



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE GUAYAQUIL**  
**CARRERA DE MECATRÓNICA**

**DESARROLLO DE ROBOT MICRO SUMO AUTÓNOMO PARA  
COMPETENCIAS DE ROBÓTICA PROFESIONAL**

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

AUTOR: Derian Joseph Guevara Riofrío  
TUTOR: MSc. Alberto Santiago Ramírez Farfán

Guayaquil-Ecuador  
2025

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Derian Joseph Guevara Riofrío** con documento de identificación N° **0953901204** manifiesto que:

Soy el responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo.

Guayaquil, 31 de enero del 2025

Atentamente,



Derian Joseph Guevara Riofrío  
0953901204

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

Yo, **Derian Joseph Guevara Riofrío** con documento de identificación N° **0953901204** expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del **Desarrollo de robot micro sumo para competencias de robótica profesional**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Guayaquil, 31 de enero del 2025

Atentamente,



Derian Joseph Guevara Riofrío  
0953901204

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Alberto Santiago Ramírez Farfán**, docente de la Universidad Politécnica Salesiana , declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **Desarrollo de robot micro sumo para competencias de robótica profesional**, realizado por **Derian Joseph Guevara Riofrío** con documento de identificación N° **0953901204** obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción **Dispositivo Tecnológico** que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 31 de enero del 2025

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Alberto', with a large, stylized flourish extending upwards and to the right. The signature is positioned above a horizontal line.

---

Ing. Alberto Santiago Ramírez Farfán, Ing.  
0923348890

## I. DEDICATORIA

Este trabajo es el resultado de años de esfuerzo, sacrificio y determinación. Lo dedico a aquellos que han creído en mí, incluso cuando yo dudaba de mí mismo. A mi madre, por ser el pilar que sostuvo mis días más difíciles y a mi familia, por enseñarme que cada obstáculo es solo una prueba más que nos acerca a nuestras metas; y a mi amiga Alejandra, por su amistad inquebrantable y su guía en este recorrido.

Lo dedico también a todas las personas que alguna vez sintieron que sus sueños estaban fuera de su alcance. Que este trabajo sirva como prueba de que con fe, esfuerzo y perseverancia, todo es posible.

**Derian Joseph Guevara Riofrío**

## II. AGRADECIMIENTO

En este camino de formación, donde cada paso ha estado lleno de retos, aprendizajes y momentos de incertidumbre, quiero comenzar agradeciendo a Dios, quien ha sido mi luz y mi fuente de fortaleza en cada paso de mi carrera. No ha sido un camino fácil, pero en los momentos más difíciles, Él me dio luz cuando todo parecía oscuro, me sostuvo cuando sentí que ya no podía más y me recordó que cada esfuerzo vale la pena.

A una persona muy especial en este recorrido, mi querida amiga Alejandra Kildari Castillo Sandoval, gracias por ser más que una compañera de estudios, por convertirte en una hermana a lo largo de estos cuatro años. Desde aquel primer semestre en el que nos conocimos virtualmente hasta hoy, has sido un pilar en mi vida académica y personal. Gracias por compartir conmigo tus conocimientos, por guiarme cuando me sentía perdido, por estar ahí en los momentos más difíciles y por demostrarme que la verdadera amistad trasciende cualquier distancia.

A mi familia, mi refugio y mi mayor fortaleza, no existen palabras que puedan expresar completamente mi gratitud. A mi madre, Ivis Irene Riofrío Gómez, gracias por estar ahí cuando más te necesité, por tus abrazos que me devolvían la calma y por tus palabras que me recordaban que todo problema tiene solución, incluso cuando parecía no haber salida. Gracias por tu amor incondicional, por tu sacrificio y por ser la razón por la que hoy estoy cumpliendo este sueño.

A mis abuelos, quienes con su amor y sabiduría dejaron una huella imborrable en mi vida. A mi abuelito, por su apoyo incondicional, y a mi abuelita, que ahora me cuida desde el cielo, gracias por sus enseñanzas y por cada palabra que me impulsó a seguir adelante. A mi tía, por sus consejos llenos de sabiduría y su apoyo constante, gracias por creer en mí y recordarme que siempre tengo la capacidad de alcanzar todo lo que me proponga.

Cada uno de ustedes ha sido una pieza fundamental en este camino, y este logro no es solo mío, sino de todos los que han estado a mi lado en cada paso. Gracias por acompañarme en este viaje.

**Derian Joseph Guevara Riofrío**

### III. RESUMEN

Este proyecto tiene como propósito la creación de un robot micro sumo orientado a competencias universitarias, con el fin de fomentar el aprendizaje práctico en el campo de la robótica dentro del entorno académico. La construcción de este robot micro sumo implica enfrentar tres problemas fundamentales: primero, el diseño estructural que asegura la robustez y ligereza necesarias para el desempeño competitivo; segundo, el desarrollo de un sistema de control autónomo que le otorgue al robot la habilidad de tomar decisiones de forma inmediata, al robot tomar decisiones en tiempo real; y tercero, la integración de sensores avanzados para la detección efectiva de oponentes en el área de combate. Cada uno de estos desafíos ha sido abordado a través de objetivos específicos que buscan no solo desarrollar las capacidades técnicas del robot, sino también crear una base de conocimiento aplicable en futuros desarrollos de robótica.

Para alcanzar estos objetivos, se empleó una metodología que incorpora herramientas de modelado y diseño mediante software CAD. con el objetivo de modelar y desarrollar prototipos del robot, complementado con la implementación de controladores programables y sensores de detección precisos. Durante la fase de diseño, se analizaron diversos materiales y configuraciones estructurales que optimizan el peso y la resistencia del robot. En cuanto al control autónomo, se desarrollaron algoritmos de navegación y estrategia de combate que le permiten al robot adaptarse a diferentes escenarios en tiempo real, maximizando así su capacidad competitiva.

En la parte de detección de oponentes, se exploraron diferentes tecnologías de sensores, como sensores infrarrojos y ultrasónicos, que proporcionan al robot la capacidad de identificar y reaccionar ante oponentes cercanos de manera eficiente. Estos sensores son clave para el éxito del robot en competiciones, ya que permiten una rápida respuesta ante la presencia de un contrincante en el área de combate.

Como resultado del proyecto, se espera que el robot micro sumo cuente con una alta capacidad de respuesta y adaptación en el entorno de competición, demostrando no solo la efectividad de su diseño y control, sino también su potencial para inspirar y guiar futuros proyectos en la robótica universitaria. Este proyecto contribuye al desarrollo de habilidades técnicas en ingeniería y promueve el conocimiento aplicado, proporcionando un modelo de referencia para el desarrollo de robots autónomos en el contexto de la educación superior.

**Palabras clave: Diseño,Robótica,CAD,Micro.**

#### IV. ABSTRACT

This project aims to develop a micro sumo robot designed for university competitions, fostering practical learning in robotics within an academic environment. The construction of this robot involves overcoming three fundamental challenges: first, the structural design, ensuring the necessary robustness and lightness for competitive performance; second, the development of an autonomous control system that enables real-time decision-making; and third, the integration of advanced sensors for effective opponent detection in the combat area. Each of these challenges has been addressed through specific objectives, aiming not only to enhance the robot's technical capabilities but also to establish a knowledge base applicable to future robotics developments.

To achieve these objectives, a methodology incorporating computer-aided design (CAD) tools was employed to model and develop robot prototypes, complemented by the implementation of programmable controllers and high-precision detection sensors. During the design phase, various materials and structural configurations were analyzed to optimize the robot's weight and resistance. In terms of autonomous control, navigation algorithms and combat strategies were developed, allowing the robot to adapt to different scenarios in real time, thereby maximizing its competitive performance.

For opponent detection, various sensor technologies, such as infrared and ultrasonic sensors, were explored, providing the robot with the ability to efficiently identify and react to nearby opponents. These sensors play a crucial role in the robot's success in competitions, enabling rapid responses when detecting an opponent in the combat area.

As a result of this project, the micro sumo robot is expected to demonstrate a high level of responsiveness and adaptability in competitive environments, showcasing not only the effectiveness of its design and control but also its potential to inspire and guide future university robotics projects. This work contributes to the development of technical engineering skills and promotes applied knowledge, serving as a reference model for the advancement of autonomous robots in higher education.

**Keywords: Design,Robotics,CAD,Micro.**

## ÍNDICE

<b>I.</b>	<b>DEDICATORIA</b>	5
<b>II.</b>	<b>AGRADECIMIENTO</b>	5
<b>III.</b>	<b>RESUMEN</b>	6
<b>IV.</b>	<b>ABSTRACT</b>	7
<b>V.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>VI.</b>	<b>PROBLEMA</b>	2
<b>VII.</b>	<b>JUSTIFICACIÓN</b>	3
<b>VIII.</b>	<b>OBJETIVOS</b>	4
	VIII-A. Objetivo general . . . . .	4
	VIII-B. Objetivos Especificos . . . . .	4
<b>IX.</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b>	5
	IX-A. Introducción a la Robótica Micro Sumo . . . . .	5
	IX-B. Categorías Sumo . . . . .	6
	IX-B1. Micro-Sumo . . . . .	6
	IX-B2. Mini-Sumo . . . . .	7
	IX-B3. Sumo LEGO . . . . .	7
	IX-B4. Mega-Sumo . . . . .	8
	IX-C. Sensores infrarojos para Robots . . . . .	9
	IX-C1. JS40F Digital Distance Sensor . . . . .	9
	IX-C2. HW-201 Sensor Infrarrojo . . . . .	10
	IX-C3. Sharp GP2Y0A21YK0F . . . . .	10
	IX-D. Sensores de Línea . . . . .	11
	IX-D1. QRE1113 QTR-1A . . . . .	11
	IX-D2. ML2 JSUMO . . . . .	12
	IX-D3. ML1 JSUMO . . . . .	12
	IX-D4. TCRT5000 . . . . .	13
	IX-E. Materiales y diseño . . . . .	13
	IX-E1. PLA impresión 3D . . . . .	13
	IX-E2. Fibra de Carbono Impresión 3D . . . . .	13
	IX-E3. Aluminio . . . . .	14
	IX-E4. Acero . . . . .	14
	IX-E5. Acrílico . . . . .	14
	IX-F. Desempeño en competencias . . . . .	15
	IX-F1. Evaluación: Tamaño, Peso y Velocidad . . . . .	15
	IX-F2. Factores de Desempeño . . . . .	16
<b>X.</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	17
	X-A. Diseño de la estructura . . . . .	17
	X-B. Implementación Mecánica y Electrónica . . . . .	19
	X-B1. Selección de componentes . . . . .	19
	X-B2. Clasificación de Componentes . . . . .	20
	X-C. Lógica de programación . . . . .	21

X-D.	Hardware . . . . .	22
	X-D1. Características principales de la placa XMotion . . . . .	23
	X-D2. Distribución de pines y componentes en la placa X-Motion (JSumo) . . . . .	24
X-E.	Implementación . . . . .	25
	X-E1. Diseño . . . . .	25
X-F.	Gestión del Peso en un Robot Micro Sumo de 100g . . . . .	27
<b>XI.</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>28</b>
	XI-A. Fortalezas del Robot Micro Sumo . . . . .	29
<b>XII.</b>	<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES POR DESARROLLAR</b>	<b>30</b>
<b>XIII.</b>	<b>PRESUPUESTO</b>	<b>31</b>
<b>XIV.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>32</b>
<b>XV.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>33</b>
<b>XVI.</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>36</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Competencia Robots microsumo [12]. . . . .	5
2.	Robot Micro-Sumo. [13] . . . . .	6
3.	Robot mini sumo [3] . . . . .	7
4.	Robot Sumo-Lego [5] . . . . .	7
5.	Robot mega sumo [14] . . . . .	8
6.	Robot mega sumo [17] . . . . .	9
7.	Robot mega sumo [18] . . . . .	10
8.	Robot mega sumo [19] . . . . .	10
9.	Robot mega sumo [20] . . . . .	11
10.	Robot mega sumo [21] . . . . .	12
11.	Robot mega sumo [22] . . . . .	12
12.	Robot mega sumo [23] . . . . .	13
13.	Diseño Dohyo [15] . . . . .	15
14.	Diseño Delantero. por D. Guevara. . . . .	17
15.	Diseño Posterior. por D. Guevara. . . . .	17
16.	Diseño3D Microsumo. por D. Guevara. . . . .	18
17.	Clasificación de componentes. por D. Guevara. . . . .	20
18.	Diagrama de Flujo. por D. Guevara. . . . .	22
19.	Robot Armado. por D. Guevara. . . . .	23
20.	Robot Armado. por D. Guevara. . . . .	26
21.	Peso de 99.0g Robot Micro Sumo pesado. por D. Guevara. . . . .	27
22.	Dos Robot Micro Sumo En Un Doyho. por D. Guevara. . . . .	28
23.	Robots sumo enfrentándose en un Doyho. por D. Guevara. . . . .	29

## ÍNDICE DE TABLAS

I.	Categorías de competencias sumo . . . . .	8
II.	Tabla comparativa de sensores para robots sumo . . . . .	9
III.	Tabla comparativa de sensores de línea para robots sumo . . . . .	11
IV.	Tabla comparativa de materiales para robots sumo . . . . .	14
V.	RESUMEN DE ASIGNACIÓN DE PINES . . . . .	23
VI.	Cuadro de actividades de planificación. . . . .	30
VII.	Cuadro de presupuesto. . . . .	31
VIII.	Tabla comparativa comparación de Materiales en la Fabricación de Robots Micro Sumo . . . . .	32

## V. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el desarrollo de robots autónomos ha experimentado un crecimiento significativo, impulsado por avances en áreas como la inteligencia artificial, la robótica y la ingeniería de control. Estos progresos han permitido la creación de sistemas robóticos cada vez más complejos y versátiles, capaces de enfrentar desafíos específicos en distintos campos, incluyendo la robótica de combate. Dentro de esta disciplina, destacan categorías como 1kg, mini sumo, micro sumo, nano sumo y otras de mayor peso, como una libra y tres libras, las cuales han ganado popularidad en competiciones internacionales por su alto grado de exigencia técnica y estratégica.

El objetivo de estas competencias es claro: dos robots se enfrentan en una arena delimitada, y cada uno debe intentar sacar al oponente fuera del área de combate. Este formato aparentemente simple oculta una gran complejidad, ya que los equipos deben superar retos técnicos relacionados con el diseño mecánico, la optimización del peso, la distribución eficiente de la energía y el desarrollo de algoritmos de control autónomo. Además, factores como la detección precisa del oponente, la capacidad de reacción rápida y la implementación de estrategias efectivas son determinantes para lograr el éxito.

En la categoría micro sumo, los desafíos son aún mayores debido a las estrictas restricciones de tamaño y peso. Esto obliga a los desarrolladores a buscar soluciones innovadoras que permitan integrar componentes electrónicos, sensores y actuadores en un espacio extremadamente reducido sin comprometer el rendimiento del robot. La elección de materiales, la eficiencia energética y el diseño de circuitos compactos juegan un papel crucial en la construcción de estos robots. Por tanto, el desarrollo de un robot micro sumo competitivo requiere no solo conocimientos técnicos sólidos, sino también creatividad e ingenio para optimizar cada aspecto del diseño.

Además, el constante avance tecnológico ha facilitado la inclusión de tecnologías como sensores infrarrojos, ultrasonidos y cámaras de alta resolución, que mejoran la capacidad de detección y reacción del robot. Los motores de alta precisión y bajo consumo energético se han convertido en componentes esenciales para garantizar movimientos rápidos y controlados, mientras que las baterías de polímero de litio (LiPo) ofrecen una excelente relación entre peso y capacidad de energía, aspectos críticos en competiciones de micro sumo.

Por otra parte, las reglas estrictas de las competiciones exigen a los desarrolladores cumplir con especificaciones exactas en términos de dimensiones, peso y funcionalidad. Esto no solo fomenta la innovación, sino que también promueve el aprendizaje práctico en diversas áreas de la ingeniería, como el diseño asistido por computadora (CAD), la impresión 3D y la programación de sistemas embebidos. Todo esto convierte a la robótica de combate en una plataforma ideal para que los estudiantes y profesionales perfeccionen sus habilidades mientras compiten en un entorno altamente competitivo y colaborativo.

En resumen, la categoría micro sumo representa un campo fascinante dentro de la robótica de combate, donde convergen tecnología, creatividad y estrategia. Su desarrollo no solo permite explorar nuevas soluciones tecnológicas, sino que también contribuye al avance de la robótica.

## VI. PROBLEMA

En Ecuador, la investigación y desarrollo en robótica ha mostrado un notable crecimiento en los últimos años, reflejado en una gran cantidad de tesis orientadas a temas de robótica educativa y al diseño de robots móviles para aplicaciones diversas, que van desde la docencia hasta la competencia en entornos de alta exigencia técnica [1]. En este contexto, la Universidad Politécnica Salesiana ha logrado destacarse de manera sobresaliente en el ámbito de la robótica, obteniendo el título de Campeón General en el Concurso Internacional de Robótica Games Latitud Zero, IV edición, evento celebrado en el Museo Interactivo de Ciencia (MIC) de Quito del 16 al 20 de mayo de 2017. Este logro subraya la capacidad de la UPS para desarrollar tecnologías competitivas y su compromiso con la innovación tecnológica en robótica[2].

