

Pregrado

CARRERA DE ELECTRÓNICA

DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN ROBOT DE BATALLA DE 12 LIBRAS, EMPLEANDO MOTORES SIN ESCOBILLAS

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del Título de Tecnólogo/a Superior
en Electrónica

Autores: Monge Quevedo Alex Patricio
Loya Loachamin Erick Xavier

Tutor: ING. CORDERO DIEGO

MARZO, 2025
SANGOLQUI – ECUADOR

Autor:	Alex Patricio Monge Quevedo Título a obtener: Tecnólogo superior en Electrónica Matriz: Sangolquí -Ecuador Correo electrónico: Alex.monge@ister.edu.ec
	Erick Xavier Loya Loachamin Título a obtener: Tecnólogo superior en Electrónica Matriz: Sangolquí -Ecuador Correo electrónico: Erik.loya@ister.edu.ec
	Dirigido por: Ing. Diego Armando Cordero Chango Matriz: Sangolquí -Ecuador Correo electrónico: diego.cordero@ister.edu.ec
	

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

©2024 Tecnológico Universitario Rumiñahui

SANGOLQUÍ – ECUADOR

Monge Quevedo Alex Patricio

Loya Loachamin Erick Xavier

***DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN ROBOT DE BATALLA DE 12 LIBRAS,
EMPLEANDO MOTORES SIN ESCOBILLAS.***

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-2-2.2

Sangolquí, 14 de marzo del 2025

MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA

MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**
Presente

Por medio de la presente, yo, **Alex Patricio Monge Quevedo** declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado **diseño e implementación de un robot de batalla de 12 libras, empleando motores brushelss**, de la Tecnología Superior en **electrónica**; y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

Esta cesión se otorga de manera no exclusiva y por un periodo indeterminado. Sin embargo, conservo los derechos morales sobre mi obra.

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,



Alex Patricio Monge Quevedo
C.I.: 0550232672

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-2-2.2

Sangolquí, 14 de marzo del 2025

MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA

MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**

Presente

Por medio de la presente, yo, **ERICK XAVIER LOYA LOACHAMIN** declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado **DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN ROBOT DE BATALLA DE 12 LIBRAS, EMPLEANDO MOTORES BRUSHELSS**, de la Tecnología Superior **EN ELECTRONICA** ; y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

Esta cesión se otorga de manera no exclusiva y por un periodo indeterminado. Sin embargo, conservo los derechos morales sobre mi obra.

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,



ERICK XAVIER LOYA LOACHAMIN
C.I.: 1720337656

FORMULARIO PARA ENTREGA DE PROYECTOS EN BIBLIOTECA INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO

CT-ANX-2025-ISTER-3

CARRERA:

TECNOLOGIA SUPERIOR EN ELECTRONICA

AUTOR /ES:

ERICK XAVIER LOYA LOACHAMIN

ALEX PATRICIO MONGE QUEVEDO

TUTOR (METODOLÓGICO Y ACADÉMICO):

RICARDO ELICIO ROSERO YUGSI

CONTACTO ESTUDIANTE:

0998002199

CORREO ELECTRÓNICO:

rrobless0009@gmail.com

TEMA:

DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN ROBOT DE BATALLA DE 12 LIBRAS,
EMPLEANDO MOTORES BRUSHELSS

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

UNIDAD DE INTEGRACION CURRICULAR RESUMEN

RESUMEN EN ESPAÑOL:

El presente proyecto se enfoca en el diseño e implementación de un robot de batalla en la categoría de 12 libras, utilizando motores brushless para mejorar su rendimiento en competencias de robótica. Este trabajo busca desarrollar un prototipo eficiente, resistente y de alto rendimiento, considerando aspectos técnicos como la selección adecuada de materiales estructurales, sistemas de control, y armas defensivas. Además, se implementa un sistema electrónico compuesto por controladores de velocidad, baterías LiPo y receptores de señal, garantizando un control preciso y estable. El diseño del robot se fundamenta en reglamentos oficiales de competencias, asegurando el cumplimiento de las normativas establecidas. Este proyecto no solo pretende crear un robot competitivo, sino también proporcionar un aporte significativo al aprendizaje y desarrollo de tecnologías aplicadas a la robótica de combate.

