (ADC)
- 3 interfaces SPI
- 3 interfaces UART
- 2 interfaces I2C
- 16 canales de salida PWM
- 2 convertidores de digital a analógico (DAC)
- 2 interfaces I2S
- 10 GPIO de detección capacitiva

I.2.9.2. Detector de metales

Se utilizará un detector de metales comercial adaptado para lectura de datos que envía analógicamente.

Figura 33.

White's Coin Master



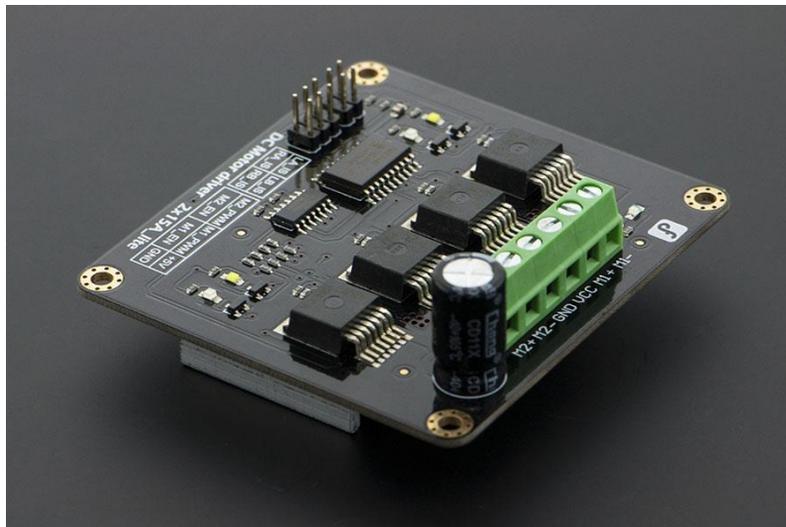
Fuente: Raig, White's Coinmaster Metal Detector

I.2.9.3. Control de motores

Para el control de motores DC se utilizará puente h de 2 canales que soporta hasta 15 [A] de salida para cada canal.

Figura 34.

Dc Motor Driver 2x15A



Fuente: DfRobot, DC Motor Driver 2x15A Lite

I.2.9.4. Control a distancia

Es empleado para controlar el robot a distancia.

I.2.9.4.1. Mando de Ps4

Figura 35.

Mando DUALSHOCK 4



©2013 Sony Computer Entertainment Inc. All rights reserved.
Design and specifications are subject to change without notice.

Fuente: Playstation.Blog, Todo lo que necesitas saber del DUALSHOCK 4

I.2.10. Componentes electrónicos del proyecto

I.2.10.1. Placa PCB

Sus siglas en inglés corresponden a placa de circuito impreso ("printed circuit board"), y se define como un circuito cuyos componentes y conductores están contenidos dentro de una estructura mecánica. Las funciones conductoras de la PCB incluyen trazas de cobre, terminales, disipadores de calor o conductores planos. La estructura mecánica se hace con material laminado aislante entre capas de material conductor. A su vez, la estructura general de la placa es chapada y cubierta con una máscara de soldadura no conductora y una pantalla de impresión para la ubicación de leyenda de componentes electrónicos.

I.2.10.1.1. Componentes de la PCB

Para la realización de nuestra placa PCB se utilizarán diferentes componentes electrónicos para que esta cumpla su funcionamiento, entre ellos:

I.2.10.1.1.1. Resistencias

Las resistencias son el componente electrónico más común. Son una pieza crítica en casi todos los circuitos y juegan un rol muy importante en nuestra ecuación preferida, la Ley de Ohm.

Figura 36.

Resistencias



Fuente: MCI Capacitación, Resistencias

I.2.10.1.1.2. Conector de terminales

Los terminales eléctricos se refieren al extremo de un conductor, red o dispositivo. Incluso un terminal puede ser una referencia a un conector que está conectado a este punto final, que puede usarse como un punto para conectar circuitos externos. Pueden ser de varios tipos, dependiendo de su uso.

Figura 37.

Conector de terminales



Fuente: MCI Electronics, Terminal Block de 3.5mm (2 Pines)

I.2.10.1.1.3. Capacitores

La función de un capacitor es almacenar una carga de energía que pueda ser liberada de forma rápida. La carga y descarga de un capacitor es muy útil para, por ejemplo, alimentar un motor eléctrico y son muy eficientes en mecanismos que necesitan un incremento rápido de energía, tales como el flash de una cámara fotográfica, arrancadores para motores y amplificadores de audio para automóviles.

En circuitos en los que el voltaje de la corriente eléctrica fluctúa mucho, la función del capacitor intermedio es nivelarlo, ya que su carga almacena la energía sobrante cuando el voltaje aumenta. Posteriormente, la energía almacenada en un capacitor se libera al disminuir el voltaje.

Figura 38.

Capacitores



Fuente: Quartux, ¿Qué es un capacitor o condensador eléctrico?

I.2.10.1.1.4. Diodos

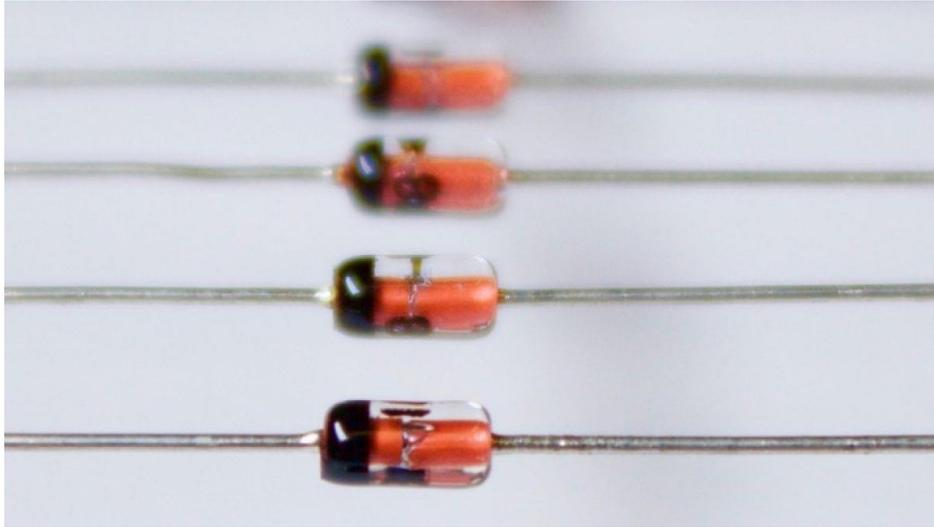
Un diodo es un dispositivo semiconductor que actúa esencialmente como un interruptor unidireccional para la corriente. Permite que la corriente fluya en una dirección, pero no permite a la corriente fluir en la dirección opuesta.

Los diodos también se conocen como rectificadores porque cambian corriente alterna (CA) a corriente continua (CC) pulsante. Los diodos se clasifican según su tipo, voltaje y capacidad de corriente.

Los diodos tienen una polaridad determinada por un ánodo (terminal positivo) y un cátodo (terminal negativo). La mayoría de los diodos permiten que la corriente fluya solo cuando se aplica tensión al ánodo positivo.

Figura 39.

Diodo



Fuente: efectoLED, Qué es un diodo y cómo funciona

I.2.10.1.1.5. Transistor

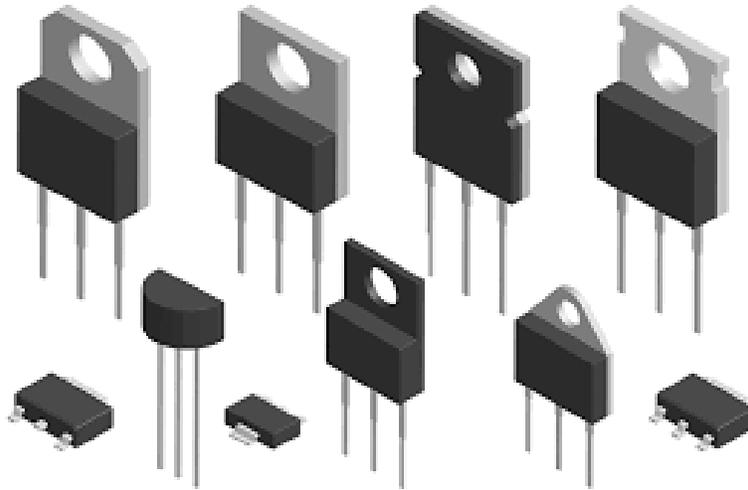
El transistor o BJT es un componente eléctrico semi-conductor que puede ser utilizado para el control adecuado del flujo de corriente eléctrica.

En este caso, una pequeña cantidad de corriente en el conductor base, puede controlar una mayor cantidad de corriente entre el colector y el emisor.

En resumen, un transistor puede modificar una señal eléctrica de salida en respuesta a una de entrada, funcionando de esta forma como conmutador, amplificador, rectificador u oscilador.

Figura 40.

Tipo de transistores



Fuente: Electronica básica, El Transistor, ¿Qué es y cómo funciona?

I.2.10.1.1.6. Amplificador operacional

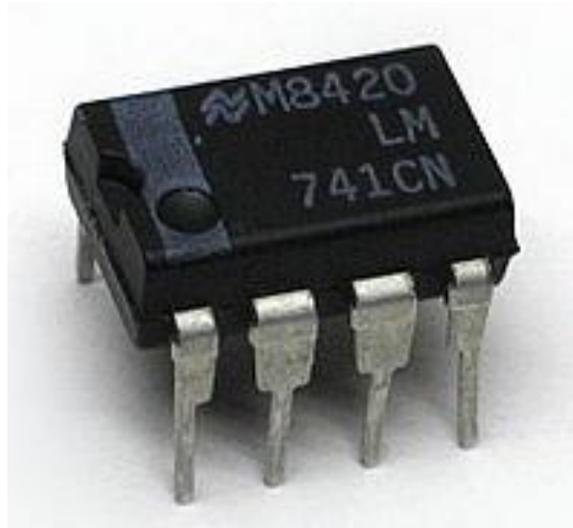
Un amplificador operacional, a menudo conocido op-amp por sus siglas en inglés (operational amplifier), es un dispositivo amplificador electrónico de alta ganancia acoplado en corriente continua que tiene dos entradas y una salida. En esta configuración, la salida del dispositivo es, generalmente, de cientos de miles de veces mayor que la diferencia de potencial entre sus entradas.

Los diseños varían entre cada fabricante y cada producto, pero todos los amplificadores operacionales tienen básicamente la misma estructura interna, que consiste en tres etapas:

1. Amplificador diferencial: es la etapa de entrada que proporciona una baja amplificación del ruido y gran impedancia de entrada. Suelen tener una salida diferencial.
2. Amplificador de tensión: proporciona ganancia de tensión.
3. Amplificador de salida: proporciona la capacidad de suministrar la corriente necesaria, tiene una baja impedancia de salida y, usualmente, protección frente a cortocircuitos. Este también proporciona una ganancia adicional.

Figura 41.

Amplificador Operacional



Fuente: Wikipedia, Amplificador operacional

I.2.10.1.1.7. Optoacoplador

Un optoacoplador también llamado optoaislador, es un circuito electrónico que funciona como un interruptor aislado ópticamente. Es decir, que permite una conexión eléctricamente aislada entre dos circuitos que operan a distintos voltajes. Esta construido por un led y un circuito de control activado por luz infrarroja. Entre otras cosas, una de las ventajas principales de los optoacopladores es su aislación eléctrica entre la carga y la electrónica de control.

Las aplicaciones de optoacopladores incluyen el de activar cargas que puedan inducir ruido eléctrico al sistema de control. Cuando una carga inductiva como un motor se activa y desactiva produce perturbaciones como por ejemplo eléctricas en la alimentación del sistema. Incluso cargas que consumen mucha potencia de la fuente pueden drenar momentáneamente el voltaje o la corriente que dicha fuente sumista. Los optoacopladores se usan para aislar a estas perturbaciones electrónicas.

Figura 42.

Optoacoplador



Fuente: Amazon, YAKESTYLE 10 piezas PC817B

I.2.10.2. Fuente de Alimentación

Dentro del proyecto se utilizarán 2 tipos de baterías.

I.2.10.2.1. Batería de 12V seca o gel

Figura 43.

Bateria 12 V



Fuente: Open Support, BATERIA SECA RECARGABLE * 12 VOLTIOS * 7 AMPERES

I.2.10.2.2. Batería Lipo

Figura 44.

Batería Lipo



Fuente: SAWERS, Batería Lipo 11.1V 5000mAh 3S 30C Turnigy XT90

I.2.10.3. Electroimán

Un electroimán es un dispositivo que utiliza corriente eléctrica para generar un campo magnético temporal. Consiste en una bobina de alambre enrollada alrededor de un núcleo ferromagnético (a menudo de hierro), creando un circuito magnético cerrado. Cuando la corriente fluye a través de la bobina, se induce un campo magnético en el núcleo, convirtiéndolo en un imán.

I.2.10.3.1. Componentes Principales de un Electroimán

Bobina de Alambre: Es el componente principal que se enrolla alrededor del núcleo. La corriente eléctrica fluye a través de esta bobina, generando el campo magnético.

Núcleo Ferromagnético: Generalmente hecho de hierro o algún material ferroso, el núcleo mejora la eficiencia del electroimán al concentrar las líneas de flujo magnético.

Fuente de Alimentación: Suministra la corriente eléctrica necesaria para energizar la bobina y generar el campo magnético.

I.2.10.3.2. Principio de Funcionamiento

Cuando se aplica una corriente eléctrica a la bobina del electroimán, se genera un campo magnético alrededor del núcleo ferromagnético. Este campo magnético desaparece cuando

se interrumpe la corriente eléctrica. La fuerza del campo magnético generado es proporcional a la intensidad de la corriente y al número de vueltas en la bobina.

Figura 45.

Electroiman



Fuente: Provedora Cano, Electroiman Iman 12v 20kg

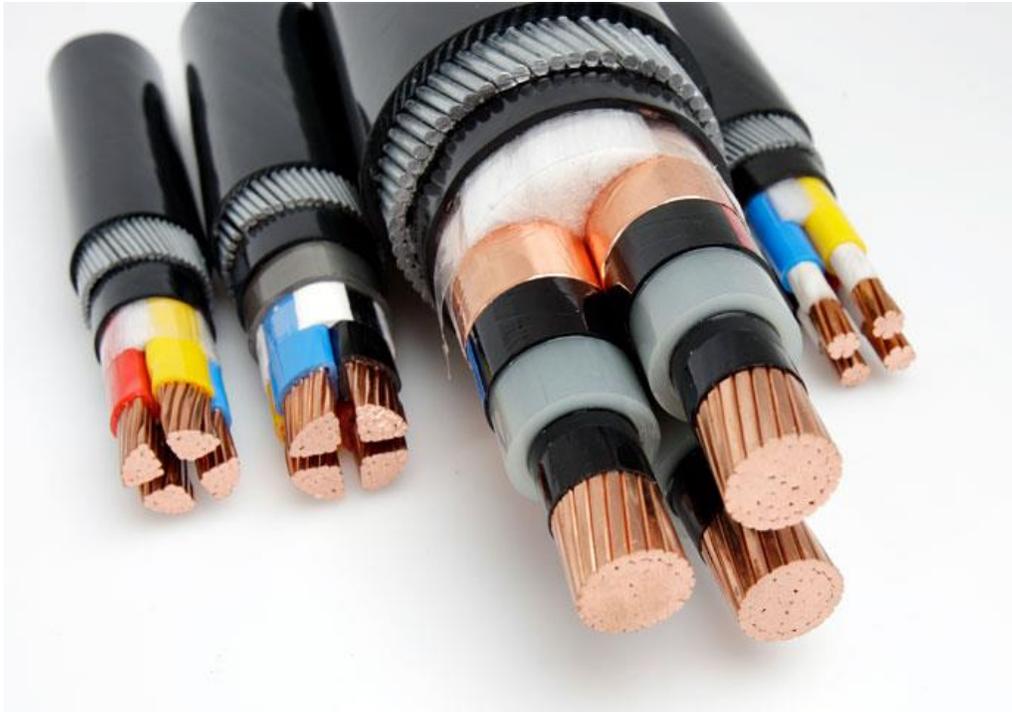
I.2.10.4. Cables de conexión

I.2.10.4.1. Cable de cobre

El cable de cobre es principalmente un conductor de electricidad. La forma de cable está desarrollada para que de esta manera permita transmitir energía eléctrica de la forma más óptima posible.

Figura 46.

Tipos de cable



Fuente: Claussen Company, Cables de potencia

I.2.10.4.1.1. Tabla de calibres de cables eléctricos

Tabla 2.

Tabla de calibre de cables eléctricos

| AMPERAJE - CABLE DE COBRE | | | |
|---------------------------|--------------------|------------------|-----------------------|
| Tipo de aislante | TW | RHW,THW, THWN | THHN,XHHW-2 THWN-2 |
| Nivel de temperatura | 60°C | 75°C | 90°C |
| Calibre de cable | Amperaje soportado | | |
| 14 AWG | 15 A | 15 A | 15 A |
| 12 AWG | 20 A | 20 A | 20 A |
| 10 AWG | 30 A | 30 A | 30 A |
| 8 AWG | 40 A | 50 A | 55 A |
| 6 AWG | 55 A | 65 A | 75 A |
| 4 AWG | 70 A | 85 A | 95 A |
| 3 AWG | 85 A | 100 A | 115 A |
| 2 AWG | 95 A | 115 A | 130 A |
| 1 AWG | 110 A | 130 A | 145 A |
| 1/0 AWG | 125 A | 150 A | 170 A |
| 2/0 AWG | 145 A | 175 A | 195 A |
| 3/0 AWG | 165 A | 200 A | 225 A |
| 4/0 AWG | 195 A | 230 A | 260 A |

Fuente: Construyendo, Cables eléctricos

I.2.10.4.1.2. Secciones equivalentes de AWG y mm²

Tabla 3.

Equivalencia AWG/mm2

| AWG / MCM | Mm2 |
|-----------|-----|
| 14 | 1.5 |
| 12 | 2.5 |
| 10 | 4 |
| 8 | 6 |
| 6 | 10 |
| 4 | 16 |
| 2 | 25 |
| 1 | 35 |
| 1/0 | 50 |
| 3/0 | 70 |

Fuente: Elaboración propia, información sacada de “Tabla del electricista”; <https://www.induscabos.com.br/wp-content/uploads/2016/05/tabela-expot-1.pdf>

I.2.10.4.2. Jumpers

En informática o electrónica, un jumper o puente es un componente que permite interconectar dos terminales de manera transitoria o permanente sin tener que efectuar una operación que requiera una herramienta adicional. Esta unión de terminales une el circuito eléctrico del que forma parte. Son habitualmente usados para configurar o ajustar circuitos impresos de forma tal que realicen una función determinada, como las tarjetas madres de los ordenadores.