A pesar de estos avances, existen desafíos críticos en el diseño de robots micro sumo, donde la ausencia de un enfoque integral en el diseño físico del robot impide que se alcance un balance óptimo en términos de tamaño, peso y distribución de componentes. La falta de esta armonización en el diseño afecta directamente la movilidad del robot, incrementando el riesgo de fallos mecánicos en las condiciones rigurosas de las competencias y limitando su rendimiento general robótica[3][4].

Además, la carencia de un sistema de control autónomo adecuado dificulta que el robot micro sumo responda a estímulos externos, tales como la detección de oponentes o el reconocimiento de los límites de la arena de combate. Esta limitación en su capacidad de respuesta impide que el robot se adapte dinámicamente a las condiciones cambiantes del entorno, lo cual afecta su efectividad en las fases de competencia y lo coloca en desventaja frente a otros robots más avanzados [5].

Finalmente, la falta de un sistema de gestión eficiente de la batería restringe tanto la autonomía como el rendimiento del robot micro sumo, reduciendo su competitividad al no poder aprovechar de manera óptima la carga energética disponible durante la competencia. Esta deficiencia en la administración de la energía limita el tiempo de operación y la potencia del robot, afectando su desempeño en escenarios de alta exigencia [6].

## VII. JUSTIFICACIÓN

Un diseño adecuado resulta fundamental para alcanzar un equilibrio óptimo entre tamaño, peso y distribución de componentes, aspectos que garantizan la respuesta y estabilidad del robot micro sumo durante las competencias [7]. Este balance permite no solo mejorar la agilidad del robot en el área de combate, sino también reducir las probabilidades de fallos mecánicos en condiciones de alta exigencia. Sin un diseño optimizado, el robot enfrenta limitaciones críticas en su capacidad de maniobra, perdiendo agilidad y estabilidad, lo cual no solo afecta su rendimiento inmediato en competencia, sino también su durabilidad y vida útil en el largo plazo [8].

Por otro lado, un sistema de control avanzado y autónomo es indispensable para que el robot micro sumo pueda responder eficazmente a estímulos externos del entorno competitivo. Esto incluye la detección precisa de oponentes y el reconocimiento de los límites de la arena, habilidades necesarias para anticiparse a posibles movimientos y adaptarse a las condiciones cambiantes que surgen durante la competencia. Sin esta capacidad de respuesta autónoma, el robot queda en una clara desventaja frente a otros competidores que poseen sistemas de control más sofisticados, limitando su efectividad y reduciendo sus posibilidades de éxito en el contexto de la competencia [9].

Además, una gestión eficiente de la batería representa un pilar esencial en la operación del robot micro sumo, ya que su rendimiento y autonomía dependen directamente de una optimización en el consumo energético. La implementación de un sistema que maximice el aprovechamiento de la carga de la batería asegura que el robot pueda mantener un desempeño constante durante toda la competencia, sin experimentar disminuciones de potencia o tiempos de inactividad que puedan comprometer su competitividad. Sin una estrategia de optimización energética, el robot no solo limita su tiempo de operación, sino también su capacidad para competir eficazmente en igualdad de condiciones con otros robots de características similares, afectando su rendimiento general y sus posibilidades de alcanzar una posición destacada [10] [11].

## VIII. OBJETIVOS

### *VIII-A. Objetivo general*

Desarrollar un robot micro sumo autónomo, empleando un sistema compacto para competencias de robótica profesional.

### *VIII-B. Objetivos Especificos*

- Diseñar la estructura del robot micro sumo mediante la utilización de software de modelado 3D para que se ajuste a los reglamentos de las competencias de robótica profesional.
- Implementar un sistema mecánico electrónico con características compactas, que se ajusten de manera precisa a los requerimientos establecidos para la categoría del robot micro sumo.
- Evaluar el robot micro sumo contrastando su funcionalidad y que se encuentre dentro de los rangos de peso y tamaño permitido en los reglamentos de competencias de robótica profesional.

## IX. MARCO TEÓRICO

### IX-A. Introducción a la Robótica Micro Sumo

La robótica ha experimentado un avance significativo en los años recientes, particularmente en el área de la robótica móvil autónoma. El desarrollo de sistemas de control avanzados ha permitido la implementación de algoritmos complejos, mejorando las capacidades de los robots en diversos entornos, incluyendo las competencias de robótica como el sumo robot. Estos avances han permitido la creación de robots capaces de operar de manera completamente autónoma, tomando decisiones en tiempo real para realizar tareas específicas dentro de un espacio determinado.

Este tipo de competencias como se muestra en la Figura 1, que combinan electrónica, mecánica y programación, han ganado popularidad, convirtiéndose en un deporte tecnológico y educativo, especialmente en el ámbito de los robots autónomos. Las competencias de sumo robot atraen no solo a ingenieros y técnicos, sino también a jóvenes interesados en la robótica. El desafío de diseñar robots de sumo implica desarrollar máquinas que no solo sean rápidas y maniobrables, sino también muy precisas en sus algoritmos de control y detección de obstáculos. Los robots deben adaptarse a un entorno dinámico y competitivo, lo que requiere la integración de sensores avanzados, motores de alta precisión y algoritmos optimizados.

El primer mini-sumo robot se construyó en 1980 en Japón por Hiroshi Nozawage, presidente de Fuji Software Inc., y el primer torneo oficial tuvo lugar 10 años después. Desde entonces, el sumo robot ha evolucionado significativamente, con aumento de avances en el diseño de robots, optimización de estrategias de control e integración de nuevas tecnologías para optimizar la autonomía de los robots en combate. Los robots de esta categoría deben ser extremadamente ágiles, con una estructura compacta que les permita maniobrar rápidamente y resistir impactos sin comprometer su funcionalidad. Además, la programación juega un papel crucial, ya que los robots deben detectar al oponente, calcular el mejor movimiento y actuar en fracciones de segundo para ganar el combate[12].

Las competencias de mini-sumo, que son una de las categorías más populares en el mundo de la robótica, han sido una de las rutas primarias de acceso a las competencias de mayor nivel, como el micro-sumo. En los torneos de mini-sumo, los robots deben cumplir con ciertas restricciones de peso, generalmente no superando los 500 gramos, y competir en una arena de 77 cm de diámetro. Este tipo de competencias pone un énfasis particular en la agilidad, la precisión en la programación y la rapidez en la ejecución de estrategias. Además, el diseño de los robots debe ser extremadamente eficiente, ya que las máquinas no solo deben ser rápidas, sino también resistentes a impactos y capaces de reaccionar a las maniobras del oponente en tiempo real.

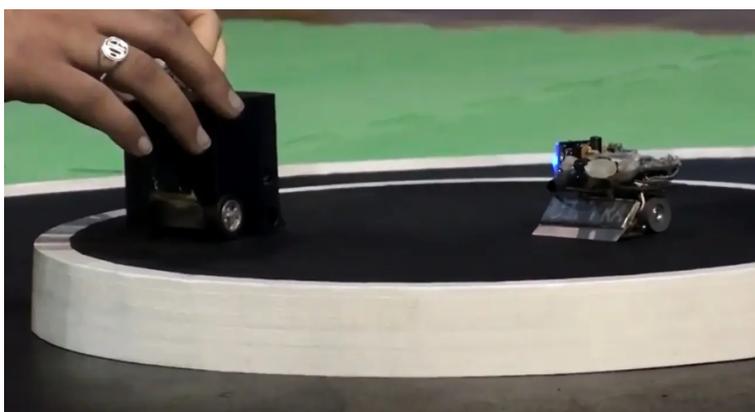


Figura 1. Competencia Robots microsumo [12].

## IX-B. Categorías Sumo

Las competiciones de robots sumo se dividen en diversas categorías, cada una con sus propias características y requisitos técnicos. Estas categorías permiten que equipos de diferentes niveles de habilidad y experiencia participen en eventos con robots de tamaños, capacidades y complejidades variadas. Lo que une a todas estas categorías es la estrategia, el peso y la velocidad, factores clave para poder ganar. Además, todos los robots en estas competiciones son autónomos, lo que significa que su desempeño está completamente determinado por su programación. La capacidad de adaptarse a las tácticas del oponente y a las condiciones cambiantes de la arena se ve reflejada directamente en los algoritmos que controlan a los robots. A continuación, se describen algunas de las principales categorías dentro de las competencias de robots sumo.

Además, en cada categoría, las restricciones de tamaño, peso y diseño imponen desafíos únicos a los participantes, lo que obliga a los equipos a ser creativos y eficientes tanto en el diseño mecánico como en la programación de los robots. Los robots deben equilibrar varios aspectos, como la potencia de los motores, la sensibilidad de los sensores y la velocidad de respuesta, para maximizar su rendimiento en el combate. Cada decisión en el proceso de diseño y programación tiene un impacto directo en la capacidad del robot para enfrentar a su oponente, lo que hace que las competiciones sean tanto un desafío técnico como estratégico. A medida que los robots se enfrentan entre sí, se resalta la relevancia de la precisión en los movimientos del rival, lo que convierte cada batalla en una muestra de ingeniería y destreza programática [8].

*IX-B1. Micro-Sumo:* La categoría de micro-sumo es una de las más populares y desafiantes dentro de las competiciones de robots autónomos. En esta categoría, los robots deben cumplir con estrictas restricciones de tamaño y peso, generalmente no excediendo los 10 cm de diámetro y los 100 gramos de peso. La principal característica de los robots de micro-sumo es su alta maniobrabilidad, que les permite realizar movimientos rápidos y precisos en un espacio reducido. Estos robots deben ser extremadamente ágiles y tener una capacidad de reacción muy rápida, ya que las batallas suelen ser intensas y de corta duración. Los participantes deben diseñar robots que no solo sean rápidos, sino también robustos y capaces de detectar y deshacerse de su oponente utilizando sensores y algoritmos de control avanzados, como se observa en la Figura 2 [13].



Figura 2. Robot Micro-Sumo. [13]

*IX-B2. Mini-Sumo:* El mini-sumo es una categoría más grande que el micro-sumo, donde los robots deben tener un diámetro máximo de 20 cm y un peso que no sobrepase los 500 gramos. Aunque el diseño sigue siendo compacto, los robots tienen un poco más de espacio para integrar sensores, motores y otros componentes que les permitan mejorar su desempeño. Las competencias de mini-sumo suelen poner un énfasis en la agilidad y en la precisión de las estrategias, ya que los robots deben adaptarse rápidamente a los movimientos del oponente y a los cambios en el entorno de la arena. Esta categoría es muy popular entre los principiantes y en algunos torneos educativos, ya que ofrece una introducción a los principios básicos de la robótica autónoma, como se puede ver en la Figura 3 [3].



Figura 3. Robot mini sumo [3]

*IX-B3. Sumo LEGO:* El sumo LEGO es una categoría destinada a quienes utilizan kits de construcción LEGO, especialmente la línea LEGO Mindstorms. Esta categoría está diseñada para principiantes y jóvenes estudiantes, ya que permite la construcción de robots utilizando piezas LEGO combinadas con motores, sensores y otros componentes que se pueden programar. A pesar de ser una categoría para principiantes, las competencias de sumo LEGO pueden ser muy reñidas, ya que los participantes deben optimizar tanto el diseño mecánico como la programación para ganar las batallas. Los robots de sumo LEGO tienen restricciones de tamaño y peso similares a las del mini-sumo, pero están limitados por las capacidades del sistema LEGO. Como se muestra en la Figura 4, estos robots pueden incorporar una gran variedad de componentes programables que les permiten adaptarse a las exigencias del combate [5].

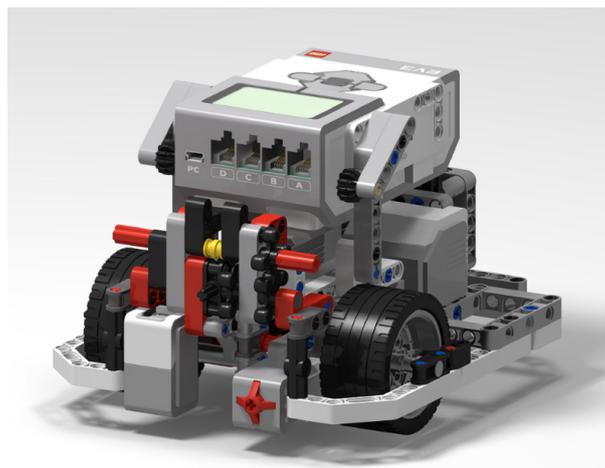


Figura 4. Robot Sumo-Lego [5]

*IX-B4. Mega-Sumo:* El mega-sumo es una categoría para robots más grandes y poderosos, donde los robots deben tener un ancho y largo máximo de 20 cm, y un peso máximo de 3 kg (3000 gramos). En esta categoría, los robots pueden tener un alto libre, lo que les permite mayor libertad de diseño. A pesar de su mayor tamaño, los robots de mega-sumo deben seguir siendo ágiles y capaces de competir con alta precisión en un espacio reducido. Las competencias de mega-sumo ponen a prueba tanto la ingeniería mecánica como la programación avanzada, ya que los robots deben ser diseñados para optimizar su fuerza, velocidad y maniobrabilidad. Como se ilustra en la Figura 5, los robots de esta categoría deben combinar fuerza y precisión para enfrentar a sus oponentes con éxito [14].



Figura 5. Robot mega sumo [14]

La siguiente tabla muestra las limitaciones de peso y dimensiones para cada categoría de robots sumo. Estas medidas varían significativamente según el tipo de categoría, desde las limitaciones más estrictas en el caso del Micro-Sumo, hasta las mayores libertades de diseño que ofrece el Mega-Sumo. Se puede observar cómo las diferencias de tamaño y peso impactan directamente en el modelo y la estrategia de los participantes. Es importante destacar que si los robots exceden estas restricciones, no podrán competir, ya que no aprobarán la homologación técnica necesaria para participar en las competencias.

Asimismo, la tabla facilita la comparación entre las diferentes clases de competidores, permitiendo a los participantes evaluar cómo las restricciones de peso y tamaño influyen en el rendimiento de sus robots. Esto resulta esencial para optimizar sus diseños y adaptarse mejor a las condiciones de las competencias, siempre dentro de los límites establecidos [15].

Tabla I  
CATEGORIAS DE COMPETENCIAS SUMO

<b>Categoría</b>	<b>Alto (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Largo (cm)</b>	<b>Peso (g)</b>
Micro Sumo	5	5	5	100
Mini Sumo	Sin límite	10	10	500
Sumo LEGO	Sin límite	20	20	500
Mega Sumo	Libre	20	20	3000

### IX-C. Sensores infrarojos para Robots

En las competiciones de robots sumo, los sensores juegan un papel crucial en la detección y maniobrabilidad de los robots. Estos permiten que los robots identifiquen obstáculos y ajusten su comportamiento en tiempo real para poder competir de manera eficiente. A continuación, se presentan tres tipos de sensores que se pueden utilizar para robots sumo: el JS40F Digital Distance Sensor, el Módulo HW-201 Infrarrojo de Obstáculos y el Sensor de Distancia Sharp GP2Y0A21YK0F. Cada uno tiene características y rangos de detección que los hacen más adecuados para diferentes aplicaciones [16].

Se presenta a continuación una tabla que ilustra la comparación entre estos sensores para ayudar a evaluar cuál sería el más adecuado según la calidad-precio, tamaño y funcionalidad.

Tabla II  
TABLA COMPARATIVA DE SENSORES PARA ROBOTS SUMO

Sensor	Precio (\$)	Rango de Detección	Voltaje de Operación	Salida	Tamaño (mm)
<b>JS40F Digital</b>	20.00	40-80 cm	3.3V - 5V	Digital	17.7 x 11.5 x 12.6
<b>HW-201 S.Infrarrojo</b>	2.00	2-30 cm	3-5 VCD	Digital (Nivel Bajo)	25 x 20 x 15
<b>Sharp GP2Y0A21YK0F</b>	10.00	10-80 cm	4.5V - 5.5V	Analógico	44.5 x 18.9 x 13.5

*IX-C1. JS40F Digital Distance Sensor:* Este sensor es una opción muy adecuada para robots sumo debido a su excelente rango de detección, que varía entre 40 y 80 cm, lo que permite una anticipación suficiente en los combates, dándole al robot tiempo para ajustar sus movimientos y estrategias. Además, su tamaño compacto (17.7 x 11.5 x 12.6 mm) lo convierte en una excelente opción para robots con espacio limitado, ocupando poco volumen y peso, lo que es crucial en las competiciones donde los robots deben cumplir con restricciones de tamaño y peso. El bajo consumo de energía (15mA a 5V) también es una ventaja en proyectos donde la eficiencia energética es clave. Si bien su precio es algo más alto, lo vale por su calidad y rendimiento, especialmente en robots donde el espacio y la fiabilidad son esenciales. Este sensor es ideal para robots que necesiten un equilibrio entre rendimiento y tamaño, y cuando la fiabilidad es crucial para una detección precisa sin interferencias. Como se puede observar en la Figura 6, el sensor JS40F destaca por su diseño compacto y eficiente [17].