PALABRAS CLAVE:

- Robot de batalla
- Motores brushles
- Diseño mecánico
- Control electrónico
- Robótica de combate.

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero

Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628

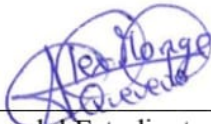
 www.ister.edu.ec / info@ister.edu.ec

ABSTRACT:

This project focuses on the design and implementation of a 12-pound combat robot, utilizing brushless motors to improve its performance in robotics competitions. This work seeks to develop an efficient, robust, and high-performance prototype, considering technical aspects such as the appropriate selection of structural materials, control systems, and defensive weapons. In addition, an electronic system composed of speed controllers, LiPo batteries, and signal receivers is implemented, ensuring precise and stable control. The robot's design is based on official competition regulations, ensuring compliance with established standards. This project not only aims to create a competitive robot but also to provide significant support for the learning and development of technologies applied to combat robotics.

KEYWORDS:

- Battle robot
- Brushless motors
- Mechanical design
- Electronic control
- Combat robotics



Firma del Estudiante
ALEX PATRICIO MONGE QUEVEDO
C.I.: 0550232672



Firma del Estudiante
ERICK XAVIER LOYA LOACHAMIN
C.I.: 1720337656



SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-4

Sangolquí, 14 de marzo del 2025

Sres.-

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO

Presente

Yo, ERICK XAVIER LOYA LOACHAMIN, con C.I.: 1720337656 alumno de la Carrera ELECTRONICA, cedo al INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO, los derechos de publicaciones del presente trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional para hacer uso de todos los contenidos con fines estrictamente académico o de investigación.

Atentamente,

Firma del Estudiante

ERICK XAVIER LOYA LOACHAMIN
C.I.: 1720337656



SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-4

Sangolquí, 14 de marzo del 2025

Sres.-

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO

Presente

Yo, ALEX PATRICIO MONGE QUEVEDO, con C.I.: 0550232672 alumno de la Carrera ELECTRONICA, cedo al INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO, los derechos de publicaciones del presente trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional para hacer uso de todos los contenidos con fines estrictamente académico o de investigación.

Atentamente,

Firma del Estudiante
ALEX PATRICIO MONGE QUEVEDO
C.I.: 0550232672

APROBACIÓN DEL TUTOR/A

En mi calidad de Tutor/a del Trabajo de Titulación, presentado por **Monge Quevedo Alex Patricio** con CC: 0550232672 y **Loya Loachamin Erick Xavier** con CC: 1720337656 para optar por el Título de Tecnólogo/a Superior en Electrónica; cuyo título es: **DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN ROBOT DE BATALLA DE 12 LIBRAS, EMPLEANDO MOTORES SIN ESCOBILLAS**, se considera que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que fuere designado.

Sangolquí, a los 22 días del mes de marzo de 2025

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Diego Armando', is written over a horizontal line.

ING. CORDERO CHANGO DIEGO ARMANDO

DOCENTE-TUTOR/A

C.I. 1721486882

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico con todo mi amor y gratitud a mis padres, Nancy Quevedo y Patricio Monge. A ellos, que con su esfuerzo, sacrificio y apoyo incondicional me han motivado a alcanzar mis sueños y me han enseñado que la perseverancia y la dedicación son fundamentales para lograr mis metas. También dedico este logro a Dios, quien ha sido mi guía y fortaleza en cada paso de este camino, iluminando mi vida con su sabiduría y brindándome el aliento necesario para seguir adelante.

Alex Monge

A Dios, fuente de inspiración y fortaleza, por brindarme la sabiduría necesaria para superar cada obstáculo en este proceso. Su guía constante ha sido fundamental para mantenerme firme en la búsqueda de mis objetivos.

A mi madre, Gladis Loachamín, por su amor incondicional, sacrificio y apoyo incansable. Gracias por ser un pilar fundamental en mi vida, por tus consejos y por enseñarme a luchar con dedicación y perseverancia. Este logro es el reflejo de tus enseñanzas y el fruto de tu esfuerzo.