Figura 47.***Jumpers***



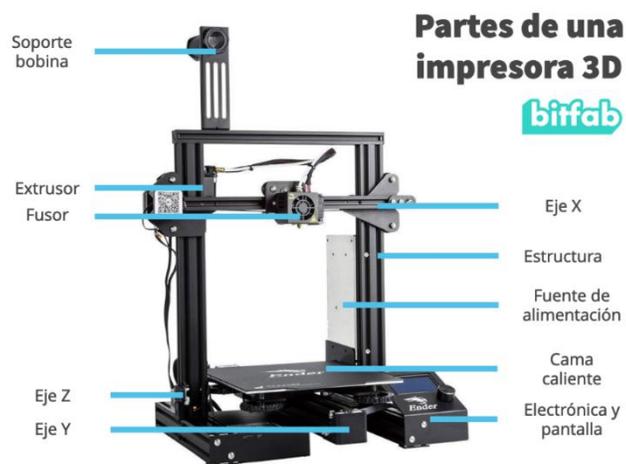
Fuente: Mecatronium chips, Cables Jumper Hembra-Macho 10cms

I.2.10.4.3. Diseño en 3D

I.2.10.4.3.1. Impresora 3D

Figura 48.

Partes de una impresora en 3D



Fuente: bitfab, Las partes de una impresora 3D ¿Qué componentes elegir?

I.2.10.4.3.2. Filamento PLA

Figura 49.

Filamento PLA



Fuente: 3D Natives

I.3. Estado del Arte

I.3.1. Competencia Minesweepers

El primer concurso internacional que tiene como objetivo concienciar al público sobre la gravedad de la contaminación por minas terrestres y municiones sin explotar (MUSE), fomentar la investigación de la robótica y sus aplicaciones en el área del desminado humanitario en el mundo y contribuir activamente al logro de algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) adoptados por los Estados miembros de la ONU.

En esta competencia, cada equipo participante construye un vehículo terrestre/aéreo no tripulado/autónomo teleoperado que debe ser capaz de buscar minas terrestres antipersonal y UXO enterradas y colocadas en la superficie.

La posición y el tipo de cada objeto detectado se visualizan y se superponen en un mapa de campo minado.

El objetivo final del concurso Minesweepers es aplicar tecnología robótica para resolver el problema de las minas terrestres, lo que coincide con la nueva misión estratégica del IEEE, "...fomentar la innovación tecnológica y la excelencia en beneficio de la humanidad".

Para servir como foro educativo y de investigación para brindar soluciones eficientes, confiables, adaptables y rentables para el grave problema del desminado humanitario en muchos países afectados en el mundo, el concurso motiva a los participantes a crear nuevas empresas e industrias orientadas a los campos minados. Tecnologías de reconocimiento y cartografía.

Además, la aplicabilidad de los sistemas robóticos presentados en este concurso se puede ampliar a una amplia gama de otras aplicaciones, como seguridad y vigilancia, búsqueda y rescate, monitoreo del estado de la infraestructura civil, monitoreo de tuberías y monitoreo ambiental.

I.3.1.1. Minesweepers en Bolivia

Años atrás inicio esta iniciativa en la ciudad de La Paz, realizándose el evento Minesweepers, los primeros 4 años esta competencia se realizaba a nivel nacional pero solo Universidades de la misma ciudad eran las que participaban.

Figura 50.

Competencia Nacional Minesweepers 2018



Nota: Presentación de campo y robots para la competencia.

Con la finalidad de poder participar en esta competencia, con esfuerzo de la carrera, el año (2019) estudiantes de la carrera de Ingeniería Informática fueron capacitados en la ciudad de La Paz para el armado de un robot buscaminas y de esa manera ser parte del concurso Nacional Minesweepers en el cual obtuvieron el 3er lugar de la categoría Academia, habilitándose al Regional Latinoamericano en esa misma gestión.

Figura 51.

Capacitación alumnos de la carrera de Ingeniería Informática (UAJMS)



Nota: Finalización de curso con entrega de certificados.

Figura 52.

Robot y premio de la competencia Nacional Minesweepers 2019



Nota: Robot que se llevó a la competencia y su reconocimiento al 3er lugar en la categoría Academia.

Gracias a varias gestiones y el apoyo de autoridades Facultativas y Universitarias. La competencia Latinoamericana se llevó a cabo en la ciudad de Tarija en fechas 28, 29 y 30 de septiembre con la colaboración externa de la Fautapo para su realización; en la que se logró sacar un merecido 4to lugar para el equipo de la UAJMS denominado “Rezagados de Asgard”.

Figura 53.

Competencia Regional Latino Americana Minesweepers 2019, Tarija



Nota: Equipo Rezagados de Asgard que participo en la competencia Minesweepers 2019

El año (2022) se volvió a participar en dicha competencia, en fecha 8 de octubre en predios del futuro Centro de Investigaciones de Robótica Aplicada en el municipio de Viacha – La Paz, en la que el equipo de la UAJMS “MAKER” en esa oportunidad logro conseguir un merecido 2do lugar.

Figura 54.

Competencia Regional Latinoamericana Minesweepers 2022



Nota: Robot que participo en la competencia Minesweepers 2022 sacando el 2do lugar.

Haber logrado el 2do lugar en esta competencia habilita al equipo del grupo de Investigación “MakerLab” de la carrera de Ing. Informática de la UAJMS poder participar en la Competencia Mundial en Alamein City – Egipto.

I.3.2. Antecedentes de trabajos similares

Las tecnologías robóticas han adquirido un papel protagónico en la detección y eliminación de minas antipersonales. Gómez, Rodríguez y Hinojosa (2015) describen el diseño de un robot terrestre móvil equipado con radar de penetración de suelo e infrarrojos para la detección de minas. Este sistema combina la detección de metales enterrados y las variaciones de temperatura para identificar las minas y está diseñado para operación remota, reduciendo el riesgo para los humanos. Por otro lado, López-López et al. (2019) presentan un robot móvil teleoperado que integra varios sensores y una cámara para la detección en tiempo real, subrayando la eficacia de los robots en la identificación precisa de minas y la seguridad del operador.

La persistencia de las minas antipersonales sigue siendo un desafío humanitario global, causando bajas civiles y obstaculizando el desarrollo económico y social. Los métodos tradicionales de detección, aunque efectivos, llevan consigo un riesgo inherente y ciertas limitaciones. En este contexto, ha surgido un creciente interés por desarrollar tecnologías robóticas más seguras y eficientes, lo que evidencia la contribución vital de la investigación académica en la mejora de la eficiencia y seguridad en la detección de minas (Gómez, Rodríguez, & Hinojosa, 2015; López-López et al., 2019).

Otros trabajos que se pudieron encontrar son:

- Desarrollo de un robot móvil con sistema de recolección de objetos controlado remotamente para fines didácticos (Joselyn Carolai, Luis Alberto Cardenas, Universidad Politecnica Salesiana 2022).
- Navegación de un robot móvil sobre terreno irregular con contacto de su brazo con el suelo (D. Jesus Marcelo Garcia Caicedo, Universidad de Malaga 2018)
- Diseño y construcción de un robot terrestre para la exploración en minería (Eloy Cristian Sarabia Yapuchura, Universidad Mayor de San Andres 2016).

I.3.3. Prototipo a mejorar

Este prototipo fue diseñado para la competencia Latinoamericana del año 2022. A continuación, se describirá los componentes que tenía este:

Tabla 4.***Componentes prototipo***

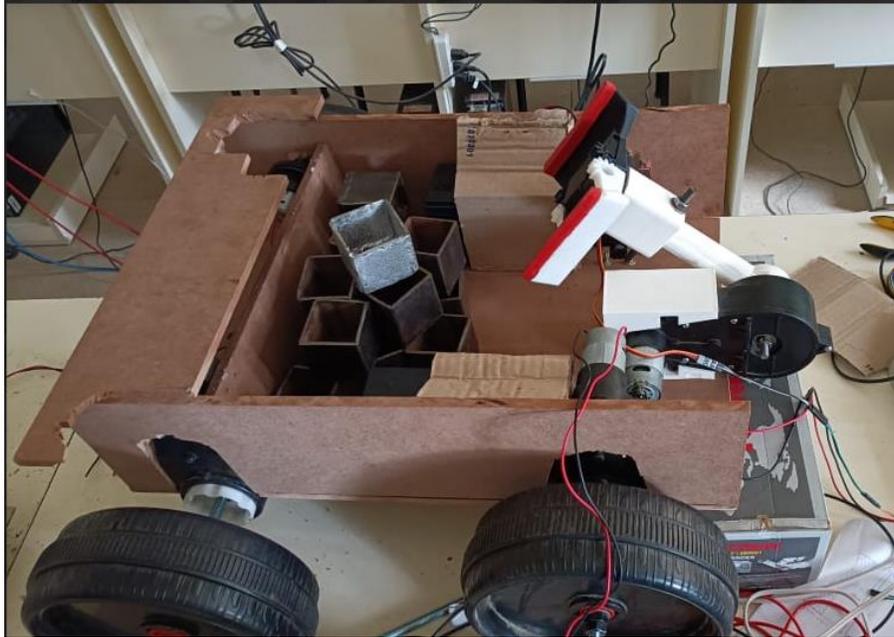
| Nombre | Descripción |
|--------------------------|---|
| Madera trupan 9mm | Base del prototipo robot con diferentes medidas 1 de 48x37 cm 2 de 48x15 cm 1 de 38x7 cm 2 de 15x7 cm |
| Motores con engranajes | 2 de 10000rpm 2 de 9000rpm |
| Ruedas | 12cm de radio cada rueda |
| Detector de metales | Detector de metales profesional adaptado para captar su señal analógica |
| Varillas | Varillas utilizadas para unión de ruedas y base del prototipo |
| Arduino Mega Pro | Versión compacta de Arduino Mega 2560 es ideal para proyectos donde se necesite la potencia y abundancia de pines de entrada/salida del ATmega2560. |
| Driver Motor 2x15A | Driver de 2 salidas con salida máxima de 15 Amp |
| Batería de 12V | Batería de ácido de 7Amp |
| Mando ps2 inalámbrico | Para la comunicación del operador con el robot |
| Esp32-CAM | Placa de desarrollo con cámara incluida |
| Brazo robótico con garra | Para recolección de minas |
| Placa PCB | Placa con todos los componentes electrónicos para el funcionamiento del robot. |

Fuente: Elaboración propia

I.3.3.1. Diseño mecánico

Figura 55.

Diseño del prototipo robot

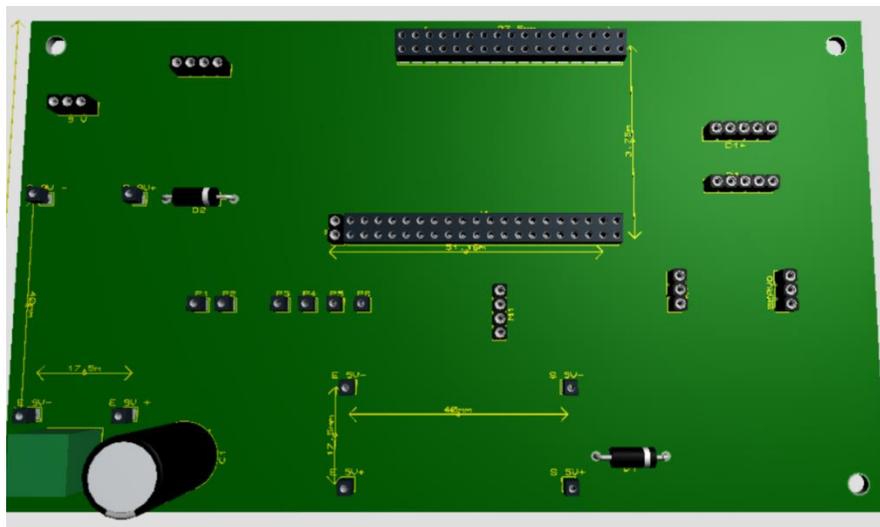


Fuente: Elaboración propia

I.3.3.2. Placa PCB

Figura 56.

Diseño PCB en 3D



Fuente: Elaboración propia

I.3.3.3. Prototipo final ensamblado

Figura 57.

Ensamblado final del prototipo



Fuente: Elaboración propia

I.3.3.4. Problemas detectados en el prototipo

A pesar que tuvo una muy buena representación en la competencia latinoamericana el año 2022 se pudo percibir varios problemas los cuales se detectaron cuando el prototipo robot estaba en competición.

A continuación, se describirá cada uno de estos percances y se trataran de solucionar en la nueva versión.

I.3.3.4.1. Problema N°1. Conexión eléctrica

La conexión eléctrica representó un percance crucial durante el uso del prototipo robot, ya que no se tuvo en cuenta el amperaje que dicha conexión debía soportar. Esto resultó en un sobrecalentamiento de los cables, llegando incluso a causar su quemadura.

I.3.3.4.2. Problema N°2. Garra del brazo robot

En la competencia, una de las tareas consiste en recolectar las minas superficiales. Sin embargo, se enfrentó problemas con el brazo robot existente, ya que, al intentar agarrar las minas, estas se soltaban debido a que el servomotor no proporcionaba el agarre suficiente.

I.3.3.4.3. Problema N°3. Detección de Minas Antipersonales

A pesar de tener un detector de metales profesional las limitaciones de detección se veían reflejadas debido a que el detector estaba en un lugar estático y cuando había minas enterradas en algunas ocasiones no lograba detectarlas.

I.3.3.4.4. Problema N°4. Tracción del robot

El robot operaba con motores de diferentes revoluciones, lo que afectaba su tracción. Las ruedas traseras giraban a 9000RPM, mientras que las delanteras lo hacían a 7000RPM, lo que generaba inconsistencias en el movimiento del robot.

I.3.3.4.5. Problema N°5. Detector de Metales

Experimentamos un percance significativo con el detector de metales que, lamentablemente, no pudo ser resuelto mediante reparaciones. Esta situación generó un impedimento crucial, ya que la herramienta dejó de ser funcional, privándonos de la capacidad para realizar detecciones. La naturaleza del problema no permitió encontrar una solución inmediata, lo que implica que nos vemos en la necesidad de abordar esta situación crítica para restaurar la funcionalidad del detector de metales y reanudar las operaciones de detección necesarias para el proyecto.

I.3.3.5. Propuesta solución a problemas

I.3.3.5.1. Solución N°1. Conexión Eléctrica

En la conexión eléctrica, se decidió emplear cables de 2.5 mm, diseñados para soportar hasta 20[A] de potencia. Esta elección asegura un flujo de corriente eléctrica sin contratiempos desde las baterías, proporcionando una solución robusta y segura para la transmisión de energía en el sistema.

I.3.3.5.2. Solución N°2. Brazo robot

Para la operación del brazo robot, se decidió realizar una modificación significativa. En lugar de utilizar la garra convencional, hemos optado por implementar un electroimán. Este electroimán estará equipado con un activador electrónico que permitirá su encendido y apagado, proporcionando así una solución mejorada y más versátil para la recolección de objetos metálicos.

I.3.3.5.3. Solución N°3. Detección de Minas Antipersonales

Con el objetivo de mejorar la capacidad de detección, se ha incorporado un mecanismo de elevación y descenso en el detector. Este sistema nos permite ajustar la altura del detector,

permitiendo así una mayor flexibilidad para adaptarse a diversas alturas. Esta característica mejorará significativamente la precisión en la detección, ya que podremos posicionar el detector a diferentes niveles para optimizar su rendimiento según las condiciones específicas del entorno.

I.3.3.5.4. Solución N°4. Tracción del robot

Con el fin de eliminar la disparidad en las RPM de los motores en el prototipo, se trabajará en adquirir motores que cuenten con la misma velocidad de revoluciones. Además, estamos explorando la posibilidad de obtener ruedas adicionales que brinden una mayor adherencia, con el propósito de mejorar significativamente la tracción del prototipo. Estas medidas buscan optimizar el rendimiento del sistema, asegurando un funcionamiento más consistente y eficiente en diversas condiciones.

I.3.3.5.5. Solución N°5. Detector de Metales

Ante la ausencia del detector de metales profesional, nos enfrentamos al desafío de mantener la funcionalidad de detección. Para abordar este problema, hemos decidido aprovechar la bobina existente y desarrollar un detector de metales en la placa PCB. Esta solución permitirá mantener la capacidad de detección y superar las limitaciones asociadas con la falta del detector profesional, garantizando así la continuidad operativa del proyecto.

I.4. Objetivos

I.4.1. Objetivo General

Mejorar y adaptar el Prototipo Robot Buscaminas para la competencia mundial Minesweepers.

I.4.2. Objetivos Específicos

- Diseñar, ensamblar y programar un prototipo robot buscaminas mejorando así la movilidad, precisión y durabilidad del prototipo.
- Socializar el prototipo Robot en la competencia Mundial Minesweepers.

I.5. Matriz de Marco Lógico (MML)

Tabla 5.