Figura 6. Robot mega sumo [17]

*IX-C2. HW-201 Sensor Infrarrojo:* A pesar de su bajo precio, este sensor tiene un rango de detección limitado (2-30 cm), lo que podría ser adecuado solo para robots sumo de menor escala. Su tamaño reducido es una ventaja en cuanto a espacio y peso, pero su rango de detección corto puede ser una limitación en un combate de robots sumo donde se necesita anticiparse a los movimientos del oponente. Este sensor se adapta bien a proyectos más pequeños, donde la distancia de detección no sea un factor determinante. Como se puede observar en la Figura 7, el tamaño compacto del HW-201 es ideal para diseños donde el espacio es limitado, aunque con algunas restricciones en el rango de acción [18].

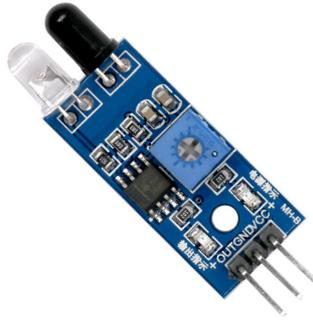


Figura 7. Robot mega sumo [18]

*IX-C3. Sharp GP2Y0A21YK0F:* Este sensor tiene un rango de detección entre 10 y 80 cm. Además, la salida analógica permite obtener lecturas más precisas, lo cual es ventajoso para robots que requieren una mayor precisión en la medición de la distancia. Sin embargo, es un poco más grande en tamaño y consume más corriente en comparación con el JS40F. A pesar de estas desventajas, su calidad de medición y la versatilidad en su rango de detección lo hacen una opción atractiva, especialmente para proyectos donde la precisión es clave. Como se puede observar en la Figura 8, el sensor Sharp tiene un diseño más robusto, ideal para aplicaciones donde la precisión y el rango de detección son más importantes que el tamaño [19].



Figura 8. Robot mega sumo [19]

#### IX-D. Sensores de Línea

Los sensores de línea son esenciales en la robótica sumo, especialmente para detectar los bordes del área de combate (dohyo) y para seguir líneas. Estos sensores permiten a los robots mantener su posición dentro del área y evitar caídas fuera de la zona de lucha. A continuación, se presentan cuatro sensores de línea populares que pueden ser utilizados en proyectos de robots sumo: el QRE1113 QTR-1A, el ML2 JSUMO, el ML1 JSUMO y el TCRT5000. Cada uno tiene características y especificaciones particulares que los hacen adecuados para distintas aplicaciones y tamaños de robots.

A continuación, se dispone una tabla comparativa que presenta las especificaciones de estos sensores para ayudar a decidir cuál es el más adecuado para tu proyecto, según la calidad-precio, tamaño y funcionalidad.

Tabla III  
TABLA COMPARATIVA DE SENSORES DE LÍNEA PARA ROBOTS SUMO

Sensor	Precio (\$)	Rango de Detección	Voltaje de Operación	Salida	Tamaño (mm)
<b>QRE1113 QTR-1A</b>	2.95	5 mm	3V - 5V	Analógica/Digital	15 x 8 x 4
<b>ML2 JSUMO</b>	7.20	No indica	3.3V - 5V	Digital	9.80 x 14 x 3.30
<b>ML1 JSUMO</b>	4.49	No indica	3.3V - 5V	Analógica/Digital	8.60 x 6.00 x 3.15
<b>TCRT5000</b>	1.99	No indica	3.3V - 5V	Digital	40 x 10 x 10

*IX-D1. QRE1113 QTR-1A:* Este sensor es perfecto para robots sumo y seguidores de línea, con un rango de detección óptimo de 5 mm. Su salida es tanto analógica como digital, lo que le permite adaptarse a diferentes aplicaciones. Con un voltaje de operación de 3 a 5 V, es compatible con sistemas de control basados en microcontroladores como Arduino. Aunque no es el más compacto, su precio económico lo convierte en una opción atractiva para robots sumo de tamaño medio. Como se puede observar en la Figura 9, el QRE1113 QTR-1A es eficiente para detectar superficies en blanco y negro, lo que facilita su uso en la detección de líneas [20].

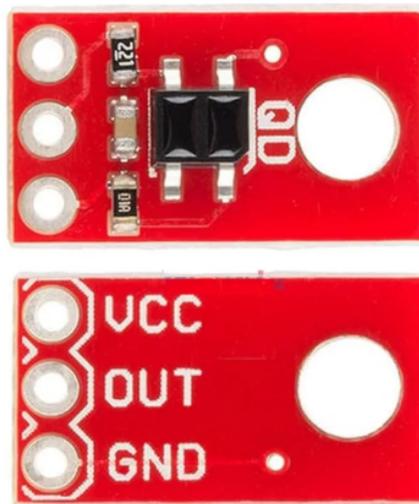


Figura 9. Robot mega sumo [20]

*IX-D2. ML2 JSUMO:* El ML2 JSUMO es un sensor más avanzado que da salida cuando ambos sensores IR detectan la línea blanca, lo que evita lecturas incorrectas por arañazos. Este sensor es ideal para evitar lecturas erróneas en combates intensos, y su tamaño compacto (9.80 x 14 mm) lo hace adecuado para robots sumo donde el espacio es limitado. Además, su operación a 3.3V a 5V es compatible con diversos controladores. Como se puede observar en la Figura 10, el ML2 es ideal para mantener la precisión en la detección de bordes dentro del dohyo, lo que lo hace muy confiable para aplicaciones de robots sumo [21].

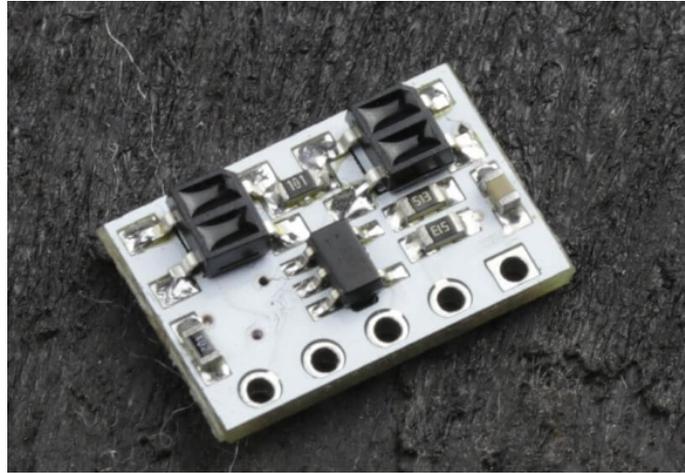


Figura 10. Robot mega sumo [21]

*IX-D3. ML1 JSUMO:* El sensor ML1 JSUMO es uno de los más diminutos y ligeros en la industria, con un tamaño de solo 8.60 x 6.00 x 3.15 mm y un peso de 0.2 gramos. Esto lo hace especialmente adecuado para robots sumo de muy pequeña escala, donde el espacio y el peso son factores determinantes. Proporciona una salida analógica limpia, lo que permite realizar lecturas precisas de las superficies en blanco y negro. Es ideal para la detección de bordes, y su uso en robots de micro tamaño lo establece como una opción preferida en proyectos miniaturizados. Como se puede observar en la Figura 11, el ML1 es perfecto para áreas estrechas y para robots que necesitan alta precisión en su detección de bordes [22].

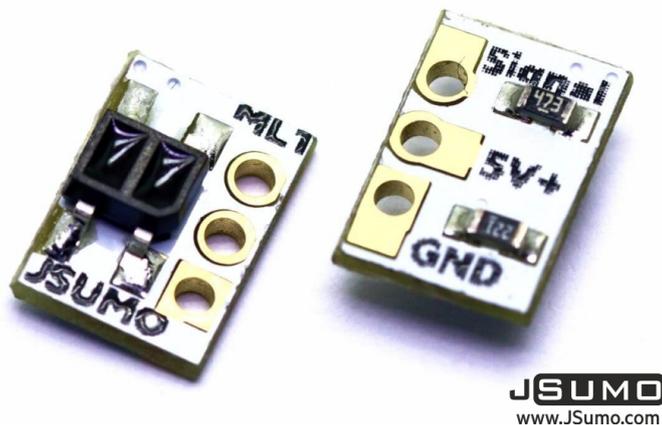


Figura 11. Robot mega sumo [22]

*IX-D4. TCRT5000:* El TCRT5000 es un sensor óptico reflexivo con un rango de detección ajustable mediante un potenciómetro de precisión. Este sensor es ampliamente utilizado en aplicaciones como seguidores de línea y en robots sumo para detectar las líneas dentro del dohyo. Su tamaño compacto de 40 x 10 x 10 mm y su bajo costo lo convierten en una opción popular para proyectos educativos y prototipos. Además, su ajuste de sensibilidad permite personalizar el rango de detección según las necesidades del proyecto. Como se puede observar en la Figura 12, el TCRT5000 es útil en situaciones donde se requiere un control preciso de la sensibilidad a las superficies [23].

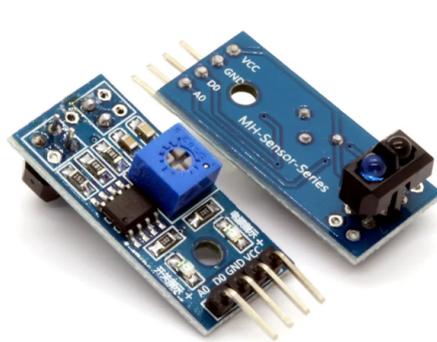


Figura 12. Robot mega sumo [23]

#### *IX-E. Materiales y diseño*

El diseño y la composición material en el ensamblaje de un robot micro sumo, son cruciales para asegurar que el robot cumpla con las restricciones de peso y tamaño, que son factores determinantes en las competiciones. Los materiales que se elijan deben ser ligeros, resistentes y tener una buena relación entre peso y rigidez. Existen dos opciones principales para la fabricación de la estructura del robot: la impresión 3D y el mecanizado en metal.

En el caso de la impresión 3D, se pueden usar materiales como PLA o fibra de carbono, que ofrecen una combinación favorable de peso ligero y suficiente rigidez para la mayoría de los robots sumo. Por otro lado, el mecanizado en metal, como el aluminio, también es una opción viable debido a su alta rigidez y durabilidad, pero presenta el inconveniente de ser más pesado y, en consecuencia, podría no cumplir con los requisitos de peso en competiciones de micro sumo, especialmente si se considera el peso de otros componentes como motores, sensores y baterías.

El diseño en 3D tiene ventajas importantes, como la facilidad de modificación y la capacidad de imprimir piezas de repuesto rápidamente. Esto es muy útil en el caso de que alguna parte del robot sufra daños, ya que puede ser impresa de nuevo sin tener que depender de procesos de fabricación más largos o costosos. En cambio, las estructuras metálicas, aunque muy duraderas, son difíciles de modificar y reparar rápidamente [24].

*IX-E1. PLA impresión 3D:* Es uno de los materiales más ligeros y económicos para la impresión 3D, Haciéndolo una alternativa ideal para la mayoría de los robots sumo. Su facilidad de impresión y bajo costo lo hacen muy accesible para quienes se inician en la construcción de robots sumo. Sin embargo, su rigidez es relativamente baja y no es el más resistente a los impactos fuertes. Esto podría ser una desventaja en competiciones donde el robot sufra golpes repetidos o fuertes. A pesar de esto, sigue siendo una opción muy utilizada debido a su bajo costo y facilidad de fabricación [25].

*IX-E2. Fibra de Carbono Impresión 3D:* Este material tiene una excelente relación peso-rigidez. Es más resistente y rígido que el PLA, esto lo hace una opción ideal para robots que necesitan una estructura más resistente y ligera al mismo tiempo. La fibra de carbono es especialmente útil en competiciones donde la durabilidad es esencial,

ya que puede soportar impactos más fuertes sin deformarse. Sin embargo, tiene un costo considerablemente más alto y su proceso de impresión es más complejo que el del PLA. A pesar de estos inconvenientes, es una excelente opción para robots de sumo de alto rendimiento [25].

*IX-E3. Aluminio:* Aunque el aluminio tiene una rigidez excelente, es un material más pesado que el PLA o la fibra de carbono, lo cual podría ser un factor limitante en las competiciones de micro sumo. En estos tipos de eventos, el peso del robot es un factor crucial, ya que se deben cumplir con ciertas restricciones de peso para poder competir. Además, su fabricación es más compleja y costosa que la impresión 3D, lo que lo hace menos accesible en comparación con los materiales de impresión 3D como el PLA y la fibra de carbono. Aunque es muy duradero, su mayor peso lo hace poco adecuado para robots de micro sumo.

*IX-E4. Acero:* El acero es un material extremadamente robusto y duradero, siendo ideal para aplicaciones donde la resistencia estructural es crucial. Sin embargo, su principal inconveniente es su peso elevado, lo que lo convierte en una opción poco viable para robots micro sumo, ya que excedería fácilmente los límites de peso permitidos en competiciones. Además, su procesamiento y fabricación son más costosos y complejos en comparación con los materiales de impresión 3D, lo que lo hace menos adecuado para este tipo de robots.

*IX-E5. Acrílico:* El acrílico es un material relativamente ligero y fácil de trabajar, lo que facilita su fabricación en diversas formas y tamaños. Es una opción económica y fácil de obtener, pero su resistencia a los impactos es menor en comparación con opciones como la fibra de carbono o el aluminio. Sin embargo, el acrílico puede ser útil en diseños donde los impactos no sean una preocupación importante, ya que su rigidez es suficiente para muchas aplicaciones de robots sumo ligeros. Aunque no es tan resistente como otros materiales, su facilidad de trabajo y costo bajo lo convierten en una opción atractiva en ciertas situaciones [24].

A continuación, se presenta una tabla comparativa de algunos materiales que se pueden considerar para la construcción de un robot sumo, evaluando su peso y rigidez.

Tabla IV  
TABLA COMPARATIVA DE MATERIALES PARA ROBOTS SUMO

Material	Peso (g/cm <sup>3</sup> )	Rigidez (MPa)	Ventajas	Desventajas
PLA (impresión 3D)	1.24	3,500	Ligero, fácil de imprimir, económico	Baja resistencia a impactos
Fibra de Carbono (3D)	1.6	8,000	Alta rigidez, resistente, ligero	Más difícil de imprimir
Aluminio	2.7	70,000	Alta rigidez, durabilidad	Pesado, difícil de modificar
Acero (mecanizado)	7.85	210,000	Extremadamente resistente, duradero	Muy pesado, costoso
Acrílico (mecanizado)	1.18	4,000	Ligero, fácil de trabajar	Menos resistente

El PLA es una excelente opción para la fabricación de robots sumo, especialmente en los casos en que el costo y la facilidad de fabricación son prioridades. Este material es ligero, económico y fácil de imprimir, lo que lo convierte en una opción accesible para los diseñadores de robots sumo. Sin embargo, su rigidez relativamente baja y su poca resistencia a los impactos pueden ser limitantes en competiciones donde los robots están expuestos a fuertes colisiones o movimientos bruscos. Aunque no es la opción más resistente, el PLA es suficiente para robots pequeños que no enfrentan desafíos extremos en cuanto a durabilidad. Además, su bajo peso es una ventaja significativa, ya que en las competiciones de micro sumo, donde el peso es un factor determinante, se requiere que los robots sean lo más ligeros posible para obtener la mayor agilidad y maniobrabilidad [25].

Por otro lado, la fibra de carbono ofrece una relación peso-rigidez superior a la del PLA, lo que la convierte en una opción ideal para aquellos robots que requieren mayor durabilidad y resistencia sin sacrificar el peso. Este material es mucho más rígido y resistente que el PLA, lo que lo hace apto para soportar impactos más fuertes sin sufrir daños. No obstante, su costo y la dificultad de impresión son factores a tener en cuenta. La fibra de carbono es más costosa que el PLA y su proceso de impresión es más complejo, lo que puede requerir más tiempo

y una mayor experiencia en impresión 3D. A pesar de estos inconvenientes, si se busca una mayor robustez y durabilidad para el robot sumo, la fibra de carbono es una excelente elección. En situaciones donde la resistencia y la durabilidad son claves, como en competencias de alto nivel, este material podría marcar la diferencia, ofreciendo una estructura ligera y extremadamente resistente que prolongará la vida útil del robot.

Ambos materiales tienen ventajas dependiendo de las necesidades específicas de tu robot. Si priorizas un proceso económico y sencillo, el PLA puede ser la mejor opción, especialmente si el robot no está diseñado para soportar golpes intensos. Sin embargo, si la competencia exige un robot más robusto y capaz de soportar mayores impactos, la fibra de carbono será la elección correcta, aunque a un costo y dificultad de fabricación más altos. En este caso, la decisión dependerá de tus prioridades entre economía y durabilidad.

#### *IX-F. Desempeño en competencias*

El dohyo es el área de combate donde se llevan a cabo las competencias de micro sumo. Se trata de una plataforma circular con un diámetro de 38 cm y un borde blanco de aproximadamente 1.5 cm de ancho, como se muestra en la Figura 13. En el interior del dohyo, hay un círculo central de 36.5 cm de diámetro. La superficie del dohyo está diseñada para proporcionar una tracción adecuada a los robots, permitiendo que se adhieran y maniobren con eficacia. La detección del borde del dohyo es esencial para el desempeño del robot, ya que si un robot no logra identificar el límite y detenerse o corregir su trayectoria, quedará fuera de la competencia. Para ello, los robots utilizan sensores infrarrojos o de contacto que les permiten identificar la línea blanca y evitar caer fuera del dohyo [26].