Erik Loya

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios, cuya bondad y guía me han permitido avanzar en este proceso, dándome la fortaleza necesaria para superar cada obstáculo.

De manera especial, expreso mi más profundo agradecimiento a mis padres, Nancy Quevedo y Patricio Monge, quienes han sido mi pilar fundamental. Su amor, paciencia y apoyo incondicional han sido mi mayor motivación para enfrentar cada reto con entusiasmo y determinación. Este logro también les pertenece a ellos, por haber creído en mí y brindarme siempre su respaldo.

Alex Monge

Agradezco profundamente a Dios por darme la vida, la salud y la motivación necesarias para completar este trabajo.

A mi madre, Gladis Loachamín, por su paciencia, comprensión y sacrificios a lo largo de todo este camino académico.

Finalmente, extendiendo mi gratitud a todas las personas que, de una u otra forma, contribuyeron al desarrollo de este proyecto, brindándome su conocimiento, orientación y ánimo en cada etapa de este trabajo.

Erik Loya

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto se enfoca en el diseño e implementación de un robot de batalla en la categoría de 12 libras, utilizando motores sin escobillas para mejorar su rendimiento en competencias de robótica. Este trabajo busca desarrollar un prototipo eficiente, resistente y de alto rendimiento, considerando aspectos técnicos como la selección adecuada de materiales estructurales, sistemas de control, y armas defensivas. Además, se implementa un sistema electrónico compuesto por controladores de velocidad, baterías LiPo y receptores de señal, garantizando un control preciso y estable. El diseño del robot se fundamenta en reglamentos oficiales de competencias, asegurando el cumplimiento de las normativas establecidas. Este proyecto no solo pretende crear un robot competitivo, sino también proporcionar un aporte significativo al aprendizaje y desarrollo de tecnologías aplicadas a la robótica de combate.

PALABRAS CLAVE

Robot de batalla, motores sin escobillas, diseño mecánico, control electrónico, robótica de combate.

ABSTRACT

This project focuses on the design and implementation of a 12-pound combat robot, utilizing brushless motors to improve its performance in robotics competitions. This work seeks to develop an efficient, robust, and high-performance prototype, considering technical aspects such as the appropriate selection of structural materials, control systems, and defensive weapons. In addition, an electronic system composed of speed controllers, LiPo batteries, and signal receivers is implemented, ensuring precise and stable control. The robot's design is based on official competition regulations, ensuring compliance with established standards. This project not only aims to create a competitive robot but also to provide significant support for the learning and development of technologies applied to combat robotics.

KEYWORDS

Battle robot, brushless motors, mechanical design, electronic control, combat robotics

ÍNDICE GENERAL

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS.....	iii
APROBACIÓN DEL TUTOR/A	iv
DEDICATORIA	xi
AGRADECIMIENTO	xii
RESUMEN EJECUTIVO	xiii
PALABRAS CLAVE	xiii
1. ABSTRACT.....	xiv
KEYWORDS.....	xiv
1. INTRODUCCIÓN	21
1. CAPÍTULO I	22
1.1. Planteamiento del problema.....	22
1.2. Preguntas de directrices	22
1.3. Objetivo General.....	25
1.4. Objetivos Especifico	25
1.5. Justificación	25
1.6. Alcance	26
2. CAPITULO II	27
2.1. Marco teorico	27
2.1.1. Reglamento de un robot de combate de 12 libras.....	27
2.1.2. Categoría de batalla de Robots.	27
2.1.3. Parámetros requisitos de un robot de batalla de 12 libras.....	28
2.1.4. Mecanismos neumáticos	28
2.1.5. Mecanismos hidráulicos.....	28
2.2. Tipos de Robots de Batalla	29
2.2.1. Robots móviles.....	29
2.2.2. Sistema de locomoción	29
2.2.3. Tipos de locomoción robótica.....	30
2.2.4. Robots ofensivos.....	31
2.2.5. Robots defensivos	32
2.3. Drumbots.....	32
2.4. Spearbots.....	33
2.5. Materiales para la construcción del robot	34