Matriz de Marco Lógico

| Resumen Narrativo del Proyecto | Indicadores | Medios de Verificación | Supuestos |
|---|---|--|---|
| <p>Fin</p> <p>Contribuir a la iniciativa global de seguridad humanitaria a través del desarrollo de tecnologías robóticas innovadoras que asistan en la detección de minas antipersonales.</p> | <p>Después de un año desde su implementación, se proyecta que el robot buscaminas logre una tasa de detección precisa, minimizando los errores. Este desempeño respaldará su papel en la seguridad humanitaria global, asegurando la protección efectiva contra minas antipersonales.</p> | <p>Análisis comparativo entre el desempeño del prototipo robot buscaminas y los estándares previos sin él proyecto.</p> <p>Registros y resultados de la participación del robot en competición Minesweepers.</p> | <p>Se cuenta con la maquinaria y/o herramientas necesarias para alcanzar el acabado del prototipo</p> |
| <p>Objetivo General (Propósito)</p> <p>Mejorar y adaptar el Prototipo Robot Buscaminas para la competencia mundial Minesweepers.</p> | $IP = \frac{\text{Nro. procesos culminados}}{\text{Nro. total de procesos}} * 100$ <ol style="list-style-type: none"> 1. Diseño Mecánico 2. Diseño Electrónico 3. Programación del prototipo | <p>Documentación de la tesis de grado y certificación de participación en la competencia mundial.</p> | <p>Se cuenta con el apoyo de las autoridades académicas de la Universidad para que siga adelante este proyecto.</p> |

| | | | |
|--|---|---|---|
| | <p>4. Ensamblaje del prototipo</p> <p>5. Participación en la competencia</p> $IP = \frac{5}{5} * 100 = 100\%$ <p>Finalizado el proyecto habrá un 100% de los procesos asociados a este.</p> | | <p>En cuanto a software y dispositivos electrónicos se tienen los necesarios para continuar con el proyecto.</p> |
| <p>Objetivos Específicos (Componentes)</p> <p>C1. Diseñar, ensamblar y programar un prototipo robot buscaminas mejorando así la movilidad, precisión y durabilidad del prototipo.</p> | <p>C1. El prototipo estará concluido en un 90% en el mes de septiembre</p> <p>Finalización del prototipo robot buscaminas funcional, contra versión anterior del prototipo.</p> | <p>C1. Revisión de planos y diagramas detallados del diseño.</p> <p>Modelos 3D del prototipo.</p> <p>Análisis del cuadro comparativo de mejoras, destacando la evolución en diseño, programación y ensamblaje respecto a la versión anterior del prototipo.</p> | <p>C1. Acceso a herramientas de diseño asistido por computadora (CAD).</p> <p>Conocimiento técnico para abordar los desafíos de diseño.</p> <p>Disponibilidad de materiales y componentes necesarios para el prototipo.</p> |

| | | | |
|--|---|---|--|
| <p>C2. Socialización del Prototipo Robot en la Competencia Mundial Minesweepers</p> | <p>C2. Participación activa y reconocimiento positivo en la competencia.</p> | <p>C2. Retroalimentación y comentarios recopilados de jueces, competidores y asistentes durante el evento. Publicaciones en medios de comunicación o reconocimientos oficiales obtenidos durante o después de la competencia.</p> | <p>C2. Aprobación y aceptación de la participación del prototipo en la competencia. Condiciones favorables para la presentación y demostración del robot. Respuesta positiva y constructiva de la comunidad en la competencia.</p> |
| <p>Actividades</p> <p>Componente 1</p> <p>1) Planificación y Diseño Inicial</p> <p>2) Desarrollo del Sistema Mecánico</p> <p>3) Desarrollo del Sistema Electrónico</p> | <p>Resumen del presupuesto</p> <p>10000. Servicios Personales</p> <p>25600 Bs</p> <p>20000 Servicios no Personales</p> <p>4000 Bs</p> <p>30000 Materiales y suministros</p> | <p>Informe presupuestario del proyecto. Utilizando los clasificadores Presupuestarios que proporciona el Ministerio</p> | <p>Los desembolsos se realizarán de acuerdo con el cronograma.</p> |

| | | | |
|---|----------------------------------|----------------------------------|--|
| 4) Programación y pruebas del prototipo robot | 1470 Bs | de Economía y finanzas públicas. | |
| 5) Ensamblaje del prototipo robot | 40000 Activos reales 13150 Bs | | |
| Componente 2 | Total | | |
| 1) Participación en la competencia Minesweepers | 44.220 Bs | | |
| 2) Documentación final del proyecto | | | |

CAPITULO II. COMPONENTES

II.1. Componente 1: Diseñar, ensamblar y programar un prototipo robot buscaminas mejorando así la movilidad, precisión y durabilidad del prototipo.

II.1.1. Sprint 1. Planificación y Diseño Inicial

II.1.1.1. Elección de componentes

II.1.1.1.1. Placa de desarrollo

Al evaluar las opciones para el desarrollo del proyecto, se ha considerado detenidamente las características y capacidades de dos plataformas populares: ESP32 y Arduino. A continuación, se presentan razones clave por las cuales hemos optado por la ESP32 en este contexto específico:

II.1.1.1.1.1. Especificaciones de la placa ESP y la placa Arduino

La siguiente tabla compara las especificaciones y características de ESP32 y NodeMCU ESP8266 con las populares placas Arduino.

Tabla 6.

Especificaciones de la placa ESP y la placa Arduino

| Función | ESP32 | NodeMCU ESP8266 | Arduino UNO | Arduino Mega2560 |
|---------------------------|---|--|------------------------|-----------------------------|
| Microcontrolador | Microprocesador Xtensa Dual Core LX6 de 32 bits | Tensilica 32-bit Xtensa LX106 | ATMega328P | ATMega2560 |
| Memoria Flash | 4MB | 4 MB | 32KB | 256 KB |
| SRAM | 520MB | 128 KB | 2KB | 8KB |
| EEPROM | No disponible | No disponible 512 bytes (Software) | 1KB | 4KB |
| Velocidad del reloj | Hasta 240 MHz | 80 o 160 MHz | 16MHZ | 16 MHz |
| Tensión de funcionamiento | 3.3V DC | 3.3V DC | 5V DC | 5V DC |

| | | | | |
|---|--|---------------------|---------------|-------------|
| Tensión de entrada | 3.3V DC | 7-12 DC | 6V-20V DC | 7-12V |
| Consumo actual | 80 mA - 90mA | 15 μ A - 400 mA | 45 mA - 80 mA | 150 μ A |
| Corriente continua por pin de E/S | 40 mA | 12 mA | 20 mA | 20 mA |
| Corriente continua para la clavija de 3,3 V | 50 mA | 1A | 50 mA | 50 mA |
| Pines digitales IO | 36 | 17 | 14 | 54 |
| Pines de entrada analógica | Hasta 18 | 1 | 6 | 16 |
| UARTs | 3 | 2 | 1 | 4 |
| SPI | 4 | 2 | 1 | 1 |
| I2C | 2 | 1 | 1 | 1 |
| CAN | Sí | No | No | No |
| PWM | 16 | 4 | 6 | 14 |
| Wi-Fi | Sí, 802.11 b/g/n | Sí | No | No |
| Bluetooth | Sí, especificación Bluetooth v4.2 BR/EDR y BLE | No | No | Norr |

Fuente: Elaboración propia

II.1.1.1.1.2. Conectividad Avanzada: Wi-Fi y Bluetooth Integrados

La ESP32 ofrece capacidades integradas de Wi-Fi y Bluetooth, proporcionando una solución integral para proyectos que requieren conectividad inalámbrica. Esto resulta fundamental para aplicaciones que implican comunicación a través de Internet o interacción con dispositivos Bluetooth.

II.1.1.1.1.3. Potencia de Procesamiento Superior

La ESP32 está equipada con un procesador más potente en comparación con ciertos modelos de Arduino. Esta capacidad adicional de procesamiento es especialmente valiosa para

proyectos que demandan el manejo eficiente de datos en tiempo real o la ejecución de aplicaciones más avanzadas.

II.1.1.1.4. Amplio Conjunto de Pines de Entrada/Salida (I/O)

Con una mayor cantidad de pines de entrada/salida, la ESP32 ofrece una flexibilidad adicional para la conexión de componentes en proyectos más complejos. Esta característica es esencial cuando se requiere una mayor cantidad de conexiones para sensores, actuadores u otros dispositivos periféricos.

II.1.1.1.5. Mayor Capacidad de Memoria

La ESP32 generalmente cuenta con una mayor cantidad de memoria RAM y flash en comparación con algunos modelos de Arduino. Este excedente de recursos es beneficioso para proyectos que manejan grandes volúmenes de datos o necesitan almacenamiento a largo plazo.

II.1.1.1.6. Relación Costo-Beneficio

A pesar de sus características avanzadas, la ESP32 puede ofrecer una relación costo-beneficio comparable o incluso más favorable que ciertos modelos de Arduino. Esta consideración económica contribuye a la viabilidad y eficiencia financiera en el proyecto.

II.1.1.2. Sistema de comunicación

En este proyecto, hemos implementado una conexión inalámbrica entre una ESP32 y un controlador de PlayStation 4 (PS4) utilizando la dirección MAC del dispositivo. Esta innovadora solución presenta una serie de beneficios significativos en comparación con las conexiones convencionales a través de pines físicos. A continuación, se describen los aspectos clave de esta implementación.

II.1.1.2.1. Conexión mediante Dirección MAC

En lugar de utilizar pines físicos para la conexión entre la ESP32 y el controlador de PS4, hemos optado por una conexión inalámbrica basada en la dirección MAC única del controlador. Esto se logra mediante la utilización de la librería “PS4Controller.h”, que simplifica el proceso de emparejamiento y comunicación.

II.1.1.2.2. Beneficios de la Conexión Inalámbrica

II.1.1.2.2.1. Flexibilidad y Movilidad

La conexión inalámbrica elimina la necesidad de cables físicos, brindando una mayor flexibilidad y movilidad en el entorno de implementación. Esto es particularmente ventajoso en aplicaciones donde la movilidad del usuario o del dispositivo es crucial.

II.1.1.1.2.2.2. Menos Limitaciones de Diseño

Al prescindir de la necesidad de pines físicos para la conexión, se eliminan las limitaciones de diseño impuestas por la ubicación y la longitud de los cables. Esto permite una mayor libertad en el diseño de sistemas y dispositivos.

II.1.1.1.2.2.3. Integración más Sencilla

La conexión mediante dirección MAC simplifica significativamente el proceso de emparejamiento y establecimiento de la comunicación. Esto se traduce en una integración más sencilla y rápida, reduciendo el tiempo de desarrollo y facilitando la implementación del proyecto.

II.1.1.1.2.3. Implementación

Hemos utilizado la librería PS4Controller.h para gestionar la conexión inalámbrica mediante la dirección MAC del controlador de PS4. La configuración es sencilla y se realiza a través de funciones proporcionadas por la librería, como se muestra en el siguiente ejemplo de código.

Figura 58.

Implementación de la Librería PS4Controller.h

```
#include <PS4Controller.h>

// Configuración de la dirección MAC del controlador de PS4
const char* ps4MacAddress = "XX:XX:XX:XX:XX:XX";

void setup() {
  // Inicializar la conexión con la dirección MAC especificada
  PS4.begin(ps4MacAddress);
}

void loop() {
  // Manejar eventos y datos del controlador
  if (PS4.isConnected()) {
    // Realizar acciones según la entrada del controlador
  }
}
```

Fuente: Elaboración propia

II.1.1.1.3. DC Motor Driver 2x15A

Este es un controlador de motor de corriente continua diseñado para controlar dos motores de hasta 15 amperios cada uno.

II.1.1.1.3.1. Características Principales

Control Dual de Motores: El controlador permite el control independiente de dos motores de corriente continua.

Corriente de hasta 15A por Canal: Cada canal puede manejar una corriente continua de hasta 15 amperios, lo que es adecuado para una variedad de aplicaciones de motores.

Entrada de Alimentación Amplia: El módulo es compatible con una amplia gama de voltajes de entrada, lo que proporciona flexibilidad en la elección de la fuente de alimentación.

Interfaz PWM y Direccional: Utiliza señales PWM para controlar la velocidad de los motores y señales direccionales para controlar la dirección.

Protección contra Sobrecorriente y Sobrecalentamiento: Incorpora características de protección para evitar daños debido a corrientes excesivas o temperaturas elevadas.

Conexión Fácil: El controlador cuenta con terminales de tornillo para una fácil conexión de cables.

II.1.1.1.3.2. Código de Prueba para el DC Motor Driver 2x15A Lite

Este es un código de prueba que demuestra cómo utilizar el DC Motor Driver 2x15A Lite de DFRobot con un Arduino UNO para controlar dos motores de corriente continua. El código incluye funciones para avanzar, retroceder, girar a la izquierda y girar a la derecha. También se proporciona una función de parada y una función de diagnóstico de corriente.

Indicadores LED: Indicadores LED para mostrar el estado de encendido y dirección del motor.

Para obtener el código de prueba de este driver se puede adquirir de su documentación oficial en DFRobot.

Enlace: https://wiki.dfrobot.com/DC_Motor_Driver_2x15A_Lite_SKU_DRI0018

II.1.1.1.3.2.1. Hardware Requerido

- Arduino UNO
- DC Motor Driver 2x15A Lite
- Dos motores de corriente continua
- Conexiones de cables según las indicaciones en el código

II.1.1.1.3.2.2. Configuración del Hardware

- Conectar M1_PWM y M2_PWM a los pines digitales 5 y 6 de Arduino.
- Conectar M1_EN y M2_EN a los pines digitales 4 y 7 de Arduino.
- Conectar +5V y GND a los pines de alimentación 5V y GND de Arduino.
- Si se utiliza la función de diagnóstico de corriente, conectar LA_IS y RA_IS a los pines digitales 2 y LB_IS y RB_IS a los pines digitales 3 de Arduino.

II.1.1.1.3.2.3. Descripción del Código

- E1 y E2: Pines de control de velocidad para M1 y M2 respectivamente.
- M1 y M2: Pines de control de dirección para M1 y M2 respectivamente.
- counter: Variable utilizada para el diagnóstico de corriente.
- Funciones: El código incluye funciones para detener, avanzar, retroceder, girar a la izquierda y girar a la derecha.
- current_sense(): Función de diagnóstico de corriente que imprime un mensaje de advertencia si se detecta un nivel alto de corriente.

II.1.1.1.3.2.4. Uso del Teclado

'w': Avanzar (máxima velocidad).

's': Retroceder (máxima velocidad).

'a': Girar a la izquierda.

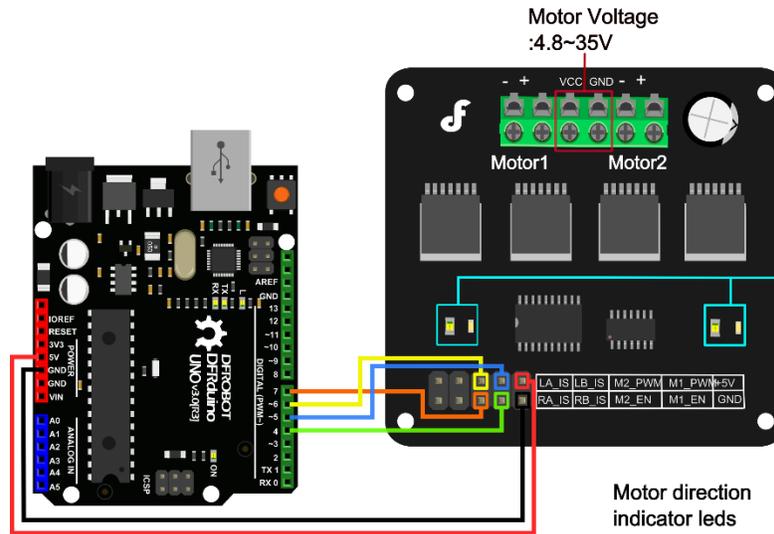
'd': Girar a la derecha.

'z': Imprimir "Hello" en el puerto serie.

'x': Detener.

Figura 59.

Diagrama de conexión del driver



Fuente: DFRobot, DC Motor Driver 2x15A Lite

II.1.1.1.4. Electroiman

II.1.1.1.4.1. Descripción del Electroimán

Tipo: Imán eléctrico de elevación ultrafino

Modelo: 70/9

Capacidad de Elevación: 25 kg / 250 N

Voltaje de Operación: 12V

Tipo de Operación: Ventosa solenoide

II.1.1.1.4.2. Capacidad de Elevación Óptima:

La elección de este electroimán se basa en su capacidad de elevación de 25 kg / 250 N, que cumple con los requisitos específicos del proyecto para levantar objetos de peso determinado de manera eficiente.

II.1.1.1.4.3. Voltaje de Operación Compatible:

El electroimán opera a 12V, lo cual es consistente con la fuente de alimentación disponible en el sistema. Esta compatibilidad facilita la integración y operación sin problemas.

II.1.1.1.4.4. Tipo de Operación - Ventosa Solenoide:

La designación "ventosa solenoide" sugiere que el electroimán tiene características específicas de succión, lo que es beneficioso para el proyecto. Esta característica garantiza un contacto firme con la superficie de elevación, mejorando la estabilidad.

II.1.1.1.4.5. Disponibilidad y Costo:

La accesibilidad y el costo de este electroimán también fueron considerados, asegurando que la elección sea viable dentro de los límites presupuestarios y de disponibilidad.

II.1.1.1.5. Motores DC

II.1.1.1.5.1. Optimización de Torque y Velocidad

Los motores DC con engranajes se seleccionan para proporcionar un equilibrio óptimo entre torque y velocidad. Esta elección permite adaptar el rendimiento del motor a las necesidades específicas de la aplicación robótica, como el movimiento de ruedas, extremidades o la manipulación de objetos.

II.1.1.1.5.2. Precisión en el Control de Movimiento

La presencia de engranajes facilita un control preciso del movimiento del robot. Esto es crucial para tareas que requieren una alta precisión, como la navegación en entornos complicados o la interacción con objetos delicados.

II.1.1.1.5.3. Reducción de la Velocidad de Salida

Los engranajes reducen la velocidad de salida del motor, lo que puede ser esencial para tareas que requieren movimientos más lentos y controlados. Esto contribuye a la versatilidad del robot en diferentes escenarios.

II.1.1.1.5.4. Durabilidad y Resistencia al Desgaste

La presencia de engranajes protege el motor contra el desgaste directo, aumentando la durabilidad y la vida útil del sistema que pueden experimentar un uso intensivo.

II.1.1.1.5.5. Integración en el Diseño Mecánico

Los motores con engranajes son adecuados para integrarse en el diseño mecánico del robot, ya que suelen ser compactos y ligeros. Esto facilita la colocación estratégica en el chasis del robot.

II.1.2. Sprint 2. Desarrollo del Sistema Mecánico

II.1.2.1. Plataforma superior del Robot

Para la elaboración de esta parte se utilizó madera trupan de 9mm de diferentes medidas:

Tabla 7.

Medidas de corte de madera

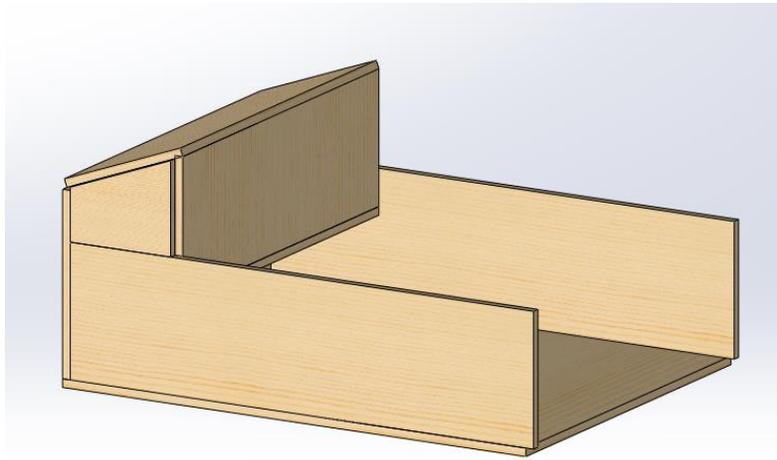
| Descripción | Cantidad | Medida (mm) |
|--------------------------------|----------|-------------|
| Base del prototipo | 1 | 600x460 |
| Lateral del prototipo | 2 | 600x160 |
| Cara frontal del prototipo | 1 | 460x220 |
| Base para el circuito | 1 | 440x140 |
| Parte trasera para el circuito | 1 | 440x160 |
| Tapa para el circuito | 1 | 440x160 |

Fuente: Elaboración propia

II.1.2.2. Ensamblaje de Plataforma Superior

Figura 60.