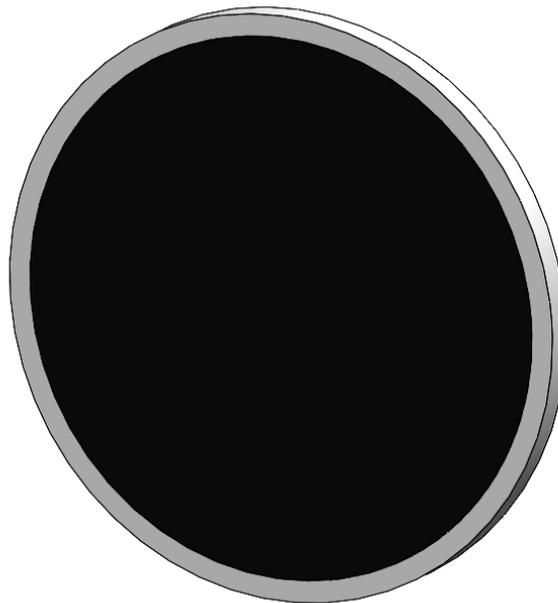


Figura 13. Diseño Dohyo [15]

*IX-F1. Evaluación: Tamaño, Peso y Velocidad:* En las competencias de robots micro sumo, el desempeño de cada robot se evalúa a través de una serie de criterios que aseguran que todos los participantes estén en igualdad de condiciones. Uno de los primeros pasos en cualquier competencia de micro sumo es la homologación del robot, un proceso fundamental donde se verifican las características físicas y funcionales del robot. Entre los aspectos más importantes evaluados están el tamaño y el peso. Según las reglas generales, los robots no pueden exceder un tamaño

de 5 cm por 5 cm, lo que implica que deben ser extremadamente compactos y eficientes en su diseño. Además, el peso máximo permitido suele ser de 300 gramos. Si un robot excede cualquiera de estas especificaciones, no podrá participar en la competencia a menos que se realicen ajustes para cumplir con los requisitos. Esto puede implicar la reducción de algunos componentes, como el uso de materiales más ligeros o la eliminación de partes no esenciales, siempre con el objetivo de mantener la agilidad y la capacidad de maniobra dentro de los límites establecidos. La velocidad también es un factor crucial, ya que los robots deben ser rápidos y maniobrables para anticipar y responder a las acciones del oponente. Sin embargo, la velocidad no es tan importante como el control, pues un robot muy rápido podría perder estabilidad o control en los momentos críticos de un enfrentamiento [27].

*IX-F2. Factores de Desempeño:* La competencia de micro sumo no solo se basa en las características físicas del robot, sino también en su capacidad de funcionamiento autónomo. Una parte esencial de la homologación es verificar que el robot sea capaz de realizar su función principal de manera autónoma, lo cual implica que debe ser capaz de detectar los límites del dohyo (el área de combate) y ejecutar la tarea principal, que es sacar a su oponente del área. Para probar esto, se somete al robot a una prueba en la que debe ser capaz de sacar una caja del dohyo de forma autónoma. Esta es una evaluación crítica, ya que el robot no puede depender de un control manual ni de intervenciones externas una vez que comienza la competencia. Si un robot no cumple con esta funcionalidad básica, no podrá pasar la fase de homologación.

Una vez que el robot supera esta evaluación inicial, pasa a la fase de competencia. En la competencia, los robots se enfrentan en rondas eliminatorias, donde se realizan diversas llaves o emparejamientos. El objetivo principal de la competencia es sacar al oponente del dohyo, utilizando estrategias de empuje, atracción o incluso utilizando sensores para detectar el borde y maniobrar de manera inteligente. La competencia suele constar de tres asaltos. En el primer asalto, los robots se enfrentan de frente a frente, lo que pone a prueba su capacidad de maniobrar y empujar al oponente directamente. En el segundo asalto, los robots compiten de forma lateral, uno a la izquierda y el otro a la derecha del dohyo, lo que implica un ajuste estratégico de las tácticas. En el tercer asalto, los robots se enfrentan espaldas con espaldas, lo que es un desafío diferente, ya que los robots deben usar sus sensores y su agilidad para girar y reaccionar rápidamente a los movimientos del oponente. Esta variabilidad en los asaltos permite evaluar la versatilidad y adaptabilidad del robot en diferentes situaciones de combate [27].

En resumen, las competiciones de micro sumo no solo se centran en el tamaño, peso y velocidad del robot, sino también en su autonomía, capacidad de adaptación estratégica y habilidad para ejecutar tácticas en diferentes tipos de enfrentamientos. Cada factor juega un papel crucial en determinar el éxito de un robot dentro del dohyo.

## X. METODOLOGÍA

### X-A. Diseño de la estructura

Antes de comenzar con el diseño definitivo de la estructura del robot, se evaluaron los materiales más óptimos para la fabricación de las piezas. Se consideraron varias opciones en términos de resistencia, peso y facilidad de producción. Finalmente, se optó por utilizar PLA y la técnica de impresión 3D debido a sus ventajas en cuanto a la accesibilidad, la durabilidad y la capacidad para crear piezas precisas y personalizadas. El PLA es un material muy utilizado en impresión 3D debido a su resistencia equilibrada para aplicaciones mecánicas ligeras y su facilidad de manejo, lo que permitió la creación de la estructura con un costo reducido y tiempos de producción rápidos. A continuación, se presentan dos vistas de la estructura principal del robot, las cuales fueron generadas a partir del modelo 3D. La Figura 14 muestra una vista general del ensamblaje, mientras que la Figura 15 destaca los detalles específicos de las conexiones y la disposición de los componentes. Ambas representaciones visualizan cómo cada pieza se integra en el conjunto, proporcionando una referencia clave para el montaje y la organización de los elementos.

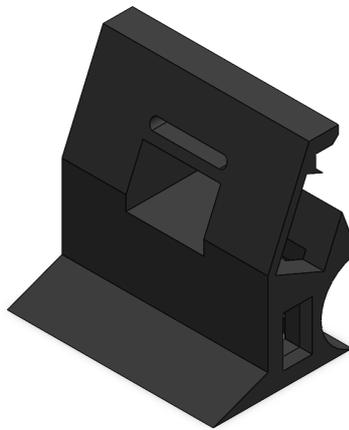


Figura 14. Diseño Delantero. por D. Guevara.

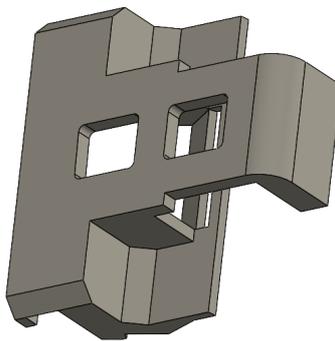


Figura 15. Diseño Posterior. por D. Guevara.

El diseño de la estructura 3D como se ilustra en la Figura 16 del robot fue un paso fundamental en el desarrollo del proyecto, ya que permitió visualizar y planificar cómo los diversos componentes del sistema serían integrados en una sola unidad funcional. Se empleó un software especializado para construir un modelo tridimensional detallado de la estructura del robot. Este modelo ayudó a identificar las dimensiones exactas de las piezas, el lugar en el que cada componente sería ubicado y cómo interactuarían entre sí los sensores, motores y la placa controladora. Además, el diseño 3D proporcionó una representación clara de la distribución de los elementos y sus posibles puntos de fijación.

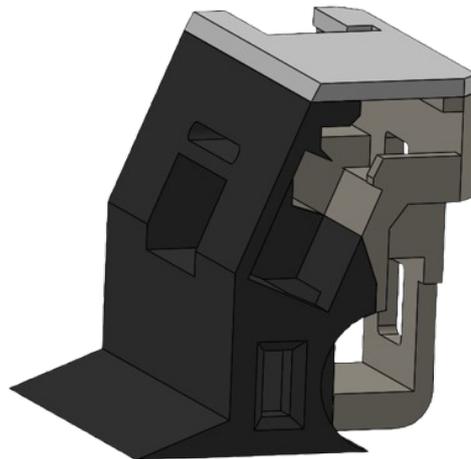


Figura 16. Diseño3D Microsumo. por D. Guevara.

Las imágenes generadas a partir del diseño 3D incluyeron vistas detalladas de cada parte del ensamblaje, lo que facilitó la comprensión del proceso de montaje y permitió detectar posibles áreas de mejora en cuanto a la accesibilidad, seguridad y estabilidad de la estructura. También se incluyó una vista explosionada, que mostró cómo todas las piezas del robot se ensamblan de manera ordenada. Esta vista fue de gran utilidad para visualizar las relaciones espaciales entre las piezas y entender cómo se deben organizar para garantizar la eficacia del robot en su funcionamiento. Esta representación también proporcionó una guía para los técnicos durante el proceso de ensamblaje físico.

Finalmente, el diseño de la estructura 3D no solo permitió una planificación meticulosa del robot, sino que también ofreció un valioso recurso para futuras mejoras y ajustes. Si fuera necesario modificar cualquier componente o agregar nuevos dispositivos, las imágenes y modelos 3D permitirían hacer estas modificaciones de manera eficiente y sin comprometer la integridad de los otros elementos. La posibilidad de probar virtualmente diferentes configuraciones antes de realizar el ensamblaje físico resultó en una mayor precisión y ahorro de tiempo en la fase de construcción.

## *X-B. Implementación Mecánica y Electrónica*

*X-B1. Selección de componentes:* En el desarrollo del robot, la selección de materiales fue un paso clave que se realizó en función de las necesidades específicas de los sensores y actuadores utilizados en el sistema. Se escogieron componentes que garantizaran una alta durabilidad y eficiencia en su funcionamiento. Entre los materiales más importantes, se incluyó la placa controladora de microrobot XMotion, que es el cerebro del robot y permite la comunicación de los sensores y motores con el sistema de control. Esta placa fue seleccionada por su compatibilidad con los diferentes sensores y por su capacidad de procesamiento eficiente para gestionar los datos provenientes del entorno.

Para los sensores, se optó por tres sensores infrarrojos JSF40F debido a su capacidad para detectar obstáculos y ayudar al robot a navegar con precisión evitando colisiones. Estos sensores proporcionan los datos esenciales para que el robot pueda tomar decisiones en tiempo real. Además, el sensor de línea ML1 fue incorporado para que el robot pueda seguir una trayectoria predefinida, lo cual es esencial en tareas de navegación o en competencias específicas como el micro sumo. Estos sensores, combinados con los actuadores adecuados, permiten al robot interactuar con su entorno de manera autónoma.

En cuanto a los actuadores, se seleccionaron micromotores DC que proporcionan la movilidad necesaria para que el robot se desplace y realice maniobras de manera eficiente. Además, se incluyeron piezas mecanizadas de plástico de ingeniería, que fueron diseñadas con el objetivo de proteger los componentes electrónicos del robot. Estas piezas son desmontables con solo cuatro tornillos M2, lo que facilita tanto el ensamblaje como el mantenimiento. También se consideraron componentes como las ruedas de silicona y la batería Li-Po, que permiten al robot moverse de manera eficiente y mantenerse operativo durante largos periodos sin interrupciones.

En este proceso de selección, también se evaluaron aspectos como el costo, la facilidad de integración y la disponibilidad de los componentes, garantizando que todos los materiales fueran accesibles y compatibles entre sí. La elección de cada componente se basó no solo en sus características técnicas, sino también en su capacidad para optimizar el rendimiento general del robot. Además, se consideraron factores como el espacio disponible en la estructura 3D y las condiciones operativas del robot, ya que el entorno en el que operará influye directamente en el comportamiento de los sensores y actuadores. De este modo, la selección de materiales y componentes no solo responde a necesidades técnicas, sino también a la funcionalidad y sostenibilidad a largo plazo del robot en diversas aplicaciones.

*X-B2. Clasificación de Componentes:* Los componentes del robot fueron organizados en cuatro categorías principales, lo que facilitó tanto su análisis como su integración en el sistema. Como se observa en la Figura 17, la clasificación de los componentes se realiza de acuerdo con su función específica dentro del robot. La primera categoría es la de actuadores, que incluye los micromotores DC y las ruedas de silicona. Los micromotores DC son los encargados de proporcionar la movilidad al robot, permitiendo desplazamientos precisos y flexibles. Las ruedas de silicona, por su parte, aseguran un buen agarre en diversas superficies, lo que contribuye a la estabilidad y maniobrabilidad del robot durante sus desplazamientos.

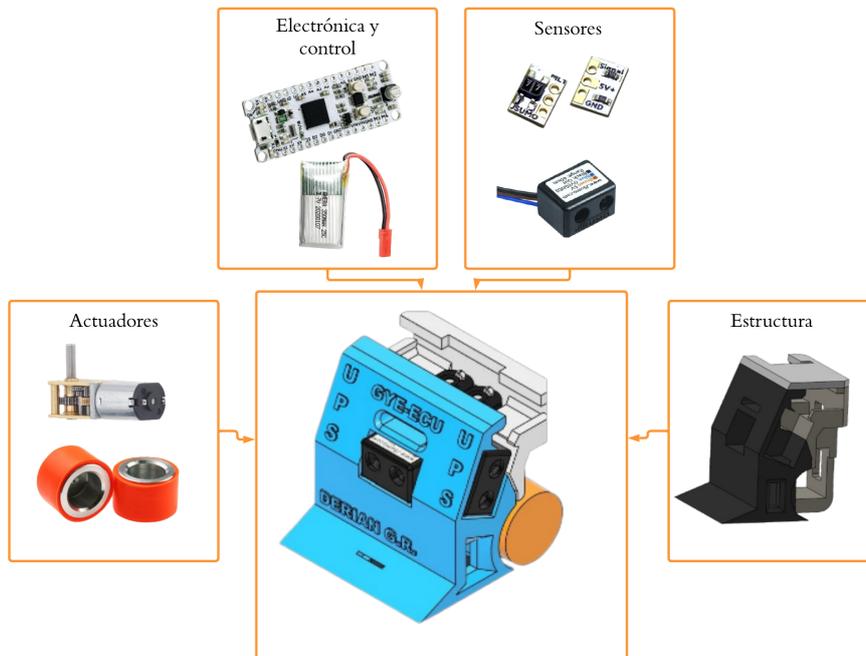


Figura 17. Clasificación de componentes. por D. Guevara.

La segunda categoría corresponde a la electrónica y el control, que reúne los componentes encargados de procesar información y coordinar las acciones del robot. Dentro de esta categoría, se encuentran la placa controladora XMotion y la batería Li-Po. La placa controladora desempeña un papel fundamental en el desempeño del robot, ya que se encarga de gestionar los datos recibidos por los sensores y de regular el funcionamiento de los actuadores. Por otro lado, la batería Li-Po suministra la energía requerida para la operación del robot, garantizando un rendimiento continuo durante periodos prolongados sin interrupciones y con un consumo energético eficiente.

En la tercera categoría, la de sensores, los sensores infrarrojos JSF40F y el sensor de línea ML1. Los sensores infrarrojos JSF40F se encargan de detectar obstáculos en el entorno del robot, evitando colisiones y permitiendo una navegación precisa. El sensor de línea ML1, por otro lado, permite al robot seguir trayectorias predefinidas, lo cual es esencial para tareas como la navegación autónoma o en competencias específicas como el micro sumo, donde el robot debe mantenerse dentro de un área delimitada o seguir una ruta específica.

Por último, la cuarta categoría es la estructura en 3D, que proporciona el soporte físico necesario para alojar todos los componentes del robot. La estructura fue diseñada y fabricada utilizando PLA mediante impresión 3D, lo que no solo proporciona resistencia y durabilidad, sino que también facilita la personalización y ajuste de las piezas según las necesidades del proyecto. Esta estructura asegura que todos los componentes estén bien protegidos,

organizados y fijos, lo que permite un funcionamiento estable y seguro del robot.

#### *X-C. Lógica de programación*

La estrategia de programación del robot Micro Sumo se basa en un enfoque estructurado que permite la detección y el ataque eficiente contra el oponente. Al inicio, el robot entra en una fase de espera de cinco segundos, tiempo que generalmente se utiliza en competencias oficiales para asegurar que ambos robots comiencen simultáneamente sin intervención humana. Luego de este tiempo, el sistema inicia un ciclo de evaluación basado en las lecturas de sus sensores, estableciendo una serie de condiciones lógicas para determinar sus movimientos y reacciones en el dohyo.

El primer criterio de decisión en la programación es la detección del color negro a través del sensor de línea. Este sensor es clave para evitar que el robot salga del dohyo accidentalmente, lo que resultaría en una descalificación. Si el sensor detecta el borde negro del dohyo, el robot ejecuta una maniobra de retroceso y gira hacia la izquierda, reubicándose en una posición más segura antes de reiniciar su proceso de detección. En caso de que el sensor no detecte el borde, el robot continúa su búsqueda del oponente mediante sus sensores de proximidad.

Para la detección del adversario, el robot emplea un sensor infrarrojo frontal y dos sensores laterales. Si el sensor frontal detecta un objeto dentro de su rango, el robot avanza directamente hacia el objetivo con el fin de empujar al rival fuera del dohyo. En caso de que el sensor frontal no registre presencia alguna, se activa una segunda capa de decisión: si el sensor lateral izquierdo detecta un objeto, el robot gira hacia la izquierda para alinearse con su oponente y atacar. De manera similar, si el sensor lateral derecho detecta un objeto, el robot ajusta su trayectoria girando hacia la derecha.