2.6.	Metales.....	34
2.7.	Armas de ataque.....	36
2.7.1.	Disco de sierra.....	36
2.7.2.	Sistema de rotación.....	36
2.7.3.	Diseño de Rammer.....	37
2.8.	Batería LiPo.....	38
2.8.1.	Nomenclatura de la batería Lipo:.....	39
2.9.	Voltaje nominal.....	39
2.9.1.	Motor sin escobillas.....	39
2.9.2.	Controlador Electrónico de velocidad.....	40
2.9.3.	Receptor.....	41
2.9.4.	Protección de componentes.....	41
3.	CAPÍTULO III.....	41
3.1.	El método científico.....	42
3.1.1.	Alcance y Resultados Esperados.....	42
3.2.	Métodos teóricos de investigación.....	42
3.2.1.	Arma completa.....	42
3.2.2.	Diseño Mecánico.....	43
3.2.3.	Tapas superior e inferior del robot.....	43
3.2.4.	Cubiertas laterales internas.....	44
3.2.5.	Cubierta posterior.....	45
3.2.6.	Cubierta Frontal.....	45
3.2.7.	Rodamiento con Soporte de Brida.....	46
3.2.8.	Eje para soporte de brida.....	47
3.2.9.	Brida de Sujeción.....	47
3.2.10.	Brida de sujeción inferior.....	48
3.2.11.	Poleas para bandas.....	49
3.2.12.	Cálculos de transmisión por banda:.....	50
3.2.13.	Barras laterales de protección.....	50
3.2.14.	Montura de motor para la tracción.....	51
3.2.15.	Seguro para montura de la tracción.....	52
3.3.	Diseño electrónico del robot.....	52
3.3.1.	Componentes electrónicos del robot.....	52
3.3.2.	Transmisor FS-IA6.....	53
3.3.3.	Receptor FS-IA6.....	54

3.3.4.	Motor Brushless:.....	55
3.3.5.	Mini Switch de encendido:	56
3.3.6.	Controladora de velocidad:	58
3.3.7.	Batería de LiPo 2200mAh.....	58
3.3.8.	Características principales de la batería	59
3.4.	Diagrama de flujo del sistema.....	60
3.4.1.	La secuencia operativa del sistema se detalla a continuación	60
3.4.2.	Recepción y procesamiento de la señal:.....	60
3.4.3.	Funcionamiento de la controladora ESC y su integración con el BEC:.....	61
3.4.4.	Alimentación y activación de motores:	61
3.5.	La Secuencia Operativa del Sistema	63
3.5.1.	Transmisión de señal desde el control remoto	63
3.5.2.	Recepción y procesamiento de la señal.....	63
3.5.3.	Funcionamiento de la controladora ESC y su integración con el BEC.....	63
3.5.4.	Alimentación y activación de motores	63
3.6.	Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	64
3.7.	Instrumentos de recolección de datos empleados fueron:.....	64
3.8.	Análisis de Presupuesto	65
3.9.	Cronograma de Actividades.....	66
		66
4.	CAPÍTULO IV.....	67
4.1.	Diseño de la propuesta	67
4.1.1.	Factibilidad Institucional	67
4.1.2.	Factibilidad Técnica.....	67
4.2.	Implementación.....	67
4.3.	Diseño de la estructura.....	67
4.3.1.	Ensamblaje de la Estructura.....	67
4.3.2.	Integración de Motores y Sistema de Tracción.....	68
4.3.3.	Instalación del Sistema de Control	68
4.4.	Configuración de Controladores ESC (Electronic Speed Controllers).....	68
4.4.1.	Instalación del Sistema de Comunicación	69
4.4.2.	Conexión y Cableado	69
4.4.3.	Pruebas de Comunicación.....	69
4.4.4.	Protección del Sistema de Control.....	69
4.5.	Pruebas.....	69

4.5.1.	Evaluación del Funcionamiento General	70
4.5.2.	Pruebas de desempeño en combate.....	70
4.6.	Resultados	70
4.6.1.	Resultados Estructurales y Funcionales.....	71
4.6.2.	Análisis de los Resultados Obtenidos	71
5.	CAPITULO V	72
5.1.	Conclusiones y Recomendaciones	72
5.1.1.	Conclusiones	72
5.1.2.	Recomendaciones	72
6.	Referencias.....	73
7.	ANEXO.....	75
7.1.	ANEXO 3. <i>Imágenes fusión 360</i>	76