Plataforma Superior



Fuente: Elaboración propia.

II.1.2.3. Sistema de tracción

Para el sistema de tracción se optó en utilizar componentes de un coche para niños a control remoto. Se tomo esta opción debido a que el coche que se adquirió soportaba hasta 60kg.

Por lo cual tanto así los motores como la suspensión que utilizaba este coche se nos hacía de mucha utilidad.

Tabla 8.

Componentes Utilizado del coche eléctrico

| Nombre | Descripción |
|--|--|
| Ruedas | Dimensiones 365x145x70mm Plástico engomado con huella para adherencia en terrenos irregulares/arenosos. |
| Motor con engranaje DC | 10000 RPM lo que le proporciona una velocidad consideradamente alta. Los engranajes ayudan bastante para la tracción del prototipo robot. |
| Chasis inferior del robot y Suspensión | Metal acerado para la unión de ruedas y motores. Resortes de suspensión |

Fuente: Elaboración Propio

Figura 61.

Sistema de tracción



Fuente: Elaboración propia

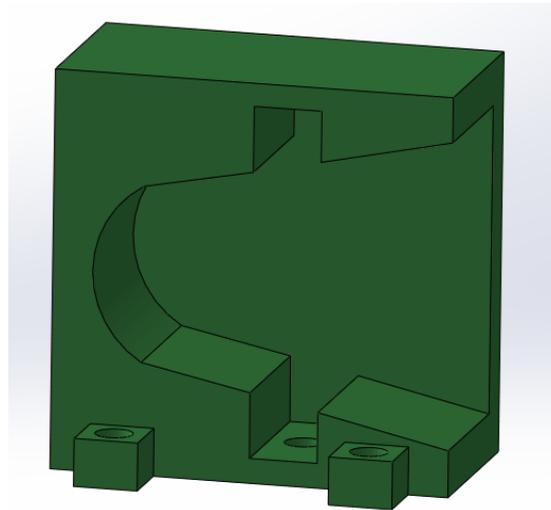
II.1.2.4. Mecanismo para recolección de Minas

II.1.2.4.1. Base para recolección de minas

Para este mecanismo se consideró utilizar un motor DC con engranajes de 8000 RPM y adaptarlo con una base y ponerlo fijo en la parte posterior del prototipo robot.

Figura 62.

Base para recolección de minas



Fuente: Elaboración propia

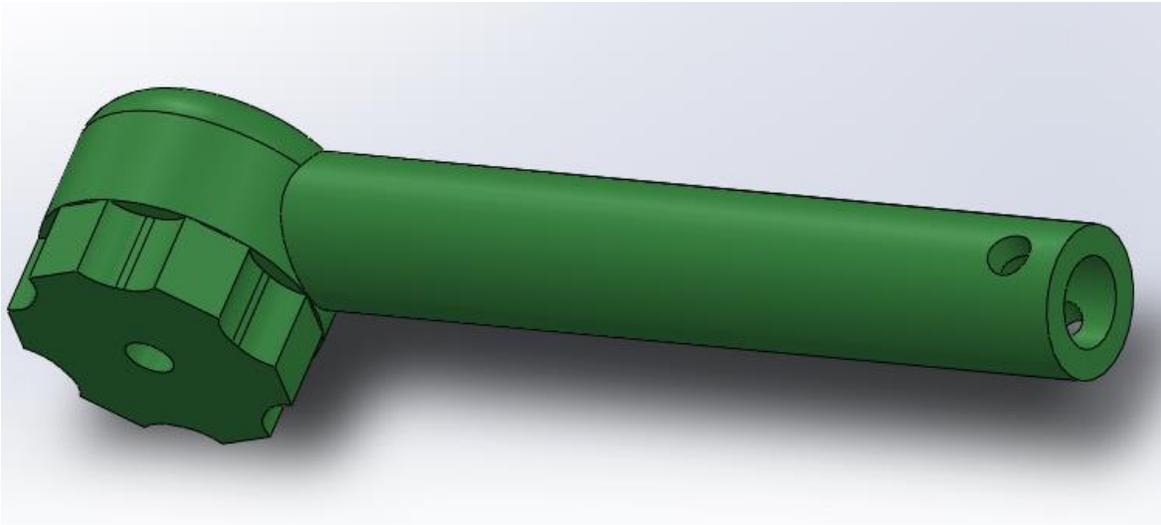
II.1.2.4.2. Brazo con electroimán

Desde el motor existe otra adaptación de un brazo con electroimán para lograr la recolección de minas y almacenarlas al centro del robot.

Este brazo cuenta con 4 partes para luego poder ser ensamblado

Figura 63.

Brazo de electroimán

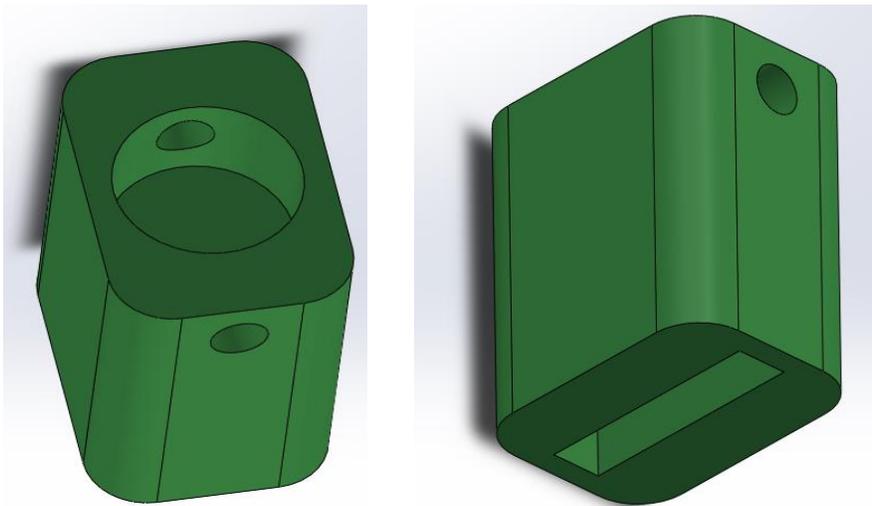


Fuente: Elaboración propia

II.1.2.4.2.1. Unión Brazo/Electroimán

Figura 64.

Unión Brazo/Electroimán



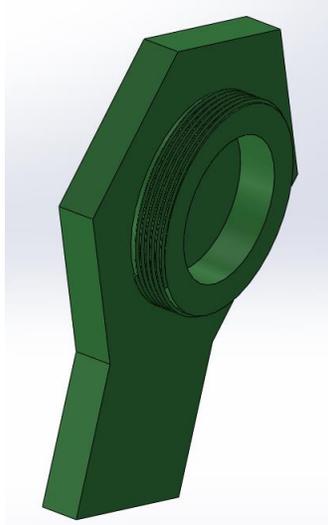
Nota: Unión al Brazo (lado izquierdo) / Unión al electroimán (lado derecho)

Fuente: Elaboración propia

II.1.2.4.2.2. Unión Electroimán

Figura 65.

Unión Electroimán

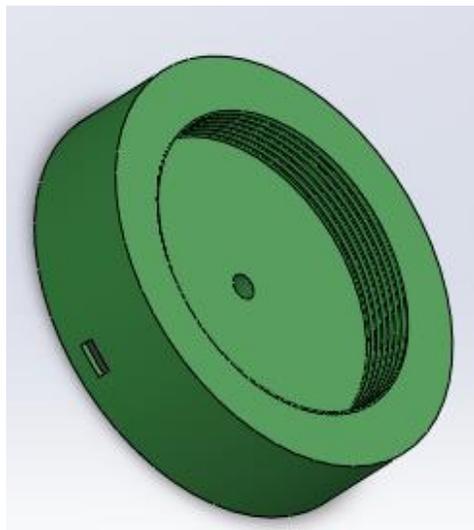


Fuente: Elaboración propia

II.1.2.4.2.3. Rosca Electroimán

Figura 66.

Rosca Electroimán

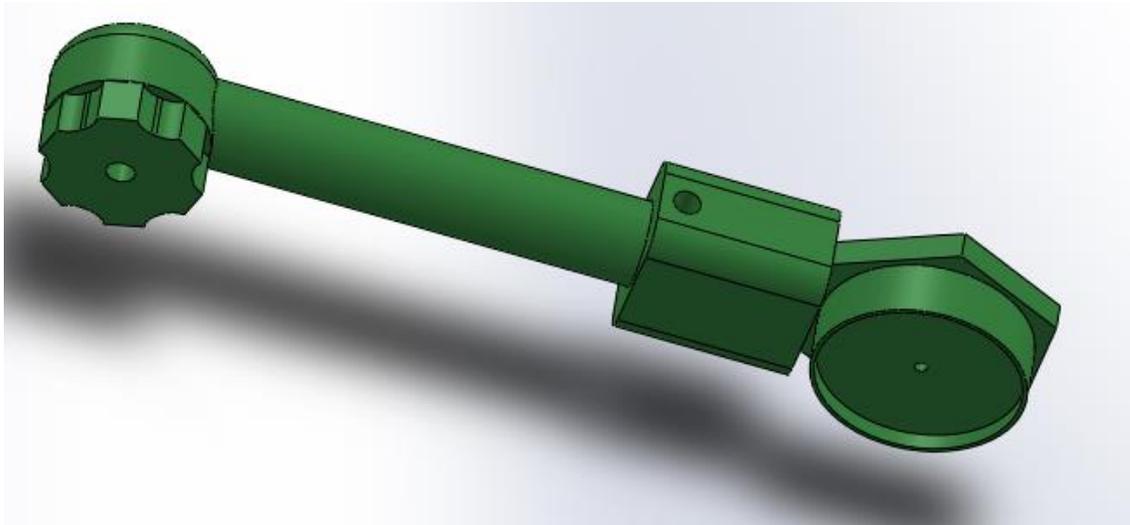


Fuente: Elaboración propia

II.1.2.4.2.4. Ensamblaje brazo con electroimán

Figura 67.

Ensamblaje brazo con electroimán



Fuente: Elaboración propia

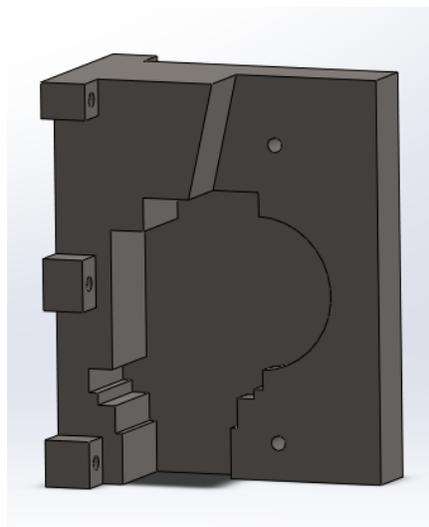
II.1.2.5. Mecanismo de elevación

Para este mecanismo se utilizará un motor vidrio eléctrico para ajustar el detector de metales a la altura deseada, para así tener mejores detecciones y evitar algunas colisiones al momento de maniobrar en los terrenos irregulares; así proteger el detector de metales a cualquier choque o daño.

Para este mecanismo al igual que los anteriores se lo adapto con una pieza 3D la cual le dará el soporte en la parte frontal del prototipo.

Figura 68.

Soporte de Mecanismo de elevación



Fuente: Elaboración Propia

| | |
|----------|----------------|
| R44 | 150 Ω |
| R45, R46 | 390 Ω |
| R50 | 62 K Ω |
| R51 | 47 K Ω |
| R52 | 2 M Ω |
| RV2 | 100 M Ω |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10.

Tabla de transistores

| Nombre | Tipo | Modelo |
|--------|----------------|---------|
| Q9 | Transistor npn | BC547BP |
| Q10 | Transistor pnp | BC557AP |
| Q11 | MOSFET | IRF740 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11.

Tabla de capacitores

| Nombre | Tipo | Valor (F) |
|--------|---------------|-----------|
| C12 | Electrolítico | 1000uF |
| C13 | Electrolítico | 10uF |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12.

Tabla de diodos

| Nombre | Tipo | Modelo |
|---------|--------------------|--------|
| D9, D10 | Diodo Rectificador | 1N4148 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13.

Tabla de amplificador operacional

| Nombre | Tipo | Modelo | Especificación Técnica |
|--------|------|--------|------------------------|
| | | | |

| | | | |
|------|--------------------------|-------|------------------------|
| U14A | Amplificador Operacional | TL072 | Sensibilidad Ajustable |
|------|--------------------------|-------|------------------------|

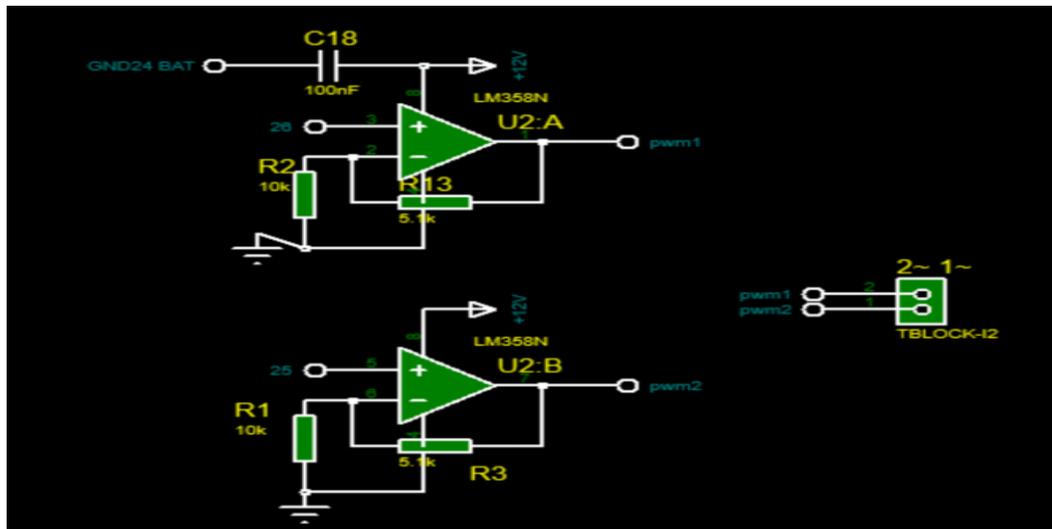
Fuente: Elaboración propia

II.1.3.2. Entradas PWM

II.1.3.2.1. Diseño Esquemático Entrada PWM

Figura 70.

Diseño esquemático Entrada PWM



Fuente: Elaboración propia

II.1.3.2.2. Componentes utilizados para entradas PWM

Tabla 14.

Tabla de resistencias

| Nombre | Valor (Ω) |
|---------|--------------------|
| R1, R2 | 10K Ω |
| R3, R13 | 5.1K Ω |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15.

Tabla de capacitores

| Nombre | Tipo | Valor (F) |
|--------|----------|-----------|
| C18 | Cerámico | 100nF |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16.

Tabla de amplificador operacional

| Nombre | Tipo | Modelo | Especificación Técnica |
|--------|--------------------------|--------|---------------------------|
| U2A | Amplificador Operacional | LM358N | Aplicación de Comparación |

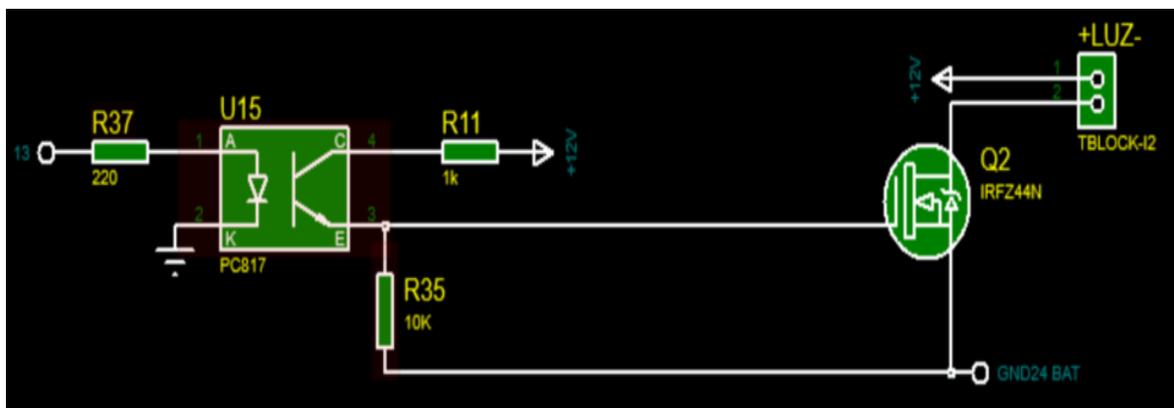
Fuente: Elaboración propia

II.1.3.3. Salidas de 12V

II.1.3.3.1. Diseño esquemático Salidas de 12V

Figura 71.

Diseño esquemático Salidas de 12V



Fuente: Elaboración propia.

II.1.3.3.2. Componentes utilizados para Salida de 12V

Tabla 17.

Tabla de resistencias

| Nombre | Valor (Ω) |
|--------|--------------------|
| R11 | 1K Ω |
| R35 | 10K Ω |
| R37 | 220 Ω |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18.

Tabla de transistores

| Nombre | Tipo | Modelo |
|--------|--------|---------|
| Q2 | MOSFET | IRFZ44N |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19.