Si ninguno de los sensores de proximidad detecta un objeto, el robot entra en un modo de búsqueda, realizando giros y movimientos continuos hasta que su sistema de detección registre la presencia del oponente. Durante la fase inicial de pruebas, se identificaron algunos problemas en la detección, especialmente en la interpretación de las señales de los sensores de línea y proximidad. Estos fallos fueron corregidos ajustando la sensibilidad de los sensores y optimizando los tiempos de respuesta en la programación, permitiendo una reacción más rápida y precisa en el combate.

Además, se implementaron estrategias de optimización para mejorar la velocidad de respuesta del robot en combate. Una de ellas fue la calibración de los tiempos de espera entre lecturas de los sensores, lo que permitió reducir las demoras en la toma de decisiones. Asimismo, se incorporó una lógica de prioridad en la programación, de manera que cuando se detectan múltiples objetos en diferentes direcciones, el robot prioriza el ataque frontal antes de realizar maniobras evasivas. Estas mejoras garantizaron un comportamiento más agresivo y efectivo dentro del dohyo, incrementando la probabilidad de éxito en las competencias.

El desempeño general del robot y su proceso de análisis para la toma de respuestas, pueden visualizarse mejor a través del diagrama de flujo mostrado en la Figura 18. Este diagrama representa gráficamente la secuencia de instrucciones que sigue el robot desde su fase de espera hasta la ejecución de sus maniobras de ataque o evasión. A partir de las condiciones establecidas en la programación, el diagrama ilustra cómo el robot analiza continuamente su entorno y selecciona la acción más adecuada en cada momento, garantizando una estrategia de combate eficiente.

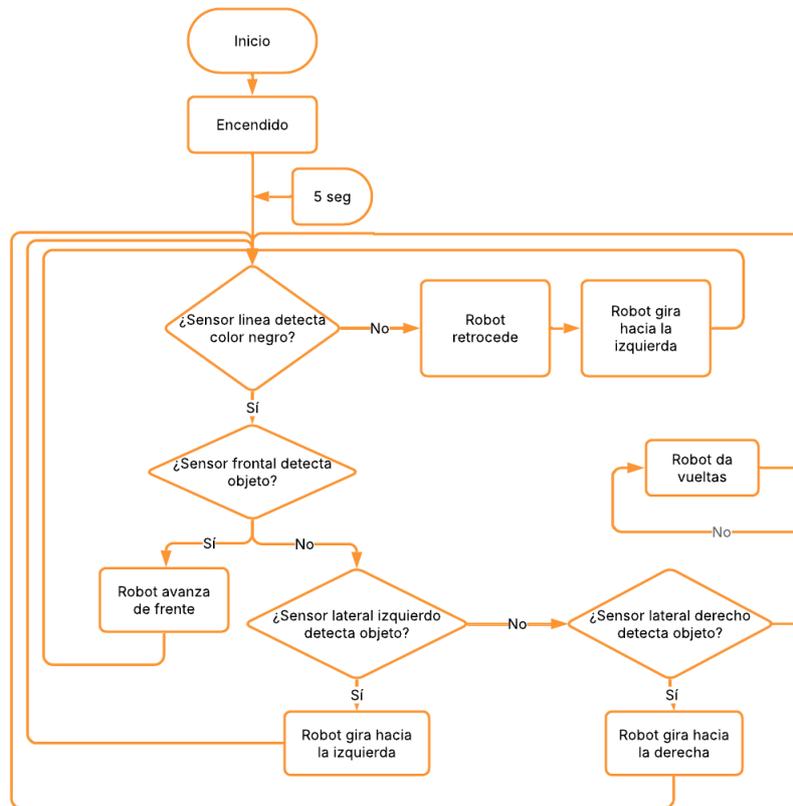


Figura 18. Diagrama de Flujo. por D. Guevara.

#### X-D. Hardware

El hardware constituye todos los componentes físicos involucrados en el diseño del robot micro sumo, desde la estructura mecánica hasta los circuitos electrónicos que garantizan su funcionamiento. Incluye los materiales utilizados, como plásticos impresos en 3D, y todos los elementos electrónicos esenciales.

Para facilitar la comprensión, se representa a través de un diagrama de bloques que simplifica el diseño del sistema electrónico, destacando la interacción entre las diferentes partes del robot. Este enfoque permite visualizar de manera clara el flujo de información y energía dentro del sistema.

El diagrama de bloques ilustra cómo el hardware se organiza en entradas y salidas. Las entradas abarcan los datos captados por los sensores (como sensores infrarrojos o ultrasónicos), los cuales envían información al microcontrolador. Este último analiza los datos obtenidos para interpretar el entorno y tomar decisiones en tiempo real.

Las salidas comprenden los actuadores, como los motores, que reciben las señales del microcontrolador. Estas señales determinan las acciones del robot, como movimientos, ajustes de dirección o estrategias de ataque, optimizando así su desempeño en el combate.

*X-D1. Características principales de la placa XMotion:*

- Dimensiones: 80 mm x 30 mm x 12 mm.
- Voltaje de entrada: 7V – 28V.
- Salidas de motor: 2 canales de 6A cada uno, ideales para motores de robots minisumo.
- Conectividad: Programación mediante puerto micro USB.
- Entradas/Salidas (I/O): Hasta 8 pines para conectar sensores o dispositivos adicionales.

En la Figura 19, se observan los pines resaltados que serán utilizados para la implementación del robot minisumo. Estos pines corresponden a las conexiones esenciales del proyecto: los sensores infrarrojos JSF40F se conectarán a los pines digitales D1, D2 y D3, mientras que el sensor de línea ML1 usará el pin analógico A0. Los micromotores DC estarán conectados a las salidas M1+/- y M2+/-, y la batería Li-Po alimentará el sistema a través de VIN y GND, con un módulo de carga intermedio para mantener la batería. Esta distribución asegura un funcionamiento eficiente y ordenado del hardware.

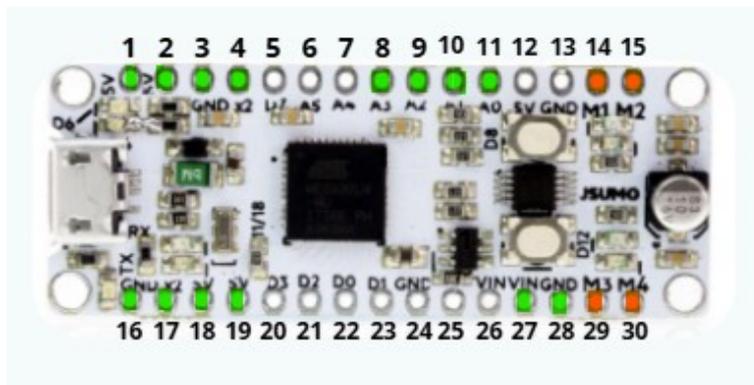


Figura 19. Robot Armado. por D. Guevara.

Tabla V  
RESUMEN DE ASIGNACIÓN DE PINES

Componente	Pines
Sensor JSF40F IR 1	D3, 5V, GND
Sensor JSF40F IR 2	D2, 5V, GND
Sensor JSF40F IR 3	D1, 5V, GND
Sensor de línea ML1	A0, 5V, GND
Motor DC 1	M1+, M1-
Motor DC 2	M2+, M2-
Batería Li-Po	VIN, GND

*X-D2. Distribución de pines y componentes en la placa X-Motion (JSumo):*

- Pin 1: 5V - Sensor infrarrojo JSF40F.
- Pin 2: 5V - Sensor de línea ML1.
- Pin 3: GND - Sensor infrarrojo JSF40F.
- Pin 4: GND - Sensor infrarrojo JSF40F.
- Pin 8: A3 - Sensor infrarrojo JSF40F.
- Pin 9: A2 - Sensor infrarrojo JSF40F.
- Pin 10: A1 - Sensor infrarrojo JSF40F.
- Pin 11: A0 - Sensor de línea ML1.
- Pin 14: M1 - Micromotor DC.
- Pin 15: M2 - Micromotor DC.
- Pin 16: GND - Sensor infrarrojo JSF40F.
- Pin 17: GND - Sensor de línea ML1.
- Pin 18: 5V - Sensor infrarrojo JSF40F.
- Pin 19: 5V - Sensor infrarrojo JSF40F.
- Pin 27: VIN - Batería Li-Po.
- Pin 28: GND - Batería Li-Po.
- Pin 29: M3 - Micromotor DC.
- Pin 30: M4 - Micromotor DC.

Para garantizar una programación eficiente y accesible, la placa X-Motion utilizada en este proyecto permite una conexión directa al microcontrolador sin la necesidad de desmontar o manipular físicamente los componentes electrónicos. Esta facilidad de conexión es fundamental en proyectos de robótica como el Micro Sumo, donde se requiere realizar pruebas frecuentes y cargar nuevas versiones del código de manera rápida y sencilla. Además, al tratarse de una plataforma de software libre, su código es accesible para cualquier usuario, lo que facilita modificaciones y personalizaciones sin restricciones. Esto la hace una opción ideal tanto para la educación en robótica como para el desarrollo de proyectos avanzados, ya que permite experimentar con diferentes configuraciones y estrategias de control. La compatibilidad de esta placa con múltiples sensores y actuadores asegura que el robot pueda integrarse fácilmente con los componentes necesarios para su funcionamiento óptimo, garantizando un desempeño eficiente en cada combate dentro del dohyo.

La programación del robot se realiza a través del entorno de desarrollo Arduino IDE, el cual utiliza un lenguaje basado en C++ simplificado para facilitar la escritura y ejecución del código. Este software es ampliamente utilizado en el ámbito de la robótica debido a su flexibilidad y facilidad de uso, permitiendo a los usuarios adaptar los programas de acuerdo con las necesidades específicas de su proyecto. En el caso del robot Micro Sumo, esta adaptabilidad resulta crucial, ya que permite optimizar la detección de oponentes, ajustar la velocidad de respuesta y mejorar la toma de decisiones en tiempo real. Además, la integración de Arduino simplifica la depuración del código, ya que cuenta con herramientas integradas para identificar errores y realizar ajustes rápidos. Gracias a esta capacidad de modificación y prueba constante, es posible mejorar progresivamente el desempeño del robot, asegurando que sus movimientos sean más precisos y estratégicos en el dohyo.

#### *X-E. Implementación*

*X-E1. Diseño:* El diseño del robot micro sumo comenzó con un estudio detallado de su estructura y tamaño, ajustándose a las reglas de las competiciones que limitan el peso y las dimensiones. Para asegurar resistencia y estabilidad, se eligió el material PLA (ácido poliláctico) debido a su bajo peso, facilidad de impresión y adecuada resistencia. La elección de este material permitió un balance entre durabilidad y flexibilidad, garantizando la integridad del robot en las competiciones. El diseño del robot se subdividió en cuatro áreas clave: diseño mecánico, diseño electrónico, control y software.

La fabricación se realizó mediante impresión 3D, lo que facilitó la creación de un diseño personalizado y la optimización de la estructura. Esta tecnología permitió ajustar rápidamente las piezas, mejorando la distribución del peso, la rigidez y la resistencia a impactos. A través de pruebas continuas, se realizaron mejoras en la geometría de las partes clave, logrando un diseño final que equilibró robustez y ligereza, optimizando el rendimiento del robot en el entorno competitivo.

El diseño del robot micro sumo comenzó con un estudio detallado de su estructura y dimensiones, ajustándose estrictamente a las reglas de las competiciones oficiales, las cuales establecen límites precisos en cuanto al peso y tamaño permitidos. Este análisis inicial fue fundamental para garantizar que el robot cumpliera con los requisitos reglamentarios sin comprometer su desempeño en combate. Se evaluaron diversas opciones de materiales con el objetivo de encontrar un equilibrio entre resistencia, peso y facilidad de fabricación. Finalmente, se optó por utilizar PLA, un material muy utilizado en impresión 3D gracias a sus beneficios en términos de ligereza, rigidez y facilidad de manufactura. Su bajo peso permitió maximizar la inclusión de componentes electrónicos y mecánicos sin exceder el límite reglamentario, mientras que su adecuada resistencia mecánica garantizó que el robot pudiera soportar impactos y colisiones sin sufrir daños estructurales significativos. La elección del material y el diseño estructural se combinaron estratégicamente para lograr un balance entre durabilidad y flexibilidad, asegurando la integridad del robot en escenarios de combate reales. Además, el diseño del robot se subdividió en cuatro áreas clave: diseño mecánico, diseño electrónico, control y software, cada una de las cuales desempeñó un papel fundamental en la optimización del desempeño general del sistema, como se muestra en la Figura 20.



Figura 20. Robot Armado. por D. Guevara.

La fabricación del robot se llevó a cabo mediante impresión 3D, lo que brindó una gran flexibilidad en la personalización de su estructura y permitió realizar ajustes rápidos durante el proceso de desarrollo. Esta tecnología fue clave para la mejora del diseño, ya que permitió iterar sobre la geometría de las piezas de manera eficiente, asegurando una mejor distribución del peso y una estructura más resistente a impactos. Mediante pruebas continuas y ajustes iterativos, se lograron mejoras en la rigidez y estabilidad del chasis, permitiendo que el robot enfrentara con éxito las condiciones exigentes de la competencia. Además, la impresión 3D facilitó la integración precisa de los componentes electrónicos y mecánicos dentro del chasis, asegurando un ensamblaje compacto y eficiente. Cada iteración del diseño fue evaluada en términos de su desempeño en el dohyo, y las modificaciones necesarias fueron implementadas para garantizar una mayor robustez estructural sin comprometer la agilidad del robot. Como resultado, el diseño final equilibró la resistencia y ligereza de manera óptima, permitiendo que el robot tuviera un rendimiento altamente competitivo en la arena de combate. En el reglamento de competencias de robots micro sumo, se establece claramente que el peso máximo permitido en la categoría es de 100 g, con dimensiones de 5x5x5 cm. En la figura se muestra el peso registrado en la balanza, indicando un valor de 99.0 g. Este resultado confirma que el robot cumple con la normativa vigente, asegurando su participación dentro de la categoría establecida.

### X-F. Gestión del Peso en un Robot Micro Sumo de 100g

En el reglamento de competencias de robots micro sumo, se establece claramente que el peso máximo permitido en la categoría es de 100 g, con dimensiones de 5x5x5 cm. En la figura se muestra el peso registrado en la balanza, indicando un valor de 99.0 g. Este resultado confirma que el robot cumple con la normativa vigente, asegurando su participación dentro de la categoría establecida.



Figura 21. Peso de 99.0g Robot Micro Sumo pesado. por D. Guevara.

La balanza indica que el peso del robot se encuentra dentro del límite reglamentario de 100 g, validando su diseño y construcción para la competencia. Este control de peso es crucial, ya que cualquier excedente podría descalificar al robot, mientras que un peso bien optimizado puede mejorar la estabilidad y la estrategia de combate.

## XI. RESULTADOS

El desarrollo del robot micro sumo siguió una metodología iterativa, partiendo de un prototipo inicial en CAD para evaluar la estabilidad, distribución de peso y diseño estructural. Posteriormente, se fabricó el prototipo final utilizando impresión 3D en PLA, lo que permitió una optimización del peso sin afectar la integridad mecánica.



Figura 22. Dos Robot Micro Sumo En Un Doyho. por D. Guevara.

Las pruebas simuladas demostraron que el robot cumplía con los requisitos reglamentarios de la categoría, validando aspectos como:

- **Detección de oponentes** mediante sensores infrarrojos.
- **Tiempos de respuesta rápidos** en la ejecución de estrategias de combate.
- **Maniobrabilidad eficiente** dentro del dohyo.

El robot micro sumo cumple con los requisitos de peso y dimensiones establecidos por la competencia, asegurando su elegibilidad para participar. Tras su ensamblaje final, se verificó que el peso se encuentra dentro del límite permitido y que las dimensiones respetan los parámetros reglamentarios.

Además, en las pruebas de funcionamiento, se confirmó que el sistema de detección es capaz de identificar oponentes a una distancia máxima de 20 cm mediante sus sensores infrarrojos. Gracias al sensor de línea, el robot logra mantenerse dentro del dojo, evitando salir del perímetro y asegurando un desempeño eficiente en la movilidad y la detección durante el combate.



Figura 23. Robots sumo enfrentándose en un Doyho. por D. Guevara.

Estos resultados validan la eficacia del sistema de detección, asegurando que el robot pueda responder de manera autónoma dentro del entorno competitivo.

#### *XI-A. Fortalezas del Robot Micro Sumo*

- **Diseño modular optimizado:** permitiendo ajustes y mejoras rápidas.
- **Algoritmos eficientes:** garantizando estrategias de combate efectivas.
- **Peso y distribución balanceados:** asegurando estabilidad en el dohyo.

Los resultados obtenidos demuestran que el robot es competitivo y funcional, cumpliendo con los parámetros establecidos y validando su desempeño en condiciones reales de combate.

## XII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES POR DESARROLLAR

A continuación se muestran el cronograma de actividades

Tabla VI  
CUADRO DE ACTIVIDADES DE PLANIFICACIÓN.