Índice de Tablas

tabla 1	Categoría de robot de batalla.....	28
Tabla 2	Parámetros requisitos de un robot de batalla de 12 libras.....	28
Tabla 3	de presupuestos	65
Tabla 4	Cronograma de actividades.....	66

Figura 1 Sistema de locomoción.....	30
Figura 2 Robots ofensivo.....	31
Figura 3 Robots defensivos	32
Figura 4 Drumbots	33
Figura 5 Battlebots.....	34
Figura 6 Disco de sierra horizontal. Fuente: Autores.	36
Figura 7 Sistema de rotación	37
Figura 8 Diseño de Rammer	37
Figura 9 Batería Lipo.....	38
Figura 10 Motor brushless.....	39
Figura 11 Controlador Electrónico de velocidad	40
Figura 12 Diseño mecánico	43
Figura 13 Tapa inferior.....	44
Figura 14 Tapa superior	44
Figura 15 Cubierta lateral	44
Figura 16 Cubierta posterior	45
Figura 17 Cubierta Frontal.....	46
Figura 18 Rodamiento con Soporte de Brida.....	46
Figura 19 Eje para soporte de brida.....	47
Figura 20 Eje para soporte de brida.....	48
Figura 21 Brida de sujeción inferior.....	48
Figura 22 Polea escalonada	49
Figura 23 Poleas para bandas	49
Figura 24 Barras laterales de protección	51
Figura 25 Montura de motor para la tracción.....	51
Figura 26 Seguro para montura de la tracción	52
Figura 27 transmisor FS-IA6	53
Figura 28 Receptor FS-IA6.....	55
Figura 29 Motor FingerTech	56
Figura 30 Mini Switch de encendido.....	57
Figura 31 Controladora de velocidad.....	58

Figura 32	<i>Batería de LiPo</i>	60
Figura 33	<i>Diagrama de flujo del sistema.....</i>	62
Figura 34	<i>Árbol de problemas</i>	75
Figura 35	<i>Árbol de objetivos.....</i>	75
Figura 36	<i>Diagrama en fusión-motor brushless</i>	76
Figura 37	<i>Banda para sierra</i>	2
Figura 38	<i>Cubierta posterior</i>	3
Figura 39	<i>Brida de sujeción superior</i>	4
Figura 40	<i>Cubierta lateral interna.....</i>	5
Figura 41	<i>Disco de sierra circular</i>	6
Figura 42	<i>Rodamiento de soporte para brida.....</i>	7
figura 43	<i>Cubierta inferior.....</i>	8
Figura 44	<i>Cubierta superior</i>	9
Figura 45	<i>Soporte para el motor.....</i>	10
Figura 46	<i>Brida de sujeción inferior.....</i>	11
Figura 47	<i>Eje para soporte de brida.....</i>	12
Figura 48	<i>Llanta del robot.....</i>	13
Figura 49	<i>Polea tipo v.....</i>	14
Figura 50	<i>Rodamiento eje posterior</i>	15
Figura 51	<i>Rueda loca.....</i>	1
Figura 52	<i>Motor Fingertech</i>	2
Figura 53	<i>Colocación de la cierra.....</i>	3
Figura 54	<i>Corte del chasis del robot</i>	3
figura 55	<i>Prueba de motores.....</i>	4
figura 56	<i>Revisando la estabilidad de las llantas</i>	4
figura 57	<i>finalización del robot de combate de 12libras</i>	5

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene como objetivo el diseño y la construcción de un robot de batalla en la categoría de 12 libras, empleando motores sin escobillas como componente clave para mejorar el rendimiento en competencias de robótica. Este trabajo busca fomentar la innovación y el desarrollo de prototipos eficientes y funcionales, que permitan a los estudiantes aplicar sus conocimientos en ingeniería, electrónica y diseño mecánico.