Tabla de amplificador operacional

| Nombre | Tipo | Modelo | Especificación Técnica |
|--------|--------------------------|--------|------------------------|
| U15 | Amplificador Operacional | PC817 | Aislamiento eléctrico |

Fuente: Elaboración propia

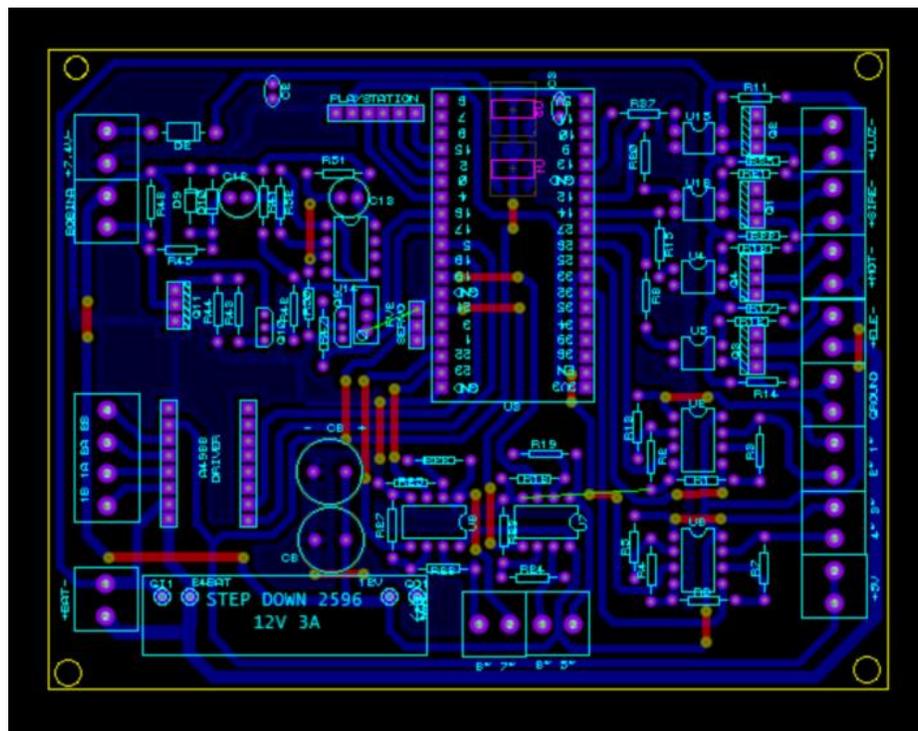
II.1.3.4. Placa PCB completa

Se ha diseñado una placa PCB completa, incorporando los esquemáticos de los componentes previamente mencionados, junto con otros necesarios para el suministro de energía. Esta placa está específicamente concebida para cumplir con las funciones requeridas por el proyecto. En ella, se integra una ESP32 de 38 pines, actuando como el núcleo del sistema de control del prototipo robot.

II.1.3.4.1. Diseño de la PCB

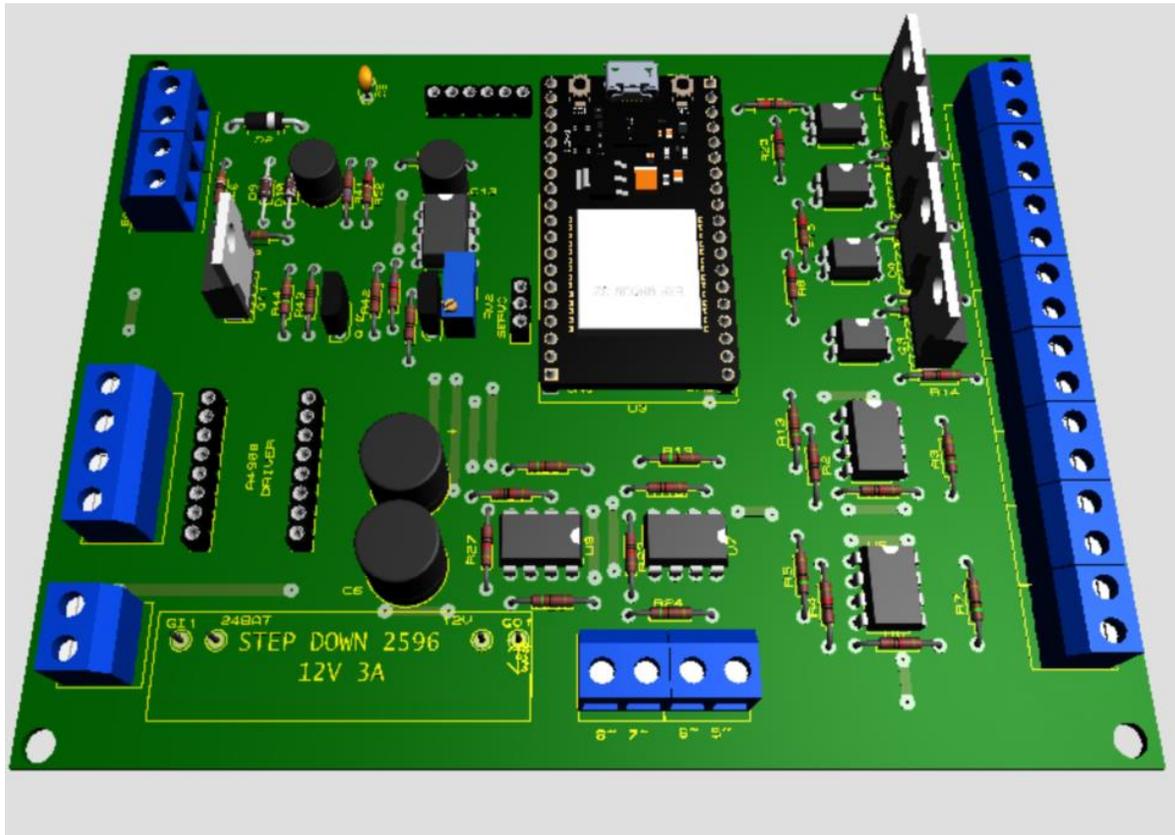
Figura 72.

Diseño de la PCB



Fuente: Elaboración propia

Figura 73.
Diseño en 3D



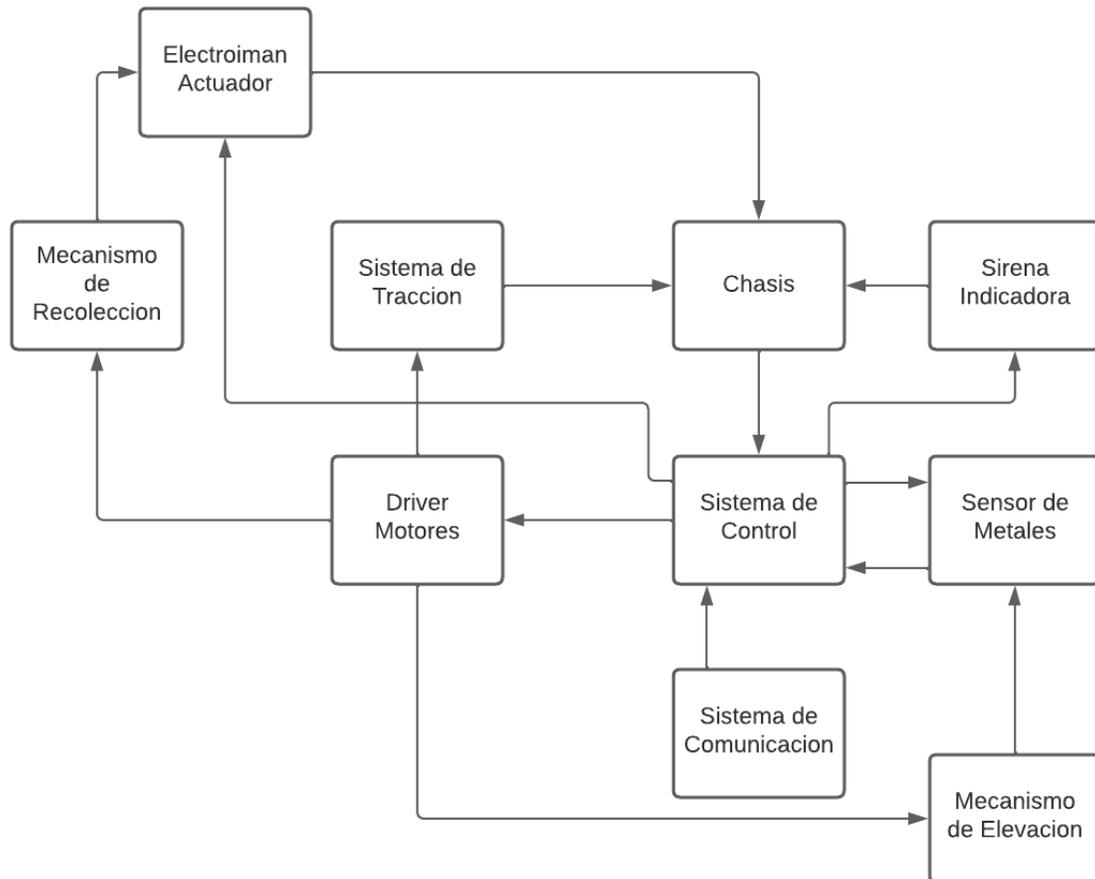
Fuente: Elaboración propia

II.1.4. Sprint 4. Pruebas y programación del prototipo robot

II.1.4.1. Sistema del Robot

Figura 74.

Diagrama de bloques del Sistema Robot



Fuente: Elaboración propia

En base a este diagrama de bloque explosionaremos los diferentes diagramas para poder entender lógicamente la funcionalidad del robot.

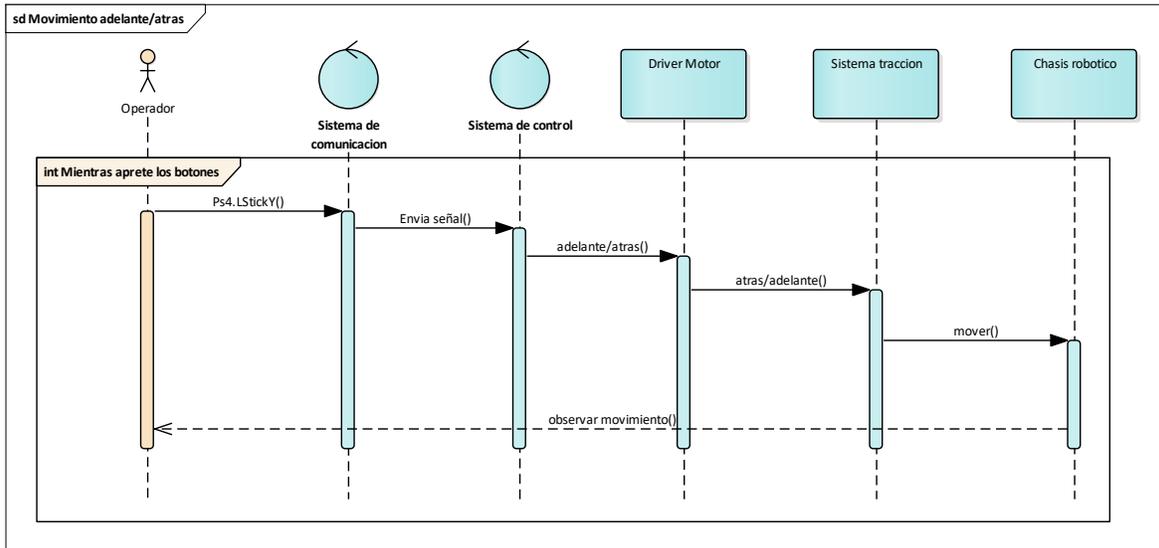
II.1.4.2. Diagrama de Secuencia

II.1.4.2.1. Sistema de tracción

II.1.4.2.1.1. Adelante/atrás

Figura 75.

Movimiento adelante/atrás

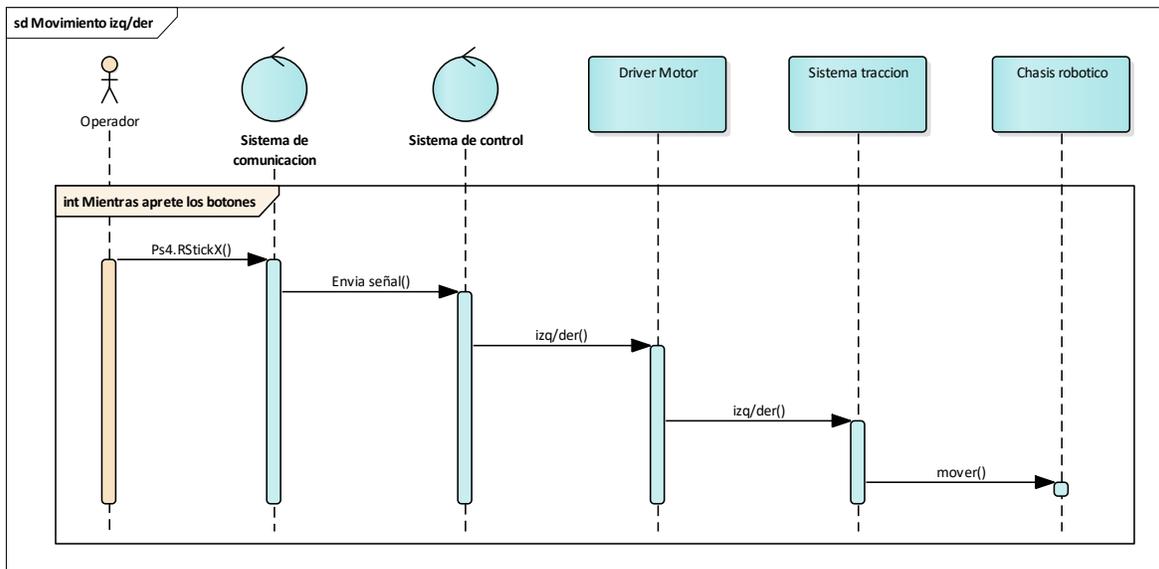


Fuente: Elaboración propia

II.1.4.2.1.2. Izquierda/derecha

Figura 76.

Movimiento izquierdo/derecha

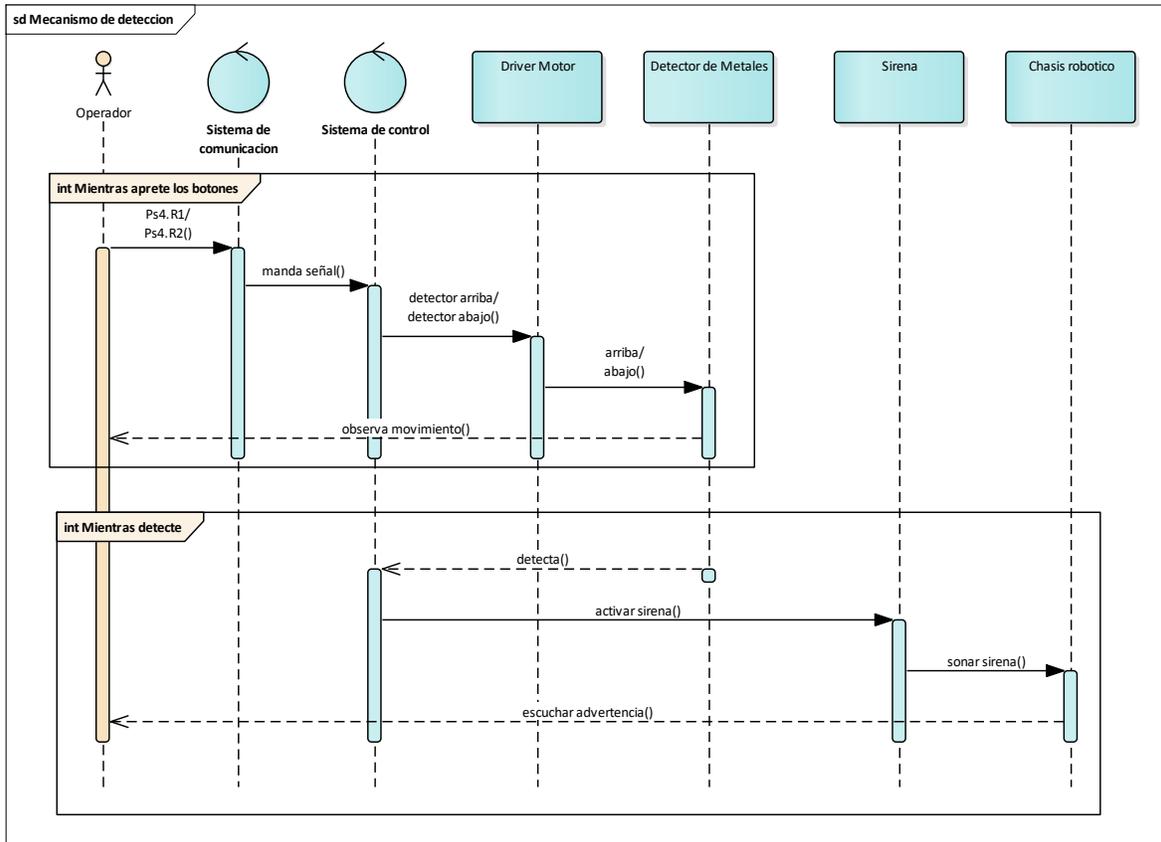


Fuente: Elaboración propia

II.1.4.3. Mecanismo de detección

Figura 77.

Mecanismo de detección

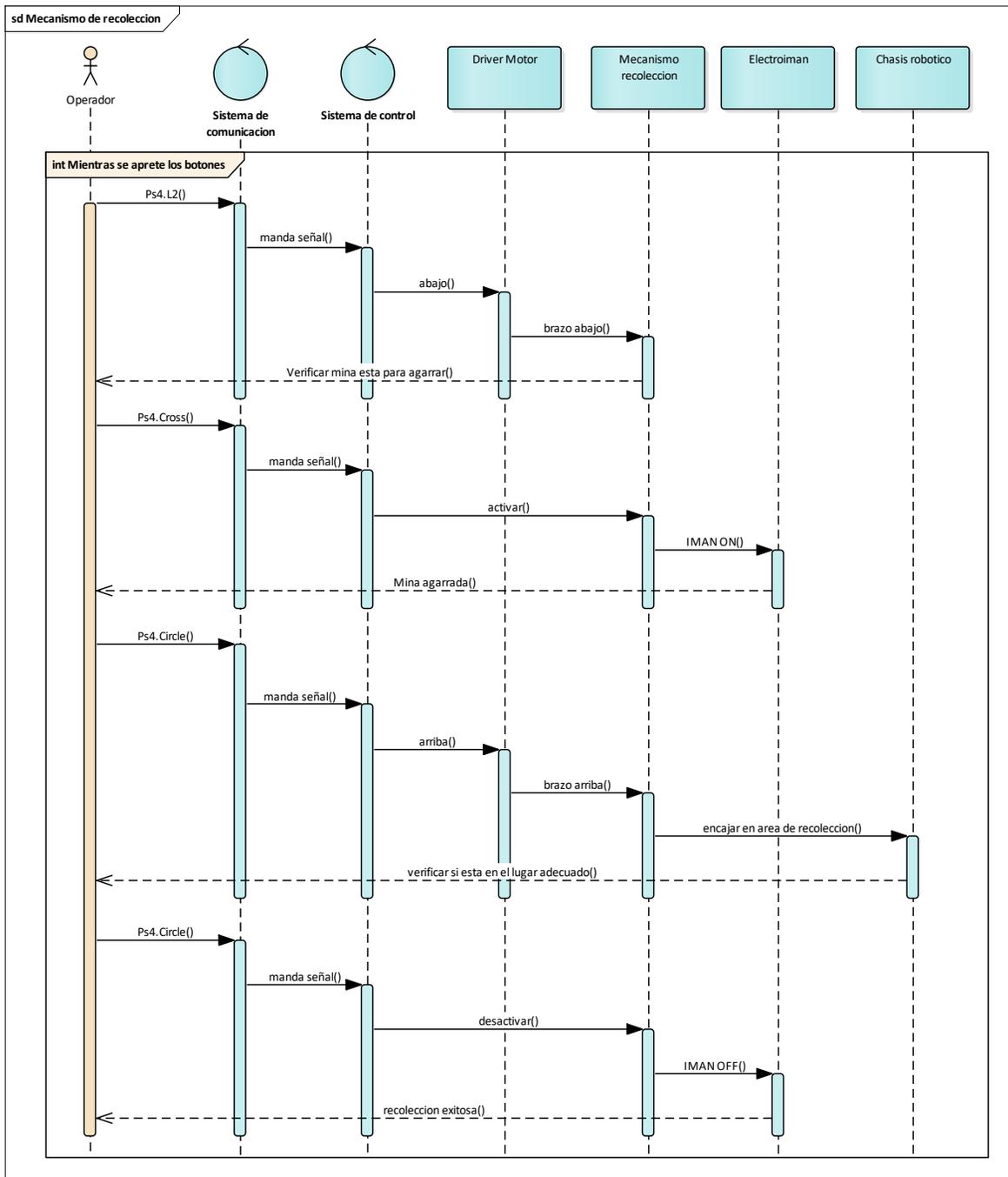


Fuente: Elaboración propia

II.1.4.4. Mecanismo de recolección

Figura 78.