SEDE: GUAYAQUIL		ESTUDIANTE - AUTOR (1)		DERIAN JOSEPH CUEVARA RIORRIO														
CAMPUS: CENTENARIO		CARRERA: MECATRÓNICA		DESARROLLO DE ROBOT MICRO SUMO AUTONOMO PARA COMPETENCIAS DE ROBOTICA PROFESIONAL.														
PERIODO: 2024-2025		TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		MSc. Alberto Santiago Ramirez Furián														
TEMA DE TRABAJO DE TITULACIÓN		Actividades		Meses / Semanas														
N°	Actividades	Fecha inicio	Fecha final	Horas	Estado	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
<b>REDACCIÓN DEL DOCUMENTO</b>																		
1	Redacción de tema	2024/09/16	2024/09/20	16	Completado													
2	Contratación de tema	2024/09/16	2024/09/18	16	Completado													
3	Planificación de investigación	2024/09/18	2024/09/20	16	Completado													
4	Origen, Causa, Efecto y Problemática.	2024/09/19	2024/09/21	16	Completado													
5	Objetivos - Investigación	2024/09/23	2024/09/25	16	Completado													
6	Estado del Arte	2024/09/25	2024/09/26	32	Completado													
7	Base de Datos Artículos.	2024/09/27	2024/09/30	16	Completado													
8	Planteamiento del problema.	2024/10/08	2024/10/11	32	Completado													
<b>DISEÑO</b>																		
9	Diseño de prototipo en 3D	2024/10/14	2024/10/25	32	Completado													
10	Comprar y sección de componentes	2024/10/26	2024/11/11	20	Completado													
11	Diseño de estructura física	2024/11/12	2024/11/25	36	Completado													
12	Pruebas y aplicaciones	2024/11/26	2024/11/29	16	Completado													
13	Pruebas y aplicaciones	2024/11/30	2024/12/03	16	Completado													
<b>REVISIÓN Y CONSOLIDADO</b>																		
16	Análisis de Presupuesto.	2024/12/04	2024/12/29	16	Completado													
17	Importación de equipos a ensamblar.	2024/12/04	2024/12/07	32	Completado													
18	Cronograma de actividades	2024/12/09	2024/12/13	16	Completado													
19	Presupuesto	2024/12/16	2024/12/23	16	Completado													
20	Primera revisión consolidado	2025/01/01	2025/01/23	32	Completado													
21	Primera Corrección consolidado	2025/01/01	2025/01/07	32	Completado													
22	Segunda revisión consolidado	2025/01/08	2025/01/14	16	Completado													
23	Segunda Corrección consolidado	2025/01/16	2025/01/20	16	Completado													
24	Ensamble y aplicación de los equipos.	2025/01/22	2025/01/31	32	Completado													
25	Análisis de resultados.	2025/02/02	2025/02/07	32	Completado													
26	Discusión y conclusiones y agradec.	2025/02/10	2025/02/22	32	Completado													
27	Presentación del proyecto	2025/02/24	2025/02/28	2	Completado													

### XIII. PRESUPUESTO

El presupuesto se debe presentar de forma global y desglosado como se visualiza en la “Cuadro VII”.

Tabla VII  
CUADRO DE PRESUPUESTO.

Items	Cantidad	Descripción	Características	Procedencia	Precio Unitario Incluido I.V.A	Precio Total Incluido I.V.A
1	2	PLACA CONTROLADORA DE MICROBOT XMOTION	Dimensiones: 80x30x12mm Salidas de 6A por motor Protección contra cortocircuito Entrada de voltaje protegida para conexión inversa El regulador incorporado puede trabajar hasta 28V Programación a través de usb	MEXICO	\$95,00	\$190,00
2	1	ENVIO DE MEXICO A ECUADOR (TARJETA).	////////////////////////////////////	ECUADOR	\$72,00	\$72,00
3	7	MINI SENSOR DIGITAL INFRARROJO JS40F 40CM JSUMO	Sensor infrarrojo (IR) de tipo	COLOMBIA	\$24,00	\$168,00
4	3	MICRO SENSOR REFLECTIVO INFRARROJO DE LINEA MLI JSUMO	Proporciona una salida analógica limpia en superficies en blanco y negro desde 2-3 mm de altura desde la superficie. (Se puede usar en entradas digitales) Voltaje de funcionamiento: DC3- 5V distancia de detección: menos de 60mm	COLOMBIA	\$10,00	\$30,00
5	5	MICROMOTORES DC	Marca: Dymore Chip: TCS230 Voltaje de entrada: DC 3 ~ 5V Voltaje de frecuencia de salida: 0 ~ 5V La mejor distancia de detección: 10mm Con 6 V aplicados, la corriente de funcionamiento del motor es de 120 mA. La corriente de pérdida es de 3.2 amperios.	COLOMBIA	\$40,00	\$200,00
6	8	PIEZAS MECANIZADAS DE PLÁSTICO	Impreso en 3D utilizado en el proyecto es seleccionado por sus propiedades mecánicas y su ligereza, lo que permite optimizar el peso del robot micro sumo.	ECUADOR	\$10,00	\$80,00
7	2	CUCHILLA PARA ROBOT MICRO SUMO	Cuchilla especial para micro robots de sumo.		\$9,00	\$18,00
8	4	PAR DE LLANTAS MICRO JS2114 SILICONA Y ALUMINIO 21*14MM MICRO SUMO JSUMO	Con sus 21 mm de diámetro y 14 mm de ancho, está especialmente fabricado para proyectos como micro robots de sumo, robots de mesa, proyectos de micro robots de laberinto.	COLOMBIA	\$20,00	\$80,00
9	1	ENVIO DE COLOMBIA A ECUADOR (COMPONENTES).	////////////////////////////////////	COLOMBIA	\$49,00	\$49,00
10	2	BATERÍA LI-PO	Bateria lipo 3j Jsumo 3S 11,1	COLOMBIA	\$35,00	\$70,00
11	3	MODULO DE CARGA DE BATERÍA	Recarga Baterías: Li-po Voltaje de Entrada: 5V	ECUADOR	\$5,00	\$15,00
12	5	LLAVE ALLEN	////////////////////////////////////	ECUADOR	\$1,00	\$5,00
13	3	CABLE MICRO USB	Cables de alimentación para	ECUADOR	\$7,00	\$21,00
14	1	CABLEADO EN GENERAL		ECUADOR	\$40,00	\$40,00
15	1	ACCESORIOS ELECTRÓNICOS EN GENERAL	Cautin - Pasta de soldar - Estaño - Desarmadores - espagueti térmico - cinta aislante.	ECUADOR	\$100,00	\$100,00
16	1	DOHYO SUMO	Hecho con madera y pintura resistente a golpes	ECUADOR	\$30,00	\$30,00
17	1	TRASPORTE EN GENERAL	////////////////////////////////////	ECUADOR	\$40,00	\$40,00
18	1	IMPRESIÓN DE DOCUMENTACIÓN	////////////////////////////////////	ECUADOR	\$120,00	\$120,00
19	1	SUELDOS	////////////////////////////////////	ECUADOR	\$400,00	\$400,00
<b>TOTAL</b>						<b>\$1.798,00</b>

#### XIV. CONCLUSIONES

Se alcanzaron las metas establecidas en el diseño y desarrollo de los robots micro sumo, evidenciando las diferencias y ventajas de los componentes y procesos de fabricación utilizados. Se analizaron y compararon dos enfoques en la fabricación: uno basado en materiales convencionales, como aluminio mecanizado, y otro mediante impresión 3D.

En este contexto, se diseñó e implementó un sistema de control autónomo que permite la detección de oponentes y la ejecución de estrategias de combate en ambos robots. Además, se validó que el uso de PLA en impresión 3D ofrece ventajas en la reducción de peso y personalización del diseño, aunque presenta limitaciones en resistencia estructural frente a impactos.

Se comprobó que el robot fabricado en PLA alcanzó un peso de 99 g, optimizando la relación entre estabilidad y velocidad dentro del límite reglamentario de 100 g. Asimismo, se integraron sensores infrarrojos para la detección de oponentes y sensores de línea para evitar la salida del área de combate, garantizando un desempeño acorde a las reglas de la competencia. Finalmente, se demostró que la elección de materiales influye en la distribución del peso y en la eficiencia del sistema de tracción, afectando la capacidad del robot para resistir empujes y mantener estabilidad en el combate.

Tabla VIII  
TABLA COMPARATIVA COMPARACIÓN DE MATERIALES EN LA FABRICACIÓN DE ROBOTS MICRO SUMO

Aspecto	Robot en PLA (Impresión 3D)	Robot en Aluminio
<b>Peso</b>	99 g (dentro del reglamento)	Mayor, puede requerir ajustes
<b>Resistencia</b>	Menor, más susceptible a impactos	Alta, más resistente a golpes
<b>Fabricación</b>	Rápida y económica, fácil de modificar	Más costosa y requiere mecanizado
<b>Personalización</b>	Alta, permite diseños complejos	Limitada por el material y proceso
<b>Desempeño en combate</b>	Ligero y ágil, pero menos resistente a empujes	Más estable y resistente, pero puede ser más lento

El proceso de diseño y optimización de los robots micro sumo no solo implicó aplicar conocimientos adquiridos en el aula, sino también una constante investigación y experimentación. Desde la selección de materiales hasta el establecimiento del sistema de control, fue necesario analizar diferentes enfoques para encontrar soluciones que combinaran eficiencia, peso y resistencia. La fabricación con impresión 3D en PLA permitió iteraciones rápidas y personalización en el diseño.

Más allá de la parte técnica, este proyecto representó una experiencia enriquecedora que combinó habilidades de ingeniería mecánica, electrónica y programación, reforzando la importancia del aprendizaje práctico. La interacción con otros competidores, el análisis de estrategias y la mejora continua fueron aspectos clave para desarrollar un robot competitivo dentro de las normativas establecidas.

Este trabajo no solo busca cumplir con los requisitos de la investigación académica, sino que también pretende servir como base para futuros desarrollos en el ámbito de la robótica de competencia dentro de la Universidad Politécnica Salesiana. La experiencia obtenida abre la puerta a mejoras constantes, fomentando el interés en la innovación y en la aplicación de nuevas tecnologías para optimizar el rendimiento de los robots en futuras competiciones.

## XV. RECOMENDACIONES

La placa X-Motion, al ser de software libre, facilita la programación y permite realizar ajustes sin desmontar componentes. Se recomienda experimentar con distintos algoritmos para optimizar la capacidad de respuesta en la toma de decisiones, optimizando la detección de oponentes y la velocidad de respuesta del robot. Además, se pueden probar estrategias de control más avanzadas, como ajustes dinámicos de parámetros o técnicas de aprendizaje automático, que le otorguen una ventaja competitiva en torneos de mayor nivel.

Se aconseja revisar y ajustar la estrategia de programación de manera periódica. Enfrentarse a distintos rivales permitirá identificar patrones de ataque y defensa que pueden ser aprovechados para optimizar la lógica de control. Implementar cambios en la agresividad, los movimientos evasivos o los tiempos de reacción garantizará un mejor desempeño en competencias, permitiendo que el robot se adapte a diferentes estilos de combate y aumente sus probabilidades de éxito.

El desarrollo de este proyecto ha demostrado el valor de una correcta elección de materiales y tecnologías adecuadas para la fabricación de un robot micro sumo. Es fundamental que, al diseñar y construir un robot de esta categoría, se consideren tanto la optimización del peso como la resistencia estructural del material utilizado. En este caso, el uso de impresión 3D con PLA permitió una mayor flexibilidad en el diseño y una reducción significativa del peso, pero también presentó limitaciones en términos de resistencia mecánica, lo que debe ser tomado en cuenta en futuras mejoras.

Es recomendable que en proyectos similares se realicen pruebas de validación tempranas para evaluar el desempeño de los materiales en condiciones de combate. Además, se sugiere realizar iteraciones en el diseño y fabricación para mejorar la distribución del peso y la estabilidad del robot durante la competencia.

Desde la perspectiva de la electrónica y el control, resulta fundamental asegurar el adecuado desempeño de los sensores de detección de oponentes y de línea antes de la integración final del sistema. Se recomienda realizar pruebas en diferentes escenarios y ajustar la calibración para optimizar la respuesta del robot en combate real.

A nivel académico, este tipo de proyectos refuerza el aprendizaje práctico de áreas clave como la mecatrónica, la electrónica y la programación. Se recomienda a los estudiantes que participen en competencias de robótica, ya que estas ofrecen un espacio ideal para aplicar conocimientos y mejorar habilidades de diseño y resolución de problemas.

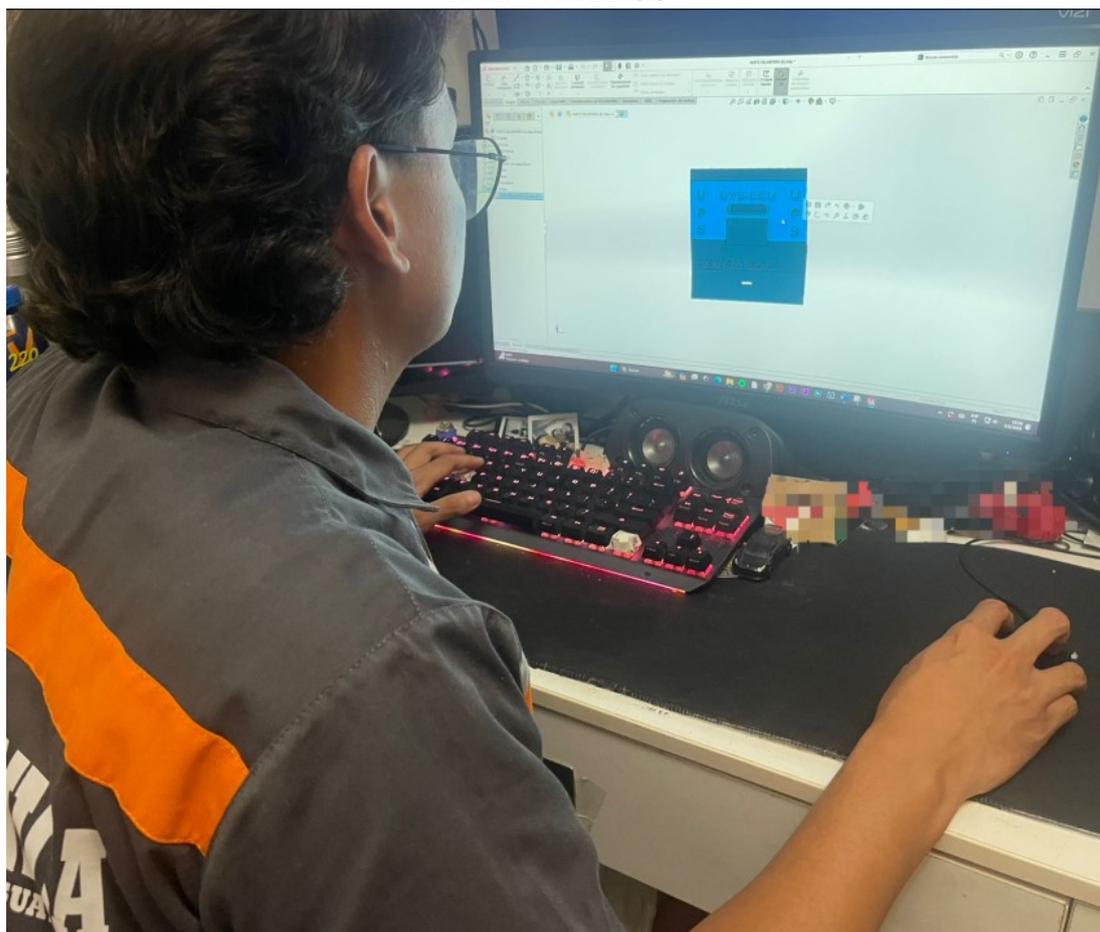
Finalmente, se sugiere que la universidad continúe apoyando el desarrollo de proyectos de robótica aplicada, facilitando espacios de experimentación y promoviendo la integración de nuevas tecnologías en la fabricación de robots de competencia. La evolución constante en el campo de la robótica permite la innovación y el perfeccionamiento de diseños, lo que puede contribuir al fortalecimiento del conocimiento en esta área y a la preparación de futuros ingenieros con mayor experiencia práctica.