El diseño propuesto considera la integración de tecnologías avanzadas, como controladores electrónicos de velocidad (ESC), baterías de polímero de litio (LiPo) de alto rendimiento y materiales estructurales que combinen resistencia y ligereza. Además, el robot cumplirá con las normativas de seguridad exigidas en las competencias, tales como la inclusión de interruptores de emergencia y sistemas de monitoreo de baterías.

Este proyecto no solo busca construir un robot competitivo, sino también proporcionar un marco de referencia para futuros desarrollos en la categoría, contribuyendo al fortalecimiento de competencias técnicas y al espíritu de colaboración en el ámbito estudiantil.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En este capítulo se aborda el planteamiento del problema de investigación, describiendo de manera clara y precisa la necesidad de diseñar e implementar un robot de batalla de 12 libras utilizando motores sin escobillas. Además, se identifican los principales desafíos técnicos y conceptuales que motivan este proyecto, así como la justificación de su desarrollo y la formulación de los objetivos que guiarán todo el proceso investigativo.

1.1. Planteamiento del problema

En los últimos años, las competencias de robótica han ganado una gran popularidad en diversos países, como Japón, Estados Unidos, México y Australia, donde los robots de batalla se han convertido en una atracción principal. Estas competencias exigen el diseño y la construcción de prototipos que combinen potencia, velocidad y durabilidad, utilizando tecnologías de última generación. En la categoría de 12 libras, se pone especial énfasis en la eficiencia energética y la maniobrabilidad, lo que representa un desafío tanto técnico como creativo para los equipos participantes. El uso de motores sin escobillas, controladores electrónicos avanzados y baterías de alta capacidad ha revolucionado el diseño de robots de combate, permitiendo mayor velocidad y potencia en espacios reducidos.

1.2. Preguntas de directrices

¿Cuál es el problema principal o debilidad a estudiar?

El problema principal es el diseño y construcción eficiente de un robot de batalla de 12 libras que cumpla con las especificaciones técnicas requeridas para competencias, empleando motores sin escobillas.

La dificultad radica en seleccionar materiales y componentes adecuados, además de integrar un sistema mecánico y electrónico robusto, eficiente y económico, que permita maximizar el rendimiento del robot en un entorno de combate.

¿Cuáles son los elementos del problema: datos, situaciones y conceptos relacionados con el mismo?

Datos:

Peso máximo permitido: 12 libras.

Potencia y características de los motores sin escobillas.

Propiedades mecánicas de los materiales (acero al carbono, hierro).

Requerimientos de transmisión y control.

Situaciones:

Necesidad de un diseño que soporte impactos fuertes y alta velocidad.

Limitaciones presupuestarias para materiales y componentes.

Competencia en un entorno altamente exigente.

Conceptos:

Diseño estructural de robots de combate.

Principios de transmisión por correa.

Dinámica de alta velocidad y resistencia a impactos.

¿Explicar por qué es un problema?

Es un problema porque construir un robot de batalla competitivo implica enfrentar varios retos:

Optimizar la relación peso-resistencia.

Implementar un sistema de transmisión eficiente para maximizar el rendimiento de los motores sin escobillas.

Garantizar la seguridad estructural y funcionalidad en condiciones extremas, como impactos repetidos y altas temperaturas. Además, estos desafíos deben resolverse dentro de un marco presupuestario limitado, lo que añade complejidad al diseño y selección de componentes.

¿Cuáles son los hechos anteriores que guardan relación con el problema?

El uso de motores sin escobillas se ha popularizado en robótica por su alta eficiencia y capacidad de proporcionar gran torque a altas RPM, siendo una elección estándar en competencias.

Investigaciones previas han mostrado que materiales como el acero al carbono y el hierro son opciones viables para robots de combate debido a su resistencia y coste moderado.

En competencias de robots, los diseños bien optimizados en términos de peso y rendimiento suelen tener una ventaja significativa sobre diseños mal equilibrados.

¿Cuál es la situación actual?

Actualmente, el diseño de robots de batalla enfrenta desafíos de alto costo y accesibilidad a materiales y componentes. Muchos diseños existentes priorizan la potencia y resistencia, pero no siempre logran una integración económica y eficiente. Además, los estudiantes o equipos con menos recursos suelen estar en desventaja frente a aquellos con mayor acceso a tecnología avanzada.