Mecanismo de recolección



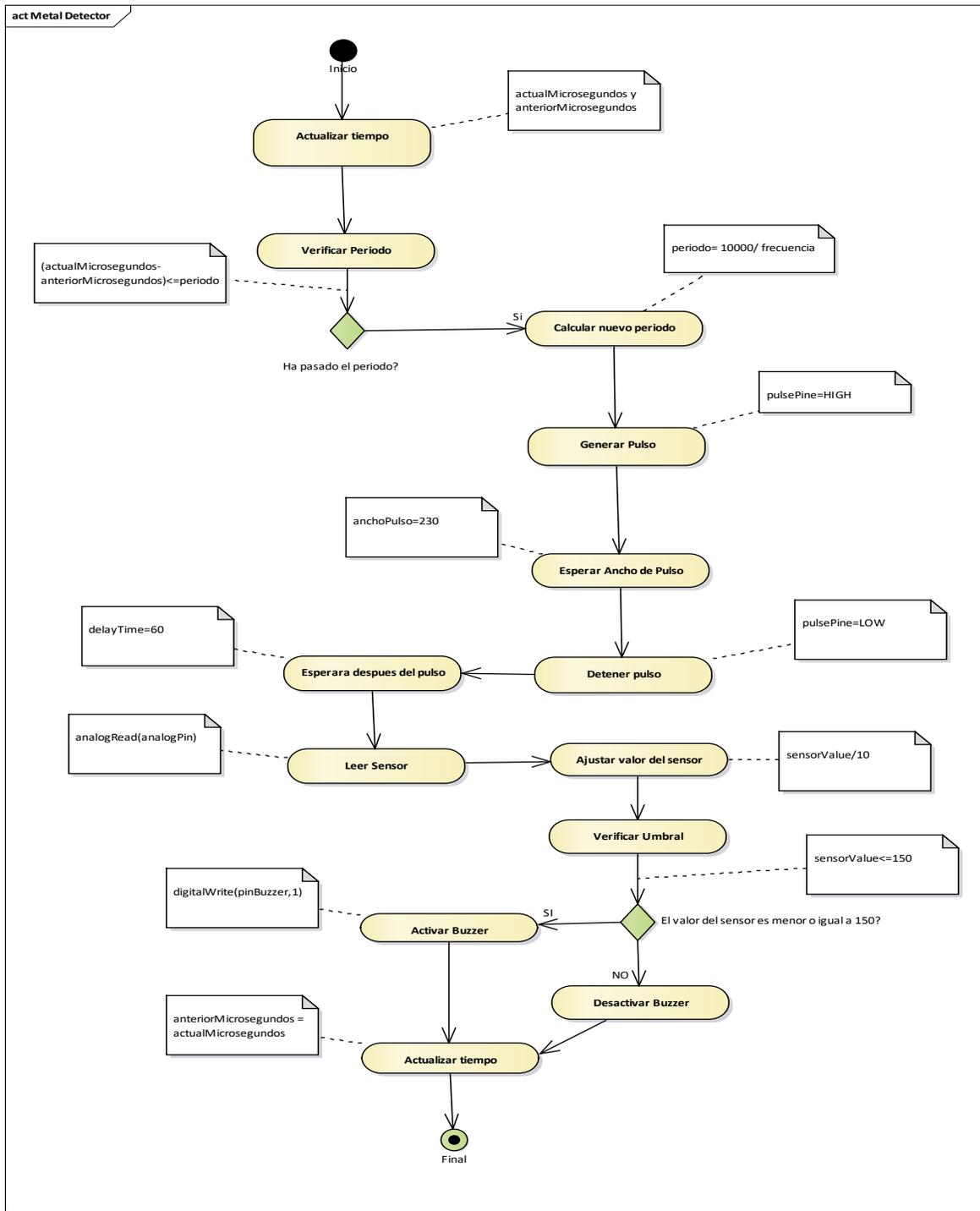
Fuente: Elaboración propia

II.1.4.5. Diagrama de Actividades

II.1.4.5.1. Diagrama de actividad. Sensor de Metales

Figura 79.

Diagrama de Actividad. Sensor de Metales

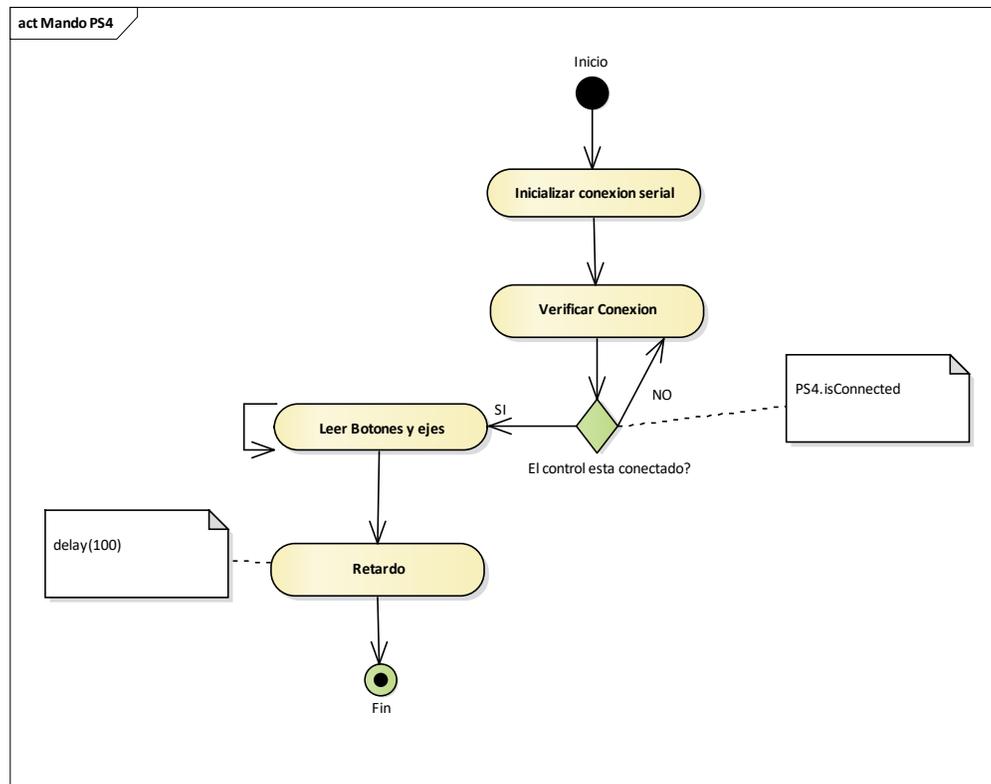


Fuente: Elaboración propia

II.1.4.5.2. Diagrama de actividad. Sistema de Comunicación

Figura 80.

Diagrama de Actividad. Mando de PS4



Fuente: Elaboración propia

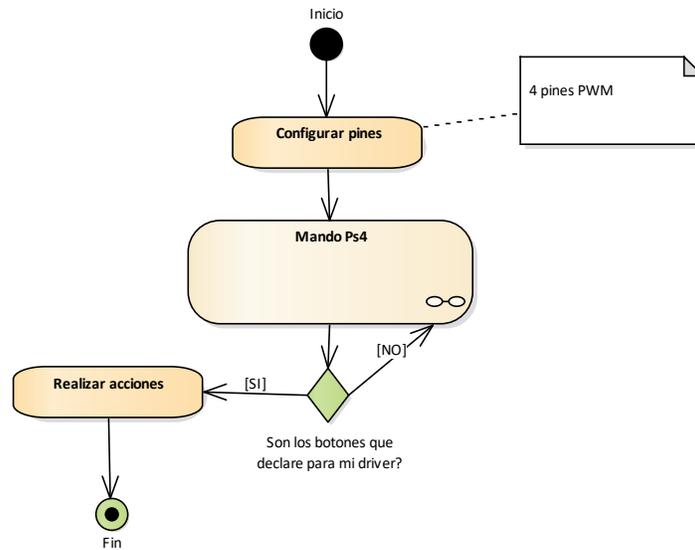
II.1.4.6. Diagrama de Bloques

Después de tener estos 2 diagramas de actividades que se podría decir que son los más importantes en el desarrollo de lógico se pasara a los diagramas de bloques haciendo referencia a estos diagramas cuando sea necesario

II.1.4.6.1. Diagrama de Bloque. Driver Motor

Figura 81.

Diagrama de Bloque Driver Motor

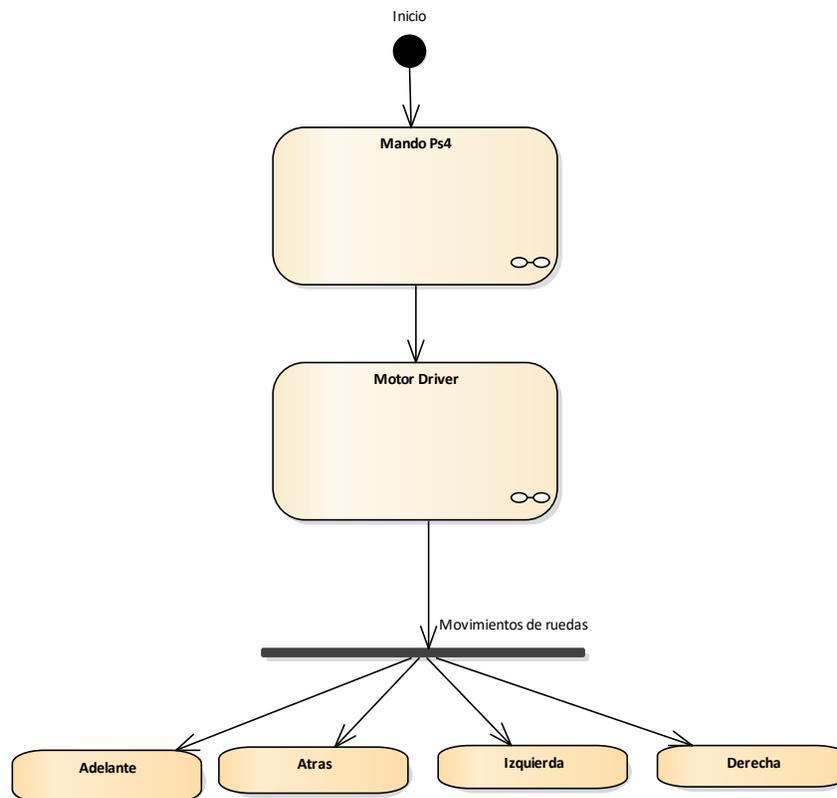


Fuente: Elaboración propia

II.1.4.6.2. Diagrama de bloque. Sistema de Tracción

Figura 82.

Diagrama de bloque Sistema de Tracción

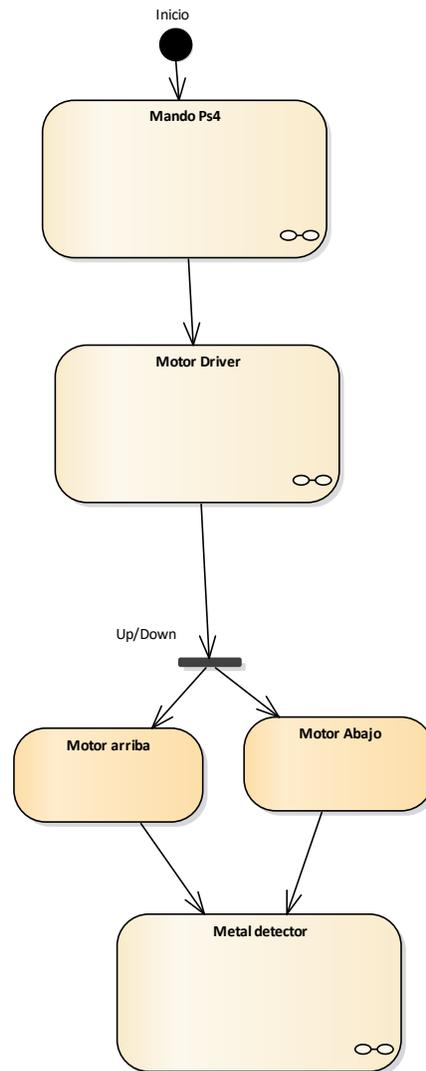


Fuente: Elaboración propia

II.1.4.6.3. Diagrama de bloque. Mecanismo de elevación para detector de metales

Figura 83.

Diagrama de bloque Mecanismo de elevación

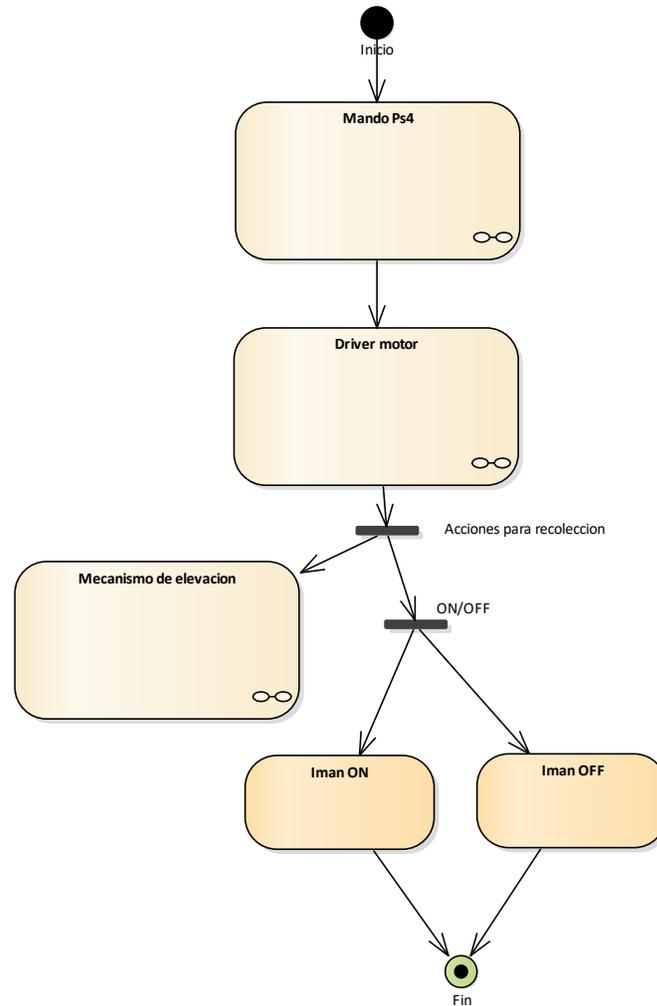


Fuente: Elaboración propia

II.1.4.6.4. Diagrama de bloque. Mecanismo de recolección

Figura 84.

Diagrama de Bloque Mecanismo de recolección



Fuente: Elaboración propia

II.1.4.7. Pruebas de código

Se proporcionarán esquemas eléctricos detallados realizados en FRITZING para facilitar la replicación en una protoboard. Esto permitirá realizar pruebas independientes de cada componente, asegurando una implementación clara y efectiva durante las fases de desarrollo y prueba de código.

II.1.4.7.1. Alimentación a la Esp32

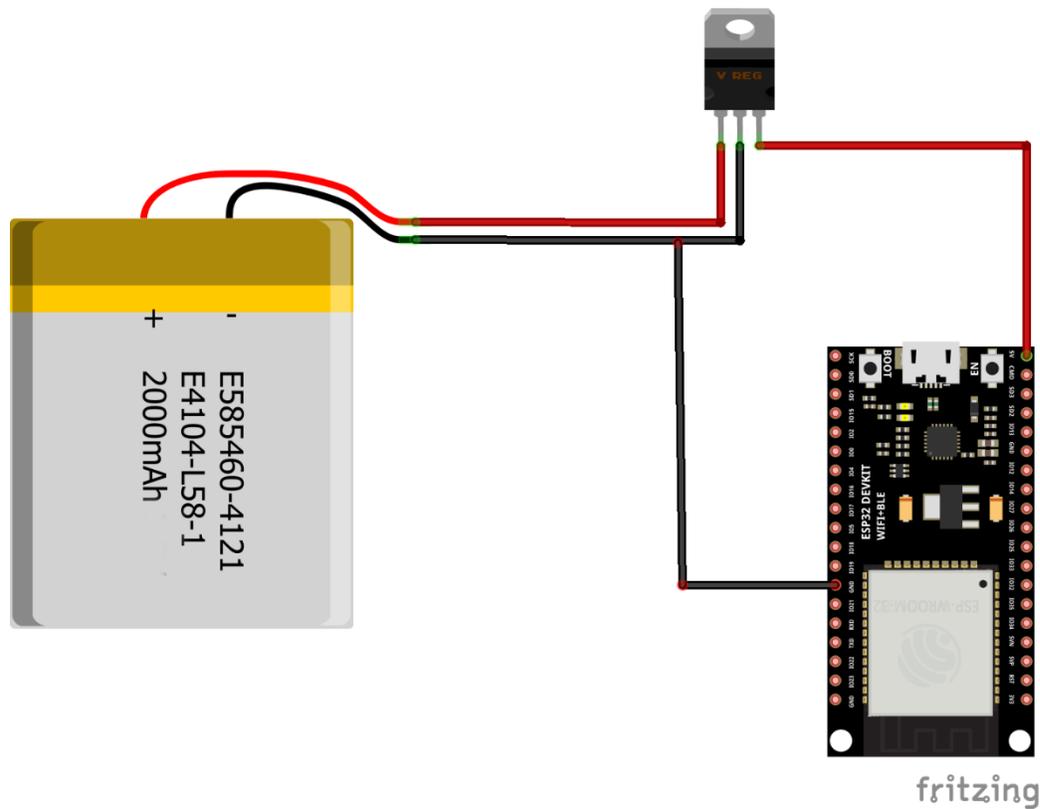
Antes de realizar las pruebas en la ESP32, es crucial tener presente que esta placa opera con un voltaje estándar de 5 voltios. En situaciones donde se desee emplear baterías con un voltaje superior, se vuelve esencial incorporar un regulador de voltaje. Este componente desempeña un papel fundamental al asegurar que la ESP32 funcione de manera óptima,

proporcionando una fuente de alimentación estable y alineada con los requisitos específicos de la placa.