## REFERENCIAS

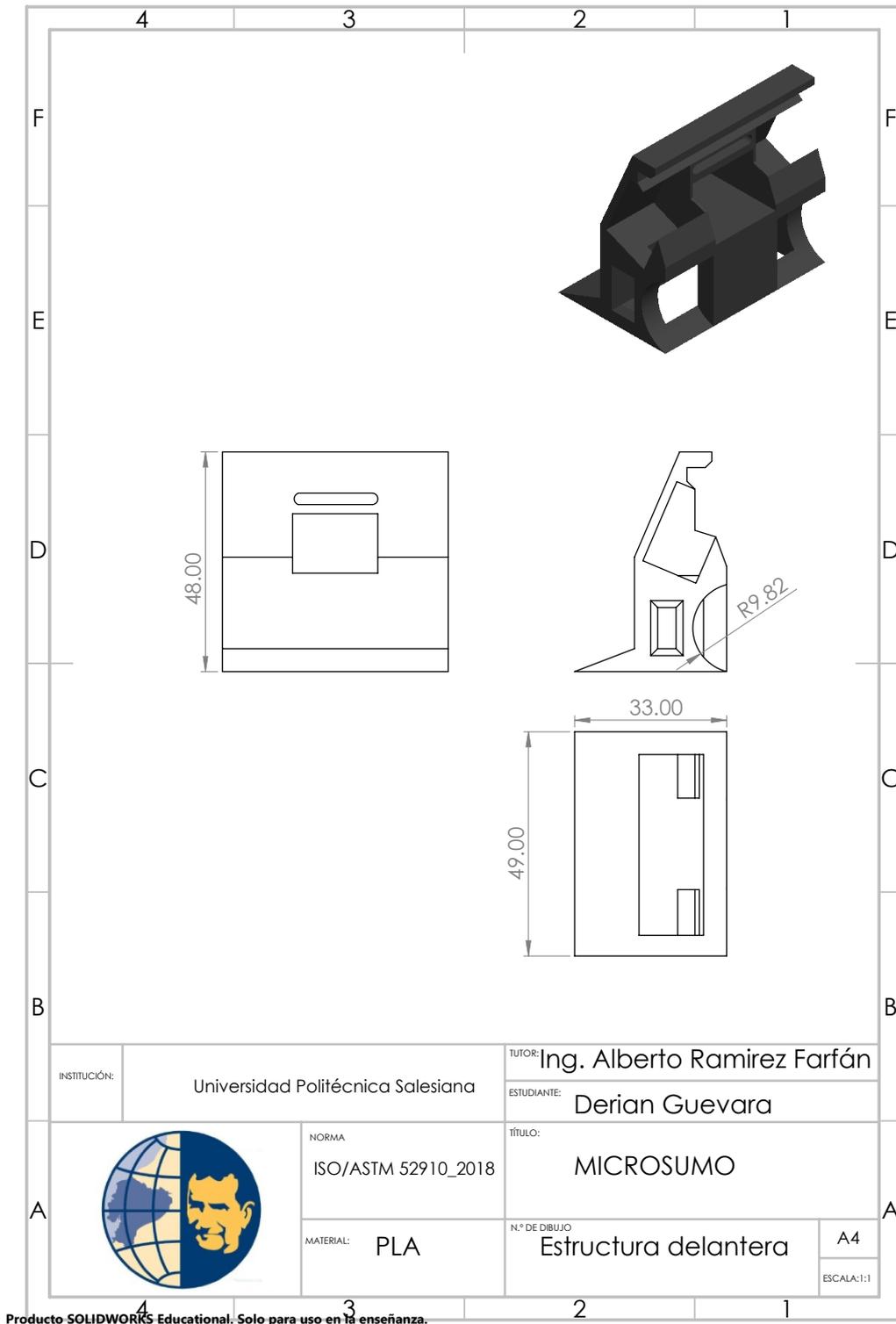
- [1] J. S. Lindao González y E. H. Quilambaqui Mayorga, «Diseño y construcción de 2 Robots sumo para las categorías pesado y liviano y un Robot seguidor de línea modalidad velocidad,» B.S. thesis, 2014.
- [2] E. S. Peñafiel Hernández, «Desarrollo de dos robots mini sumo de competencia como herramientas de enseñanza educativa enfocado a bachillerato general,» B.S. thesis, Riobamba, 2024.
- [3] C. A. Clavijo, «Diseño y construcción de un robot minisumo,» *Letras ConCiencia TecnoLógica*, n.º 14, págs. 12-18, 2016.
- [4] A. Gonzaga y V. Andrés, «Diseño y construcción de un robot mini sumo radio controlado utilizando una tarjeta mini black,» 2021.
- [5] B. R. Pila Acosta, «Construcción de un robot de sumo con el kit lego MINDSTORMS home ev3 considerando las reglas de la competencia ROBOT GAMES ZERO LATITUD®,» 2021.
- [6] Y. Franco, «La metodología de la investigación,» Universidad Autónoma de Occidente, 2011.
- [7] S. A. Z. Vargas, J. A. P. López y H. F. R. Hernández, «Estrategia para el desarrollo de aprendizajes en ingeniería basado en robótica educativa y competitiva: caso Universitaria de Investigación y Desarrollo, udi,» *Ingeniería solidaria*, vol. 9, n.º 16, págs. 153-159, 2013.
- [8] D. Brengi, N. Mariño, C. Huy et al., «Competencia de sumo robot para la enseñanza de electrónica y robótica práctica,» en *II Congreso de Microelectrónica Aplicada (μEA 2011)(La Plata, 7 al 9 de septiembre de 2011)*, 2011.
- [9] M. Albayrak e Y. Yüksel, «8051 Mikrodenetleyicili bir sumo robot tasarımı ve uygulaması,» *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, vol. 11, n.º 1, págs. 96-102, 2007.
- [10] R. Edlinger, M. Zauner y W. Rokitsky, *Electronic Platform for Small Robots in Education*.
- [11] R. E. Lacey, J. E. Price y J. M. Peschel, «A mini-robot sumo competition to teach mechatronics to engineering undergraduates,» en *2003 ASAE Annual Meeting*, American Society of Agricultural y Biological Engineers, 2003, pág. 1.
- [12] M. Zaręba, W. Kaczmarek y N. Daniel, «Mini-Sumo Robot Design with Respect to the Control System,» *Problems of Mechatronics. Armament, Aviation, Safety Engineering*, vol. 13, n.º 3, págs. 131-144, 2022.
- [13] D. M. B. Montes, «MICROSUMO AUTONOMO,»
- [14] K. Chojnowski, P. Wasilewski y R. Grądzki, «Movement modeling of mobile robot in MegaSumo category,» en *AIP Conference Proceedings*, AIP Publishing, vol. 2029, 2018.
- [15] F. Á. Bravo Sánchez, A. Forero Guzmán et al., «La robótica como un recurso para facilitar el aprendizaje y desarrollo de competencias generales,» 2012.
- [16] R. R. Murphy, «Dempster-Shafer theory for sensor fusion in autonomous mobile robots,» *IEEE Transactions on robotics and automation*, vol. 14, n.º 2, págs. 197-206, 1998.
- [17] GrupoElectrostore, *Sensor Infrarrojo de Distancia Digital JSUMO JS40F 40cm*, Accedido: 2025-01-31, 2021. dirección: <https://grupoelectrostore.com/shop/sensores/infrarrojos/sensor-infrarrojo-de-distancia-digital-jsumo-js40f-40cm/>.
- [18] GrupoElectrostore, *Módulo Sensor Infrarrojo de Obstáculos Frente*, Accedido: 2025-01-31, 2021. dirección: <https://grupoelectrostore.com/shop/sensores/infrarrojos/modulo-sensor-infrarrojo-de-obstaculos-frente/>.
- [19] AElectronics, *Sharp GP2Y0A21YK0F Analog Distance Sensor 10-80cm*, Accedido: 2025-01-31, 2021. dirección: <https://avelectronics.cc/product/sharp-gp2y0a21yk0f-analog-distance-sensor-10-80cm/>.
- [20] Megatronica, *Sensor Reflectivo Infrarrojo Detector de Línea QRE1113 QTR-1A*, Accedido: 2025-01-31, 2025. dirección: <https://megatronica.cc/product/sensor-reflectivo-infrarrojo-detector-de-linea-qre1113-qtr-1a/>.
- [21] Novatronicec, *MICRO SENSOR REFLECTIVO INFRARROJO DE LINEA ML2 JSUMO*, Accedido: 2025-01-31, 2025. dirección: <https://novatronicec.com/index.php/product/micro-sensor-reflectivo-infrarrojo-de-linea-ml2-jsumo/>.
- [22] Electrostore, *MICRO SENSOR REFLECTIVO INFRARROJO DE LINEA ML1 JSUMO*, Accedido: 2025-01-31, 2025. dirección: <https://grupoelectrostore.com/shop/sensores/infrarrojos/micro-sensor-reflectivo-infrarrojo-de-linea-ml1/>.

- [23] Megatronica, *Módulo TCRT5000 Sensor Seguidor De Línea Arduino MH*, Accedido: 2025-01-31, 2025. dirección: <https://megatronica.cc/producto/modulo-tcrt5000-sensor-seguidor-de-linea-arduino-mh/>.
- [24] R. Moran-Borbor, V. Galvis-Roballo, J. Niño-Vega y F. Fernández-Morales, «Desarrollo de un robot sumo como material educativo orientado a la enseñanza de programación en Arduino,» *Revista Habitus: Semilleros de Investigación*, vol. 1, n.º 2, e12178-e12178, 2021.
- [25] S. Vicente Oliva, «La impresión 3D como tecnología de uso general en el futuro,» *inf. téc.*, 2018.
- [26] G. GÍLCÁ y L. M. Alina-Elena, «A STUDY ABOUT MICRO AND MINI SUMO ROBOTS.,» *Fiability & Durability/Fiabilitate si Durabilitate*, vol. 33, n.º 1, 2024.
- [27] T. Osafune, M. Mitsuboshi, T. Ito et al., «Analysis of bacterial flora in dohyo soil,» *Environmental health and preventive medicine*, vol. 12, n.º 1, págs. 11-16, 2007.

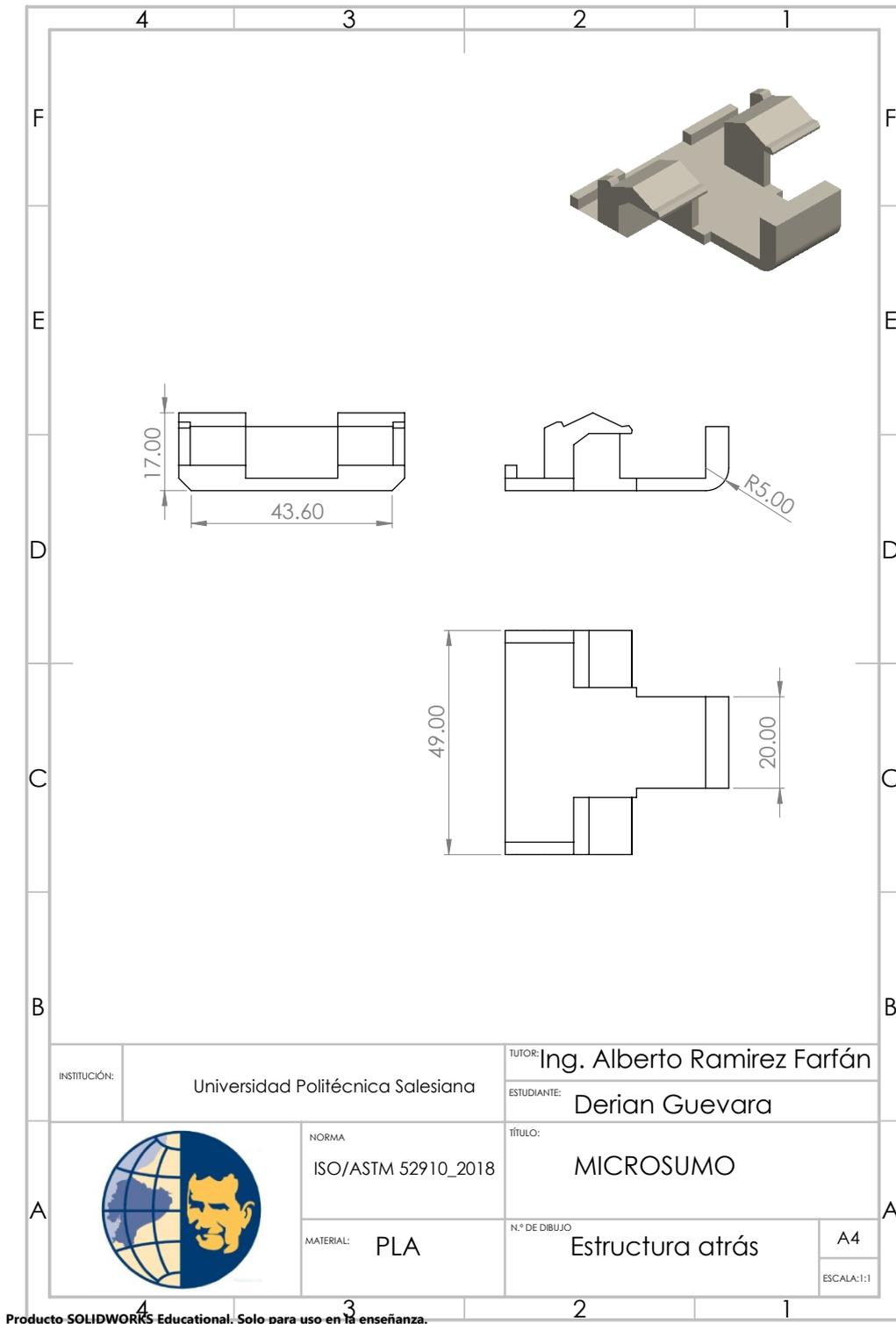
## XVI. ANEXOS



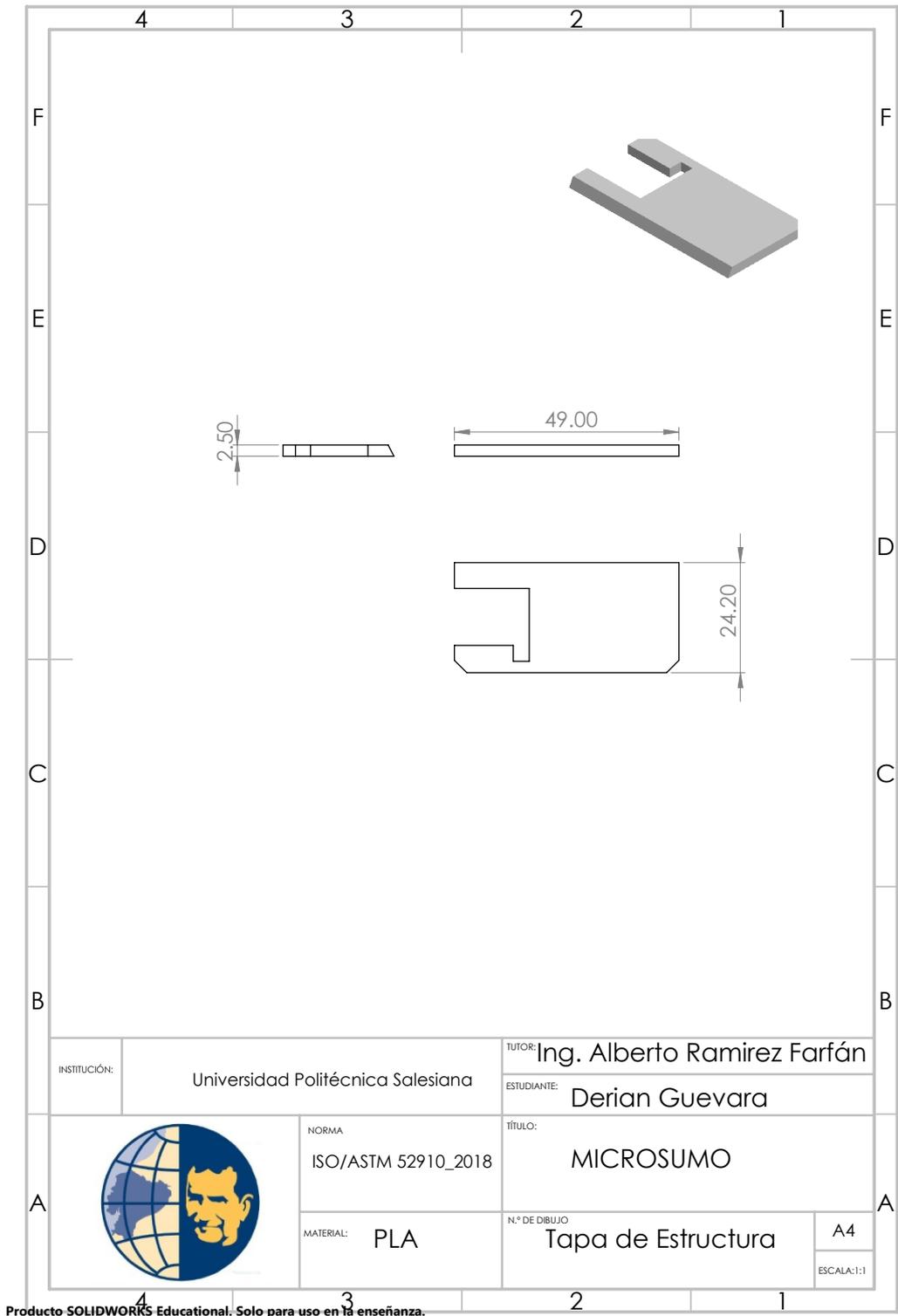
Modelado de la estructura en SolidWorks para optimizar peso, resistencia y compatibilidad con los componentes antes de la impresión 3D.



Pieza Principal. Fuente: D. Guevara.



Pieza Atrás. Fuente: D. Guevara.