¿Qué relaciones de causa-efecto se pueden evidenciar?

La selección de materiales y componentes impacta directamente en la durabilidad y el rendimiento del robot. Un diseño inadecuado puede provocar fallas estructurales o funcionales durante los combates, la limitación de presupuesto afecta la calidad de los componentes seleccionados, lo que puede disminuir el desempeño del robot. El uso de motores sin escobillas mal configurados o integrados puede reducir la eficiencia del sistema de transmisión y el armamento.

¿En qué y a quiénes afecta?

La falta de recursos económicos y tecnológicos representan un desafío significativo para los estudiantes y equipos de robótica que desean desarrollar proyectos competitivos. Este obstáculo no solo afecta su participación en competencias de robots de combate, sino que también ponen en

riesgo la diversidad y competitividad de estos eventos, al dificultar la entrada de equipos con menores recursos. Además, estas limitaciones pueden frenar el avance tecnológico local, al restringir el desarrollo de soluciones innovadoras y accesibles que podrían contribuir al crecimiento del campo de la robótica.

1.3. Objetivo General

Desarrollar un robot de combate en la categoría de 12 libras, empleando herramientas de modelado 3D como Fusión 360, con el propósito de optimizar su rendimiento estructural, mecánico y funcional para garantizar su competitividad en torneos de robótica.

1.4. Objetivos Especifico

OBJ 1: Implementar un prototipo funcional de un robot de combate de 12 libras, integrando los sistemas mecánicos, electrónicos y de control, para garantizar su operatividad, eficiencia y cumplimiento de los requisitos de competencia

OBJ 2: Diseñar los planos estructurales y esquemáticos eléctricos, con la integración del sistema de control y los motores sin escobillas , para asegurar la correcta funcionalidad y operatividad del robot

OBJ 3: Seleccionar los componentes electrónicos clave y calibrar el controlador de velocidad (ESC), para optimizar el desempeño del sistema de propulsión.

1.5. Justificación

El desarrollo de un robot de batalla de 12 libras utilizando motores sin escobillas responde a la necesidad de fomentar la aplicación práctica de conocimientos técnicos en el ámbito de la robótica,

una disciplina que combina áreas como la ingeniería mecánica, la electrónica y la programación. Este proyecto permitirá a los estudiantes consolidar habilidades en diseño, fabricación y optimización de sistemas, contribuyendo a su formación integral y competitividad en el ámbito profesional.

Las competencias de robótica representan un entorno dinámico y desafiante que motiva a los participantes a innovar y resolver problemas técnicos complejos. Diseñar un robot para esta categoría implica un equilibrio entre la eficiencia energética, la resistencia estructural y la maniobrabilidad, lo que demanda un análisis cuidadoso en la selección de componentes y materiales. En este sentido, los motores sin escobillas se destacan por su alta eficiencia y capacidad de respuesta, características clave para garantizar el rendimiento del prototipo en condiciones de alta exigencia.

Este trabajo no solo beneficiará a los estudiantes que participen en su desarrollo, sino que también servirá como base para futuros proyectos académicos y tecnológicos en el área de robótica. Además, al alinear el diseño del robot con las normativas de competencia, se asegura su viabilidad para participar en eventos nacionales e internacionales, promoviendo así la representación de la institución en escenarios de alto nivel.

Con este proyecto se busca no solo construir un robot competitivo, sino también contribuir al avance de la robótica como una herramienta educativa y de innovación tecnológica.