La inclusión de un regulador de voltaje no solo simplifica la adaptación de la alimentación, sino que también garantiza un entorno de prueba más fiable y seguro para la ESP32. Esto no solo facilita la flexibilidad en la elección de fuentes de energía, sino que también preserva la integridad de la placa y optimiza su rendimiento durante las pruebas.

Figura 85.

Alimentación a la Esp32



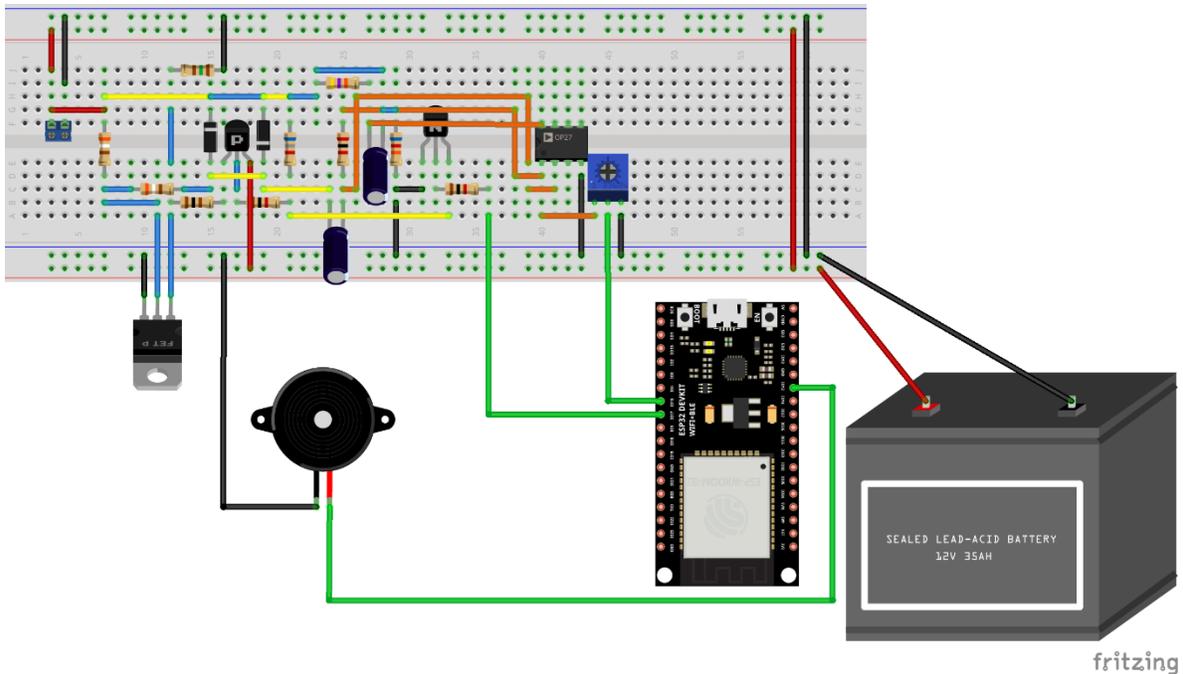
Fuente: Elaboración propia

II.1.4.7.2. Prueba. detector de metales

Para garantizar el funcionamiento adecuado del detector de metales, es fundamental conectar la bobina del detector al bloque terminal presente en el circuito. La bobina es un componente esencial que cumple un papel crucial en la detección de metales, y su conexión precisa es esencial para obtener resultados precisos.

Figura 86.

Esquema de prueba para detector de metales



Fuente: Elaboración propia

II.1.4.7.2.1. Definición de Pines

```
#define pulsePine 17
#define pinLed 2
#define pinBuzzer 12
#define analogPin A0
```

Aquí se definen los pines utilizados en el código. **pulsePine** es el pin donde se lanza el pulso, **pinLed** y **pinBuzzer** son pines para el control de un LED y un zumbador respectivamente, y **analogPin** es el pin al cual está conectado el sensor analógico.

II.1.4.7.2.2. Parámetros de Configuración

```
const int delayTime = 60;
const int frecuencia = 100;
const int anchoPulso = 230;
```

Estos son parámetros de configuración que controlan el tiempo y características del pulso lanzado al sensor. **delayTime** es el tiempo de espera después de lanzar el pulso, frecuencia es la frecuencia del pulso, y **anchoPulso** es la duración del pulso.

II.1.4.7.2.3. Inicialización

```
long periodo = 100000;
unsigned long actualMicrosegundos;
```

```
unsigned long anteriorMicrosegundos;
int sensorValue = 0.0f;
```

Se inicializan algunas variables. periodo se utiliza para controlar la frecuencia de los pulsos. **actualMicrosegundos** y **anteriorMicrosegundos** se usan para medir el tiempo transcurrido entre pulsos, y **sensorValue** almacenará el valor del sensor analógico.

II.1.4.7.2.4. Configuración inicial en setup()

```
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  pinMode(pulsePine, OUTPUT);
  pinMode(pinBuzzer, OUTPUT);
  pinMode(pinLed, OUTPUT);
}
```

Se inicia la comunicación serial y se configuran los pines como salida.

II.1.4.7.2.5. Bucle Principal en loop()

```
void loop() {
  leerSensorDetector();
}
```

El bucle principal simplemente llama a la función leerSensorDetector().

II.1.4.7.2.6. Función leerSensorDetector()

```
void leerSensorDetector(){
  actualMicrosegundos = micros();
  if (actualMicrosegundos - anteriorMicrosegundos >= periodo ){
    periodo = 1000000 / frecuencia;
    // ... (resto del código)
  }}
}
```

Esta función es responsable de lanzar el pulso y leer el valor del sensor cuando se cumple el tiempo definido por periodo.

II.1.4.7.2.7. Lanzamiento del Pulso y Lectura del Sensor

```
digitalWrite(pulsePine, HIGH);
delayMicroseconds(anchoPulso);
digitalWrite(pulsePine, LOW);;
```

```

delayMicroseconds(delayTime);
sensorValue = analogRead(analogPin);
sensorValue = sensorValue / 10;

```

Se lanza un pulso en el pin **pulsePine** y se espera (**delayMicroseconds**) durante el tiempo definido por **anchoPulso**. Luego se lee el valor del sensor analógico y se realiza un ajuste a **sensorValue**.

II.1.4.7.2.8. Salida Serial y Control de LED y Zumbador

```

Serial.print("frecuencia_");Serial.print( frecuencia);
Serial.print(" AnchoPulso_"),Serial.print(anchoPulso);
Serial.print(" sensor_"),Serial.println( sensorValue);
if(sensorValue<=200){
    digitalWrite(pinBuzzer,1);
    digitalWrite(pinLed,1);
}else{
    digitalWrite(pinBuzzer,0);
    digitalWrite(pinLed,0);
}

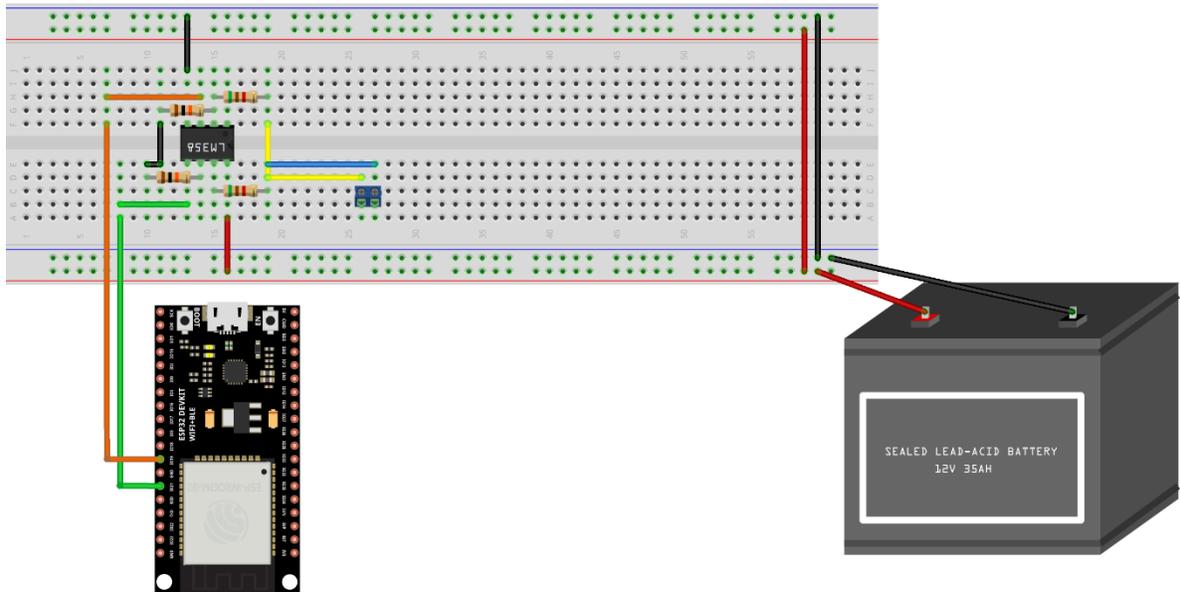
```

Se imprimen valores en la salida serial y se realiza un control de LED y zumbador según el valor del sensor.

Este código está diseñado para operar un sensor en base a pulsos lanzados, y proporciona información sobre la frecuencia y el ancho del pulso, así como el valor leído del sensor. Además, controla un LED y un zumbador en función del valor del sensor.

II.1.4.7.3. Prueba de salida PWM

Se ha desarrollado un circuito antirruido para mitigar interferencias electromagnéticas. El propósito es preservar la calidad de las señales PWM, especialmente en presencia de motores. Este diseño específico se centra en proteger las señales PWM contra interferencias, garantizando un rendimiento robusto en entornos con motores u otras fuentes de ruido electromagnético. La combinación de componentes ofrece una estrategia efectiva para contrarrestar interferencias y asegurar la estabilidad de las señales PWM en el circuito, beneficiando así la operación del detector de metales en condiciones desafiantes.

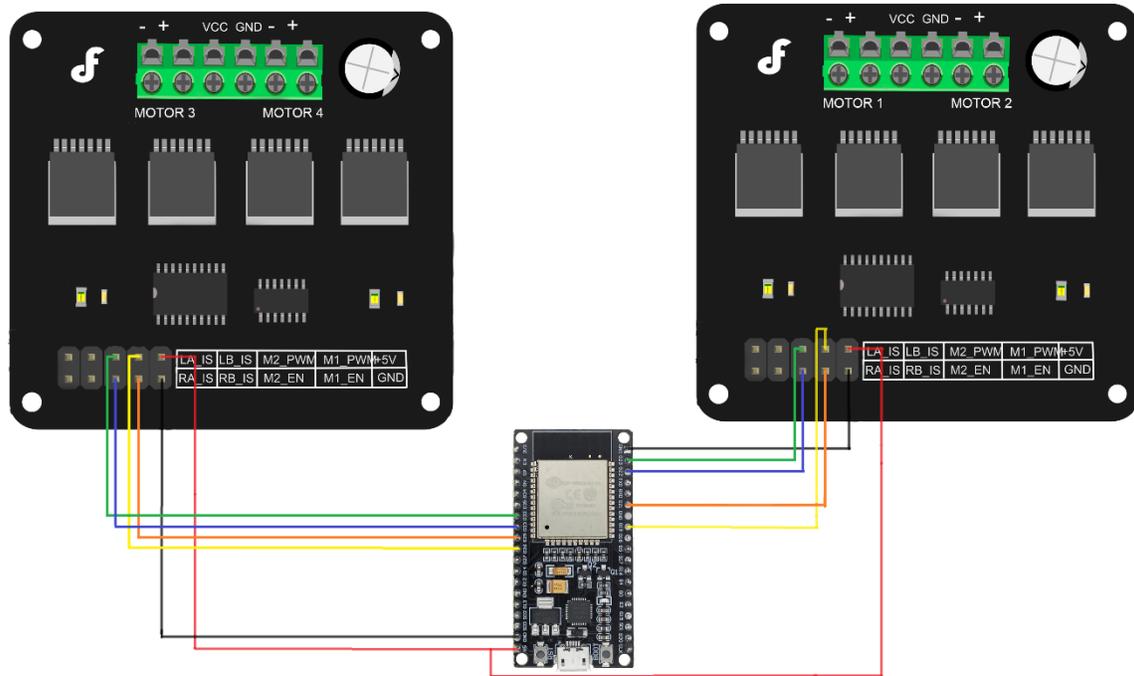
Figura 87.***Prueba salida PWM***

Fuente: Elaboración propia

II.1.4.7.3.1. Conexión Driver con esp32

Considerando la necesidad de controlar 8 canales de salida PWM para dos drivers "DC Motor 2x15A" utilizando un total de 8 pines, se planifica la ampliación del circuito **salida PWM** para abarcar estos requerimientos adicionales. Dado que se implementarán 4 circuitos **salida PWM** en total para las respectivas conexiones, se busca mantener la integridad de las señales PWM en cada canal.

Figura 88.***Conexión driver con esp32***



Fuente: Elaboración propia

Definición de Pines

```
const int M1 = 19, E1 = 21, M2 = 23, E2 = 22, M3 = 26, E3 = 25, M4 = 32, E4 = 33;
```

Se definen los pines de los motores (M1, M2, M3, M4) y los pines de las salidas PWM para controlar la velocidad de los motores (E1, E2, E3, E4).

Bucle Principal

```
void update() {
  if (PS4.isConnected()) {
    // Lectura de botones y joysticks del controlador PS4
    // ...
  } else {
    // Apagar los motores si el controlador no está conectado
    digitalWrite(E1, 0);
    digitalWrite(E2, 0);
    digitalWrite(E3, 0);
    digitalWrite(E4, 0);
  }
}
```

El bucle principal update verifica si el controlador PS4 está conectado.

Dentro de este bucle, se realiza la lectura de botones y joysticks del controlador.

También se apagan los motores si el controlador no está conectado.

Control de Motores

```

if (PS4.isConnected()) {
  // Maneja los joysticks del controlador PS4
  if (PS4.LStickY() > 30) {
    // Si el joystick izquierdo se mueve hacia arriba
    // Controlar los motores para mover hacia adelante
    digitalWrite(M1, HIGH);
    digitalWrite(M3, HIGH);
    analogWrite(E1, 200);
    analogWrite(E3, 185);
    Serial.println("ARRIBA");
  } else if (PS4.LStickY() < -30) {
    // Si el joystick izquierdo se mueve hacia abajo
    // Controlar los motores para mover hacia atrás
    digitalWrite(M1, LOW);
    digitalWrite(M3, LOW);
    analogWrite(E1, 200);
    analogWrite(E3, 185);
    Serial.println("ABAJO");
  }
  if (PS4.RStickX() > 30) {
    // Si el joystick derecho se mueve hacia la derecha
    // Controlar los motores para girar a la derecha
    digitalWrite(M1, HIGH);
    analogWrite(E1, 200);
    digitalWrite(M3, LOW);
    analogWrite(E3, 200);
    Serial.println("DERECHA");
  }
}

```

```

} else if (PS4.RStickX() < -30) {
  // Si el joystick derecho se mueve hacia la izquierda
  // Controlar los motores para girar a la izquierda
  digitalWrite(M1, LOW);
  analogWrite(E1, 200);
  digitalWrite(M3, HIGH);
  analogWrite(E3, 200);
  Serial.println("IZQUIERDA");
}

```

Control de brazo y mecanismo de detector

```

if (PS4.R1()) {
  // Acción al presionar R1 (subir)
  digitalWrite(M2, HIGH);
  analogWrite(E2, 200);
} else if (PS4.R2()) {
  // Acción al presionar R2 (bajar)
  digitalWrite(M2, LOW);
  analogWrite(E2, 200);
}
// Motor M4 controlado por los botones L1 y L2
if (PS4.L1()) {
  // Acción al presionar L1 (subir el brazo)
  digitalWrite(M4, HIGH);
  analogWrite(E4, 170);
  Serial.println("BRAZO ARRIBA");
} else if (PS4.L2()) {
  // Acción al presionar L2 (bajar el brazo)
  digitalWrite(M4, LOW);
  analogWrite(E4, 120);
  Serial.println("BRAZO ABAJO");
}

```

II.1.4.7.4. Prueba Salida 12V

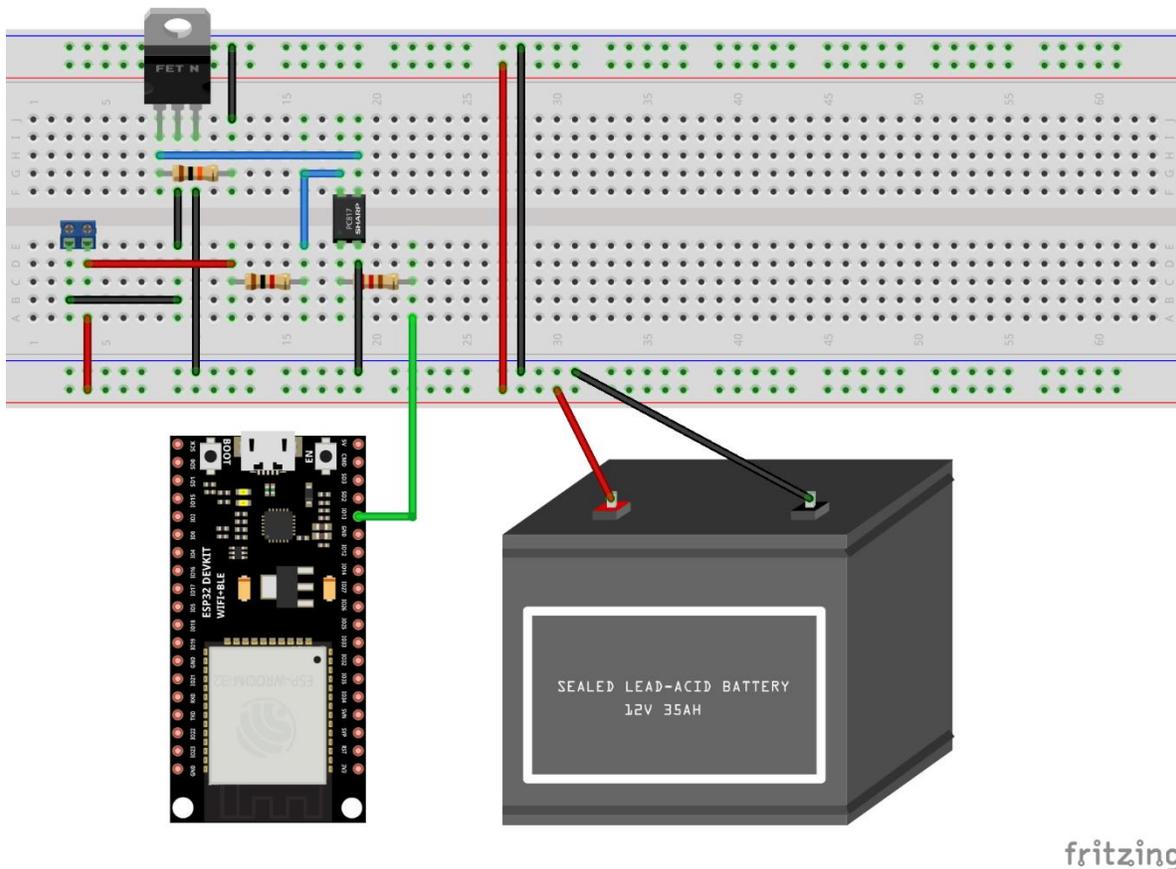
Para satisfacer los requerimientos de voltaje de ciertos componentes, se implementó un circuito específico que permite elevar las salidas digitales de la ESP32, que operan a niveles de voltaje estándar de 3.3V, a un nivel de 12V.