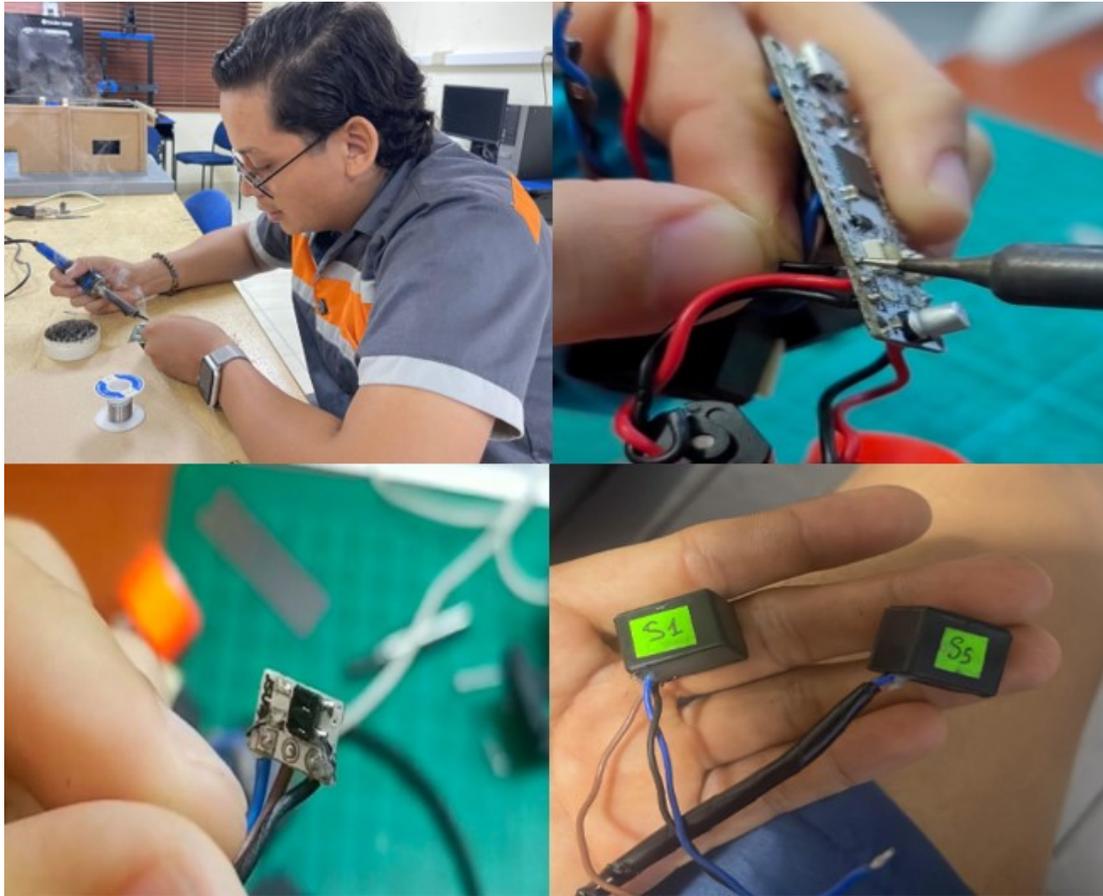
Tapa Microsumo. Fuente: D. Guevara.



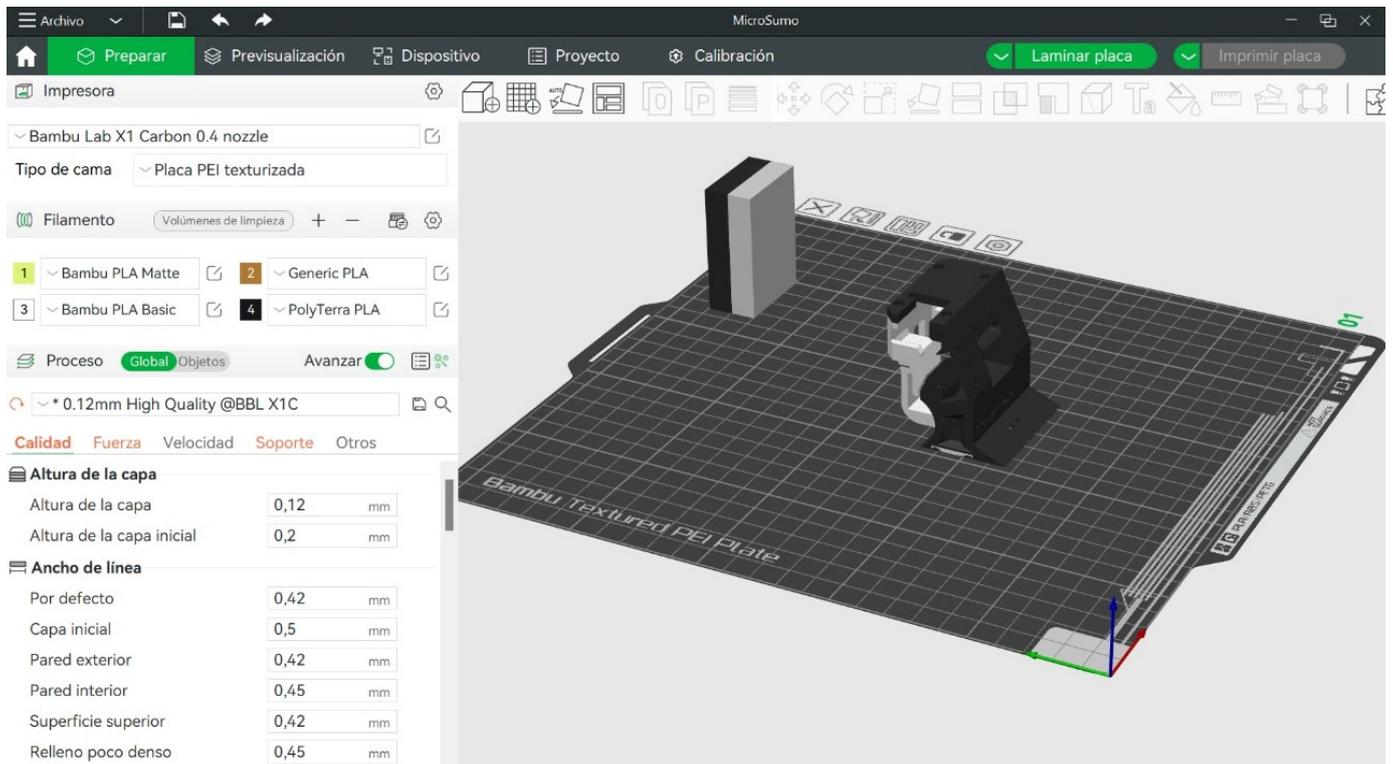
Los módulos electrónicos fueron adquiridos en Barrio Santa Lucía, Bogotá, Colombia, y Puebla, México, y transportados hasta Guayaquil, Ecuador, a través de DHL para la construcción del robot micro sumo. Fuente: D. Guevara.



Ajuste del aro de las llantas del robot micro sumo para mejorar el agarre y el desempeño en combate. Fuente: D. Guevara.



Soldadura e integración de todos los componentes electrónicos, para garantizar el correcto funcionamiento del robot en combate. Fuente: D. Guevara.



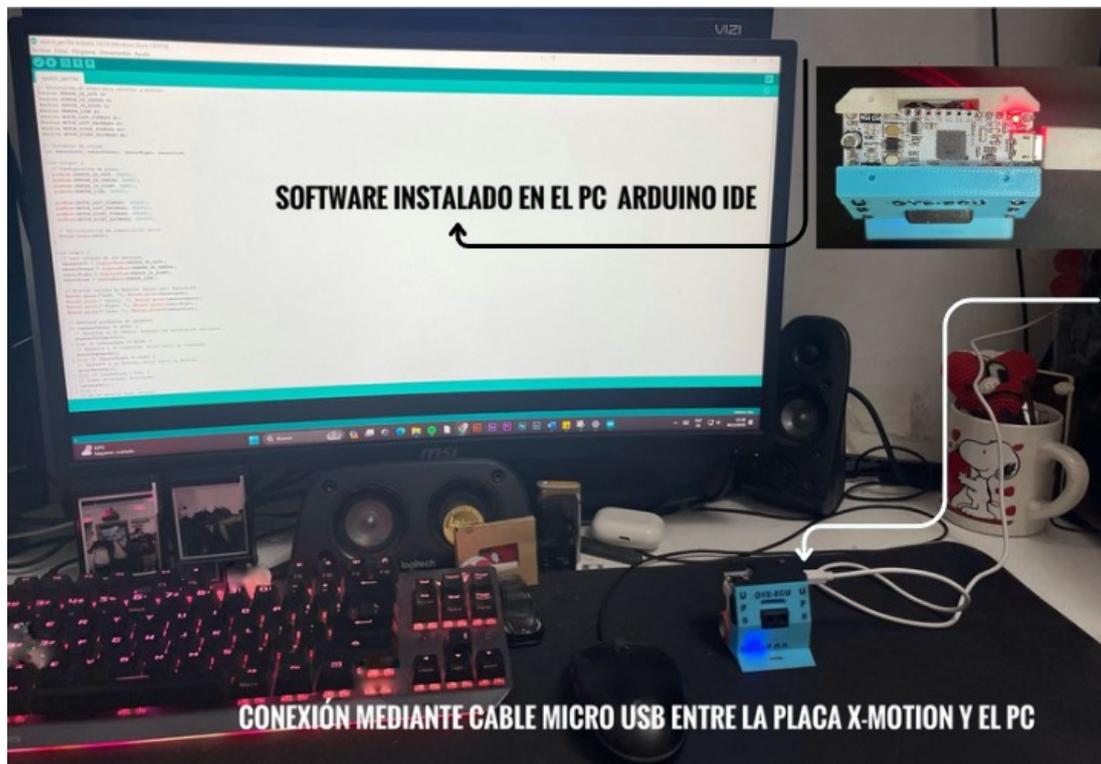
La imagen muestra la configuración en Bambu Studio para imprimir una estructura en una Bambu Lab X1 Carbon con una boquilla de 0.4 mm y base PEI texturizada. Se usan filamentos PLA en cuatro variantes. Los parámetros clave incluyen una altura de capa de 0.12 mm, una capa inicial de 0.2 mm y anchos de línea ajustados para calidad y resistencia. Se ha preparado el modelo y está listo para laminar e imprimir. Fuente: D. Guevara.



Ajuste y calibración de la impresora 3D para la fabricación de las piezas del robot micro sumo. Se utilizó soporte tipo árbol para mejorar la estabilidad y calidad de la impresión, asegurando un acabado preciso y funcional. Fuente: D. Guevara.



El dohyo fue fabricado siguiendo las medidas oficiales del reglamento para la categoría micro sumo, garantizando un área de combate precisa. Se aplicó la pintura adecuada para mejorar la visibilidad y se finalizó con un acabado mate, asegurando una superficie óptima para el desempeño de los robots en combate. Fuente: D. Guevara.



Carga y prueba del código en la placa X-Motion mediante Arduino IDE, conectado al PC por cable micro USB. Fuente: D. Guevara.

<b>Robot Micro Sumo - Programacion</b>	
<b>Name:</b>	Robot Micro Sumo - Estrategias de Combate
<b>Autor:</b>	Derian Joseph Guevara Riofrío
<b>Date:</b>	5 Enero de 2025
<b>Versión:</b>	Arduino IDE 2.3.2
<b>Notes:</b>	Código diseñado para la placa X-Motion con sensores infrarrojos.



sketch\_feb05a\$

```
// Configuración de la placa X-Motion para el Robot Micro Sumo
// Estrategias de combate y control de motores con 3 sensores infrarrojos, 1 sensor de línea, 2 motores y una batería

// Definición de pines para motores
#define MOTOR_IZQ_A 3
#define MOTOR_IZQ_B 5
#define MOTOR_DER_A 6
#define MOTOR_DER_B 9

// Definición de pines para sensores infrarrojos
#define SENSOR_CENTRO A0 // Sensor infrarrojo central
#define SENSOR_IZQUIERDO A1 // Sensor infrarrojo izquierdo
#define SENSOR_DERECHO A2 // Sensor infrarrojo derecho

// Definición de pin para sensor de línea (borde del dohyo)
#define SENSOR_LINEA A3

// Definición de pines para botones de estrategia
#define BOTON_1 10 // Botón 1: Estrategia de giro en sentido horario
#define BOTON_2 11 // Botón 2: Estrategia de giro en sentido antihorario

void setup() {
  // Configuración de pines de motores como salida
  pinMode(MOTOR_IZQ_A, OUTPUT);
  pinMode(MOTOR_IZQ_B, OUTPUT);
  pinMode(MOTOR_DER_A, OUTPUT);
  pinMode(MOTOR_DER_B, OUTPUT);

  // Configuración de sensores como entrada
  pinMode(SENSOR_CENTRO, INPUT);
  pinMode(SENSOR_IZQUIERDO, INPUT);
  pinMode(SENSOR_DERECHO, INPUT);
  pinMode(SENSOR_LINEA, INPUT);

  // Configuración de botones como entrada
  pinMode(BOTON_1, INPUT_PULLUP);
  pinMode(BOTON_2, INPUT_PULLUP);

  // Inicialización de comunicación serial para depuración
  Serial.begin(9600);
}
```

Código C++ Microsumo. Fuente: D. Guevara.



```
// Función para mover el robot hacia adelante con velocidad máxima
void moverAdelante() {
    analogWrite(MOTOR_IZQ_A, 255);
    analogWrite(MOTOR_IZQ_B, 0);
    analogWrite(MOTOR_DER_A, 255);
    analogWrite(MOTOR_DER_B, 0);
}

// Función para detener el robot
void detener() {
    analogWrite(MOTOR_IZQ_A, 0);
    analogWrite(MOTOR_IZQ_B, 0);
    analogWrite(MOTOR_DER_A, 0);
    analogWrite(MOTOR_DER_B, 0);
}

// Función para girar en sentido horario (derecha)
void girarHorario() {
    analogWrite(MOTOR_IZQ_A, 200);
    analogWrite(MOTOR_IZQ_B, 0);
    analogWrite(MOTOR_DER_A, 0);
    analogWrite(MOTOR_DER_B, 200);
}

// Función para girar en sentido antihorario (izquierda)
void girarAntihorario() {
    analogWrite(MOTOR_IZQ_A, 0);
    analogWrite(MOTOR_IZQ_B, 200);
    analogWrite(MOTOR_DER_A, 200);
    analogWrite(MOTOR_DER_B, 0);
}

// Función para retroceder si detecta el borde del dohyo
void retroceder() {
    analogWrite(MOTOR_IZQ_A, 0);
    analogWrite(MOTOR_IZQ_B, 180);
    analogWrite(MOTOR_DER_A, 0);
    analogWrite(MOTOR_DER_B, 180);
    delay(500); // Retrocede durante medio segundo
}
```

Código C++ Microsumo. Fuente: D. Guevara.



sketch\_feb05a \$

}

```
void loop() {  
  // Lectura de sensores infrarrojos  
  int deteccionCentro = analogRead(SENSOR_CENTRO);  
  int deteccionIzquierdo = analogRead(SENSOR_IZQUIERDO);  
  int deteccionDerecho = analogRead(SENSOR_DERECHO);  
  int deteccionLinea = analogRead(SENSOR_LINEA);  
  
  // Lectura de botones de estrategia  
  bool estrategiaHorario = !digitalRead(BOTON_1); // Botón 1 presionado  
  bool estrategiaAntihorario = !digitalRead(BOTON_2); // Botón 2 presionado  
  
  // Mostrar datos en el monitor serial (para pruebas)  
  Serial.print("Centro: "); Serial.print(deteccionCentro);  
  Serial.print(" | Izq: "); Serial.print(deteccionIzquierdo);  
  Serial.print(" | Der: "); Serial.print(deteccionDerecho);  
  Serial.print(" | Línea: "); Serial.println(deteccionLinea);  
  
  // ♦ EVITAR QUE EL ROBOT SALGA DEL DOHYÓ  
  if (deteccionLinea > 500) {  
    Serial.println("Borde detectado! Retrocediendo...");  
    retroceder();  
  }  
  // ♦ ESTRATEGIA 1: ATAQUE RÁPIDO CUANDO DETECTA AL Oponente EN EL CENTRO  
  else if (deteccionCentro > 500) {  
    Serial.println("Enemigo detectado! Acelerando para empujar.");  
    moverAdelante();  
    delay(500); // Tiempo para impactar  
  }  
  // ♦ SI DETECTA AL Oponente EN LOS LADOS, GIRA HACIA ÉL  
  else if (deteccionIzquierdo > 500) {  
    Serial.println("Enemigo a la izquierda, girando...");  
    girarAntihorario();  
    delay(300);  
  }  
  else if (deteccionDerecho > 500) {  
    Serial.println("Enemigo a la derecha, girando...");  
    girarHorario();  
    delay(300);  
  }  
  // ♦ ESTRATEGIA 2: BÚSQUEDA SI NO SE DETECTA Oponente  
  else if (estrategiaHorario) {  
    Serial.println("Buscando en sentido horario...");  
    girarHorario();  
    delay(300);  
  }  
}
```

Código C++ Microsumo. Fuente: D. Guevara.

```
        delay(300);
    }
    else if (estrategiaAntihorario) {
        Serial.println("Buscando en sentido antihorario...");
        girarAntihorario();
        delay(300);
    }
    // ♦ SI NO HAY DETECCIÓN NI BOTÓN PRESIONADO, SE DETIENE
    else {
        Serial.println("No se detecta enemigo, deteniéndose.");
        detener();
    }
}
```

Código C++ Microsumo. Fuente: D. Guevara.