1.6. Alcance

Este proyecto está enfocado en la creación de un robot de combate en la categoría de 12 libras, que cumpla con los estándares técnicos y de seguridad requeridos en las competencias de robótica. Dentro de este marco, se incluirá la selección cuidadosa de componentes clave, como motores sin escobillas o brushless, controladores de velocidad (ESC) y baterías LiPo, con el objetivo de

garantizar un rendimiento eficiente y confiable. El desarrollo abarca desde el diseño asistido por computadora (CAD) hasta la construcción y validación mediante pruebas funcionales y simulaciones. También se priorizará la implementación de una estructura ligera pero resistente, fabricada con materiales que aseguren durabilidad frente a impactos. Asimismo, se integrarán dispositivos de seguridad, tales como interruptores de desconexión rápida y sistemas de supervisión de baterías, para garantizar un manejo seguro durante su operación. El proyecto se limitará a la elaboración de un prototipo funcional que pueda competir en eventos estudiantiles de robótica, dejando fuera aspectos relacionados con la producción en serie o la comercialización. Los resultados obtenidos pretenden sentar las bases para futuros trabajos académicos y mejoras en la robótica aplicada a combates.

CAPITULO II

2.1. Marco teorico

En este capítulo se aborda el reglamento aplicado a los robots de combate de 12 libras, utilizado como estándar en competencias de robótica. También se exploran los diferentes tipos de robots de esta categoría, junto con la descripción de su estructura y los sistemas de seguridad empleados para garantizar un rendimiento óptimo de los motores.

2.1.1. Reglamento de un robot de combate de 12 libras.

El reglamento correspondiente a los robots de esta categoría establece diversos requisitos técnicos que deben cumplir para participar en competencias, como los organizados por eventos especializados en robótica, entre ellos el Concurso Ecuatoriano de Robótica (CER). (RODRIGO RAMOS ZURITA, 2023).

2.1.2. Categoría de batalla de Robots.

En la Tabla 1, se detallan los principales parámetros técnicos y restricciones que un robot de 12 libras debe respetar para garantizar la seguridad y la equidad en la competencia.

Tabla 1

Categoría de robot de batalla

Categoría	Peso máximo del robot
Batalla de robots	120 libras
	60 libras
	30 libras
	12 libras
	3 libras
	1 libra
	0.5 libras
	Simulada (Robot Arena)

2.1.3. Parámetros requisitos de un robot de batalla de 12 libras.

Tabla 2

Parámetros requisitos de un robot de batalla de 12 libras.

Parámetros generales	Requisitos
Peso	12 libras exactas, sin tolerancias.
Dimensiones	Sin restricciones específicas.
Alimentación	Batería de corriente continua, completamente interna.
Interruptor de energía	Llave tipo "ON/OFF", externa y de fácil acceso.
Motores a combustión	Prohibidos.

En la tabla dos los parámetros generales, se definen especificaciones adicionales para mecanismos opcionales, como los sistemas neumáticos e hidráulicos. Estos parámetros son descritos a continuación:

2.1.4. Mecanismos neumáticos

Solo se permite el uso de aire comprimido, con una presión máxima de 6 bares y sin limitaciones en el volumen de aire comprimido.

Las válvulas y tanques deben ser equipos comerciales, sin modificaciones y completamente protegidos.

2.1.5. Mecanismos hidráulicos

Se utiliza exclusivamente aceite mineral industrial; quedan prohibidos líquidos inflamables, corrosivos o tóxicos.

La presión máxima permitida es de 10 bares, sin restricciones en el volumen del fluido empleado.

Las válvulas y tanques también deben ser equipos comerciales, garantizando que no sufran modificaciones.

Este reglamento no solo fomenta la innovación en el diseño, sino que también asegura que todos los robots cumplan estándares de seguridad, tanto para los participantes como para los espectadores.

2.2. Tipos de Robots de Batalla

Los robots de combate se agrupan en diferentes categorías según sus estrategias, diseño y tipo de armamento. A continuación, se presenta un resumen de los principales tipos:

2.2.1. Robots móviles

Actualmente, el campo de la robótica móvil está experimentando un notable auge dentro de la investigación científica. Este ámbito incluye diversas aplicaciones, como la supervisión, búsqueda, rastreo, rescate, entretenimiento, reconocimiento, tareas industriales y asistencia personal, entre otras. (eduardo perez, 2022)

A lo largo de los años, la robótica móvil ha evolucionado considerablemente. En sus inicios, dependía de la intervención humana mediante robots teleoperador. No obstante, con el tiempo, se han desarrollado agentes robóticos que permiten minimizar errores humanos mediante la aplicación de algoritmos avanzados