Este diseño permite que las salidas digitales de la ESP32 actúen de manera efectiva en un entorno que requiere un voltaje de 12V, brindando flexibilidad y compatibilidad con dispositivos y componentes que operan a esta tensión específica.

En nuestro caso el electroimán para la recolección de minas superficiales.

Figura 89.

Prueba salida 12V



fritzing

Fuente: Elaboración propia

II.1.4.7.4.1. Código de prueba para salida 12V

```
const int pinLED = 13;
void setup() {
  pinMode(pinLED, OUTPUT);
}
```

```

void loop() {
  digitalWrite(pinLED, HIGH);
  delay(1000); // Espera 1 segundo
  digitalWrite(pinLED, LOW);
  delay(1000); // Espera 1 segundo
}

```

II.1.5. Sprint 5. Ensamblaje del prototipo robot

II.1.5.1. Material utilizado para el ensamblaje del prototipo

Durante el proceso de ensamblaje, se requirieron diversas herramientas y materiales adicionales para garantizar un ensamblado eficiente y preciso. A continuación, se detallan algunos de los elementos clave utilizados en este proceso.

Tabla 20.

Material para el ensamblaje

| Nombre | Uso |
|----------------------------|---|
| Taladro | El taladro desempeñó un papel crucial en la creación de orificios precisos en la estructura del robot y en la fijación de elementos mediante tornillos. Esto facilitó el montaje de componentes mecánicos y garantizó la integridad estructural del prototipo |
| Amoladora | La amoladora fue utilizada para dar forma y pulir componentes, como soportes y estructuras, permitiendo ajustes precisos para garantizar un ensamblaje adecuado. |
| Cautín y Pasta para Soldar | El cautín se usó para trabajos de soldadura más precisos, y la pasta para soldar ayudó en la distribución uniforme del estaño, mejorando la calidad de las uniones. |

| | |
|--------------------------|---|
| Multímetro | Un multímetro fue esencial para medir la continuidad, voltajes y resistencias en diferentes puntos del circuito. Esto ayudó a verificar la integridad eléctrica de las conexiones y a solucionar posibles problemas |
| Destornilladores | Se emplearon destornilladores de diferentes tamaños y tipos para fijar componentes mecánicos, como motores, soportes y otros elementos estructurales del robot. |
| Llave Inglesa y Alicates | Estas herramientas se utilizaron para apretar tuercas y tornillos, asegurando la firmeza de las uniones mecánicas. |
| Cableado y Conectores | Se emplearon diferentes tipos de cables y conectores para establecer conexiones eléctricas entre componentes y módulos del robot. La elección de cables adecuados contribuyó a una transmisión eficiente de la energía. |
| Instrumentos de Corte | Herramientas como alicates de corte y cortadores de alambre fueron esenciales para cortar y preparar cables y componentes en el tamaño adecuado. |

Fuente: Elaboración propia

II.1.5.2. Ensamblaje Del Sistema Mecánico

II.1.5.2.1. Chasis superior

Para la construcción del chasis superior, se emplearon conectores conocidos como "ELES" para garantizar uniones sólidas entre las diferentes secciones del chasis. Estos conectores se fijaron utilizando clavos de encarne, asegurando una unión robusta y confiable.

Además de las uniones, se incorporaron orificios estratégicamente ubicados en el chasis superior. Estos orificios cumplen dos funciones principales:

Integración con el chasis inferior del auto eléctrico:

Los orificios permiten la alineación y fijación adecuada del chasis superior con el chasis inferior del vehículo eléctrico. Esto asegura una conexión precisa y estable entre las dos partes, contribuyendo a la integridad estructural del robot.

Enrutamiento del cableado:

Se han integrado orificios específicos para facilitar el enrutamiento ordenado del cableado del robot. Esta consideración es esencial para evitar interferencias, garantizar una apariencia ordenada y facilitar posibles mantenimientos o modificaciones en el sistema eléctrico.

Figura 90.

Ensamblaje completo del sistema mecánico



Fuente: Elaboración propia

II.1.5.2.2. Mecanismo de Brazo Robot

El brazo robot ha sido posicionado en la sección posterior del prototipo con un propósito claro: realizar la recolección de minas superficiales y posteriormente almacenarlas en el interior del robot.

Figura 91.

Brazo robot



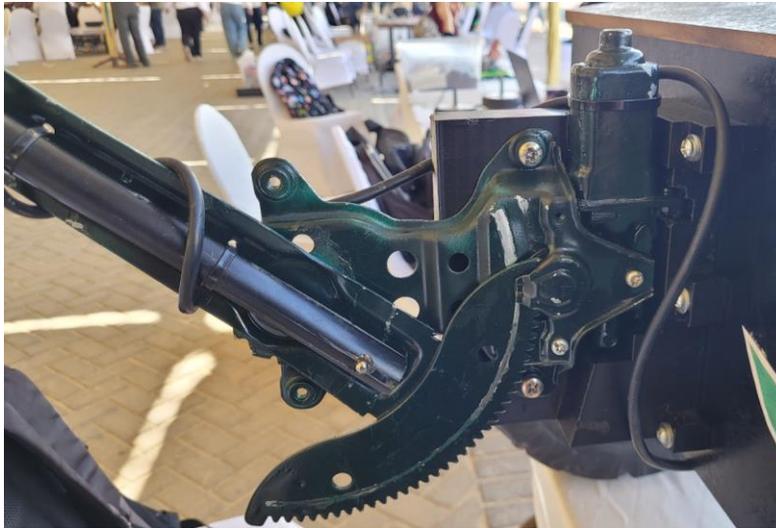
Fuente: Elaboración propia

II.1.5.2.3. Mecanismo de elevación

Para implementar el mecanismo de elevación, se ha integrado un motor de elevación de vidrio eléctrico, comúnmente utilizado en automóviles. Este motor ha sido adaptado específicamente para complementar las funciones del detector de metales, proporcionando un sistema de elevación que permite movimientos controlados de arriba a abajo.

Figura 92.

Mecanismo de elevación



Fuente: Elaboración propia

II.1.5.3. Ensamblaje del sistema electrónico

II.1.5.3.1. Consumo energético

En el proceso de implementación de los diversos componentes electrónicos en el robot, es crucial considerar el consumo eléctrico de cada uno de ellos. Por ende, se hace necesario llevar a cabo la detección y evaluación del consumo de energía de cada componente por separado. Este análisis permitirá una gestión eficiente de la alimentación, asegurando que la fuente de energía sea dimensionada adecuadamente y que el sistema en su conjunto funcione de manera óptima durante su operación.

Para hallar estos datos se utilizó la fuente de alimentación variable que existe en el laboratorio de robótica de la carrera.

Tabla 21.

Consumo energético de los componentes a utilizar en el prototipo

| Componente | Consumo energético |
|---------------------------|--------------------|
| Motor DC 10000RPM | 1.5 Ah |
| Motor DC 8000RPM | 4 Ah |
| Motor de vidrio eléctrico | 1.5 Ah |
| Electroimán | 1,5 Ah |
| Sirena | 1 Ah |

Fuente: Elaboración propia

II.1.5.3.1.1. Suma total de consumo energético

Tomando en cuenta la tabla anterior podemos calcular el consumo que haría nuestro prototipo para su funcionalidad.

Tabla 22.

Consumo energético total del prototipo

| Componente | Cantidad | Consumo energético | Consumo energético total |
|------------------------|-----------------|---------------------------|---------------------------------|
| Motor DC 10000RPM | 4 | 1,5Ah | 6Ah |
| Motor DC 8000RPM | 1 | 4Ah | 4Ah |
| Motor vidrio eléctrico | 1 | 1,5Ah | 1,5Ah |
| Electroimán | 1 | 1,5Ah | 1,5Ah |
| Sirena | 1 | 1Ah | 1Ah |
| Total | | | 14Ah |

Fuente: Elaboración propia

Considerando el consumo energético total del prototipo, se tomó la decisión de emplear dos baterías de 12V y 9A conectadas en paralelo. Esta configuración proporciona una capacidad combinada de 18A, asegurando una autonomía de funcionamiento superior a una hora continua. Esta elección estratégica de alimentación se realizó con el objetivo de garantizar un suministro de energía robusto y duradero, lo que resulta fundamental para el rendimiento sostenible del prototipo durante sus diversas operaciones.

II.1.5.3.2. Conexiones Jumper y Cable de 2,5mm

Las conexiones entre la placa PCB, los drivers y otros componentes se establecieron mediante cables jumper. Estos cables proporcionan flexibilidad y facilitan las conexiones. Para las conexiones más robustas, se empleó cable de 2,5mm para garantizar una conexión eléctrica confiable y duradera.

II.1.5.3.3. Alimentación de los Drivers

La fuente de alimentación para los drivers se diseñó utilizando dos baterías de 12V y 9A conectadas en paralelo. Esta configuración en paralelo no solo proporciona redundancia, sino que también aumenta la capacidad total a 18A. Esto asegura una autonomía significativa y previene problemas relacionados con la descarga prematura o mal funcionamiento de los componentes durante las operaciones del robot.

II.1.5.3.4. Alimentación de la placa PCB

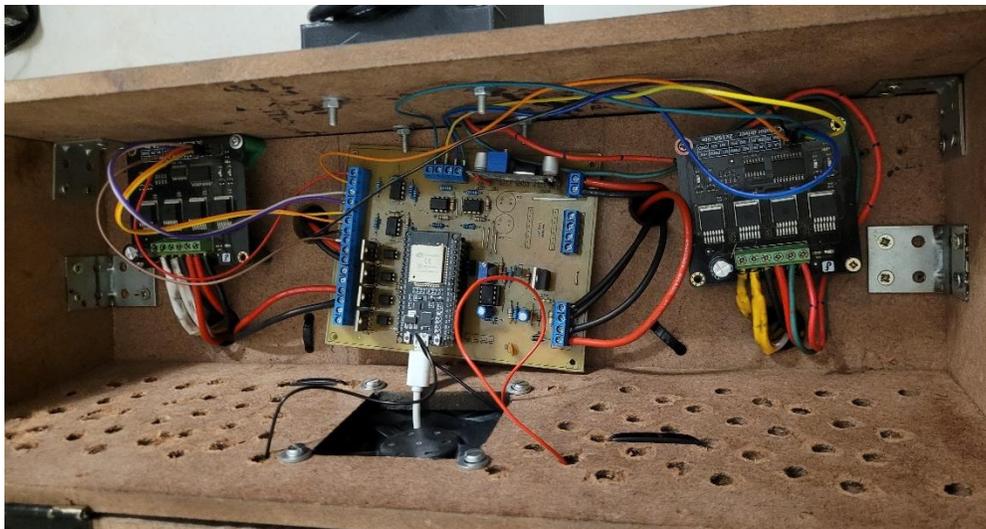
Para la placa ESP32, se implementó una batería LiPo de 11.1V y 5200mA. Esta elección se basa en el bajo consumo eléctrico de la placa, lo que garantiza una vida útil prolongada de uso. La batería LiPo ofrece una fuente de energía eficiente y liviana, contribuyendo a la movilidad y versatilidad del prototipo.

II.1.5.3.5. Automatización de la autonomía

La combinación de diferentes fuentes de alimentación, junto con la capacidad significativa de las baterías, se orienta a optimizar la autonomía del robot. Esta decisión estratégica busca garantizar que el robot pueda realizar sus funciones durante períodos prolongados sin interrupciones, maximizando su eficiencia operativa.

Figura 93.

Ensamblaje del sistema electrónico dentro del prototipo robot



Fuente: Elaboración propia

II.1.6. Análisis comparativo entre versión anterior y versión actual

Se realizará un cuadro comparativo de mejoras proporcionado una visión detallada de la evolución del prototipo robot buscaminas, destacando mejoras significativas en áreas clave:

Tabla 23.

Análisis comparativo

| Aspecto | Versión anterior | Versión actual |
|---------|------------------|----------------|
|---------|------------------|----------------|

| | | |
|---------------------|---|--|
| Conexión Eléctrica | Sobrecalentamiento y quemadura de cables. | Empleo de cables de 2.5 mm para soportar hasta 20[A]. |
| Brazo Robot | Problemas de agarre con la garra existente. | Implementación de electroimán con activador electrónico. |
| Detección de Minas | Limitaciones en la detección debido a ubicación estática. | Mecanismo de elevación y descenso para ajuste de altura. |
| Tracción del Robot | Motores de diferentes revoluciones generan inconsistencias. | Adquisición de motores con misma velocidad y ruedas adicionales. |
| Detector de Metales | Fallo significativo en el detector profesional. | Desarrollo de detector de metales en la placa PCB. |

Fuente: Elaboración propia

II.2. Componente 2: Socializar el prototipo Robot en la competencia Mundial Minesweepers.

II.2.1. Preparación del Material de Presentación

II.2.1.1. Descripción del Robot

El desarrollo de la descripción del robot implica proporcionar detalles exhaustivos sobre su diseño, funcionalidades y capacidades. Esto incluirá información sobre la estructura física del robot, sus capacidades de detección, movilidad y cualquier característica única que lo distinga. Se destacarán elementos clave que resalten la innovación y eficacia del robot buscaminas.

II.2.1.2. Tecnologías Utilizadas

La sección de tecnologías utilizadas se centrará en especificar los componentes electrónicos, software y cualquier tecnología clave implementada en el robot. Se detallarán los avances tecnológicos que contribuyen a la eficiencia y precisión del robot, brindando a la audiencia una comprensión clara de la base tecnológica del proyecto.

II.2.2. Desarrollo de una Presentación

II.2.2.1. Estructura de la Presentación:

La organización de la presentación es fundamental para transmitir de manera efectiva la información sobre el robot. Se establecerá una estructura clara y concisa que destaque los aspectos más importantes del proyecto. Esto puede incluir secciones dedicadas al diseño, funcionalidades, tecnologías clave y resultados destacados.

II.2.2.2. Demostración en Vivo

Si es posible, se planificará una demostración en vivo del robot durante la presentación. Esto permitirá a la audiencia visualizar directamente el desempeño del robot, proporcionando una experiencia más inmersiva y concreta. La demostración en vivo puede incluir la ejecución de funciones clave del robot y destacar su eficacia en situaciones simuladas.

II.2.3. Participación en la Competencia

II.2.3.1. Registro y Preparación

Se asegurará de que el robot esté correctamente registrado para la competencia y que cumpla con todos los requisitos establecidos. Esta sección detallará el proceso de registro, los documentos necesarios y cualquier preparación específica requerida para garantizar una participación exitosa.

II.2.3.2. Pruebas Previas

Se realizarán pruebas adicionales antes del evento para asegurarse de que el robot esté en óptimas condiciones. Esto implica verificar el rendimiento de cada componente, realizar ajustes finos y abordar cualquier problema potencial que pueda surgir durante la competencia. Las pruebas previas respaldarán la preparación integral del robot.

II.2.4. Promoción en Redes Sociales

II.2.4.1. Publicaciones Antes del Evento

Se crearán publicaciones estratégicas en redes sociales para generar anticipación y conciencia sobre la participación del robot en la competencia. Estas publicaciones destacarán aspectos emocionantes del proyecto, como características innovadoras, hitos alcanzados y la importancia del evento.

II.2.4.2. Actualizaciones en Tiempo Real

Durante la competencia, se realizarán publicaciones en tiempo real para mantener a la audiencia informada sobre el progreso y los resultados del robot. Estas actualizaciones proporcionarán una cobertura detallada de la participación del robot, generando interés continuo y participación en línea.

II.2.5. Colaboración y Networking

II.2.5.1. Interacción con Otros Participantes

Se fomentará la interacción activa con otros equipos y participantes en la competencia. Esto incluirá oportunidades para intercambiar conocimientos, compartir experiencias y establecer relaciones colaborativas que puedan resultar beneficiosas para todos los involucrados.

Todos estos puntos serán expuestos en la sección de Anexos del proyecto

CAPITULO III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

III.1. Conclusiones

La revisión detallada del diseño del robot buscaminas permitió identificar limitaciones técnicas y funcionales significativas, para luego ser solucionadas con este nuevo prototipo.

La elección de la metodología SCRUM proporciono un marco ágil para llevar a cabo todas las tareas que tenía este proyecto llegando así a su desarrollo completo.

La participación en la competencia Minesweepers se establece como un hito importante, no solo para medir el rendimiento del prototipo, sino también para obtener retroalimentación valiosa de la comunidad científica y competidores.

El proyecto no solo busca superar limitaciones técnicas, sino también contribuir al avance tecnológico en el ámbito de la robótica móvil.

III.2. Recomendaciones

- Se sugiere realizar pruebas iterativas durante el proceso de diseño y desarrollo de proyectos de esta índole para identificar posibles problemas a tiempo y permitir ajustes continuos, asegurando así un prototipo final funcional.
- Establecer un sistema de evaluación continua del rendimiento del prototipo, incluso después de la competencia, permitirá realizar mejoras adicionales y mantener la relevancia y eficacia a lo largo del tiempo.
- Considerar la posibilidad de explorar aplicaciones adicionales para la tecnología desarrollada, más allá de la competencia Minesweepers, como su implementación en entornos de seguridad y emergencias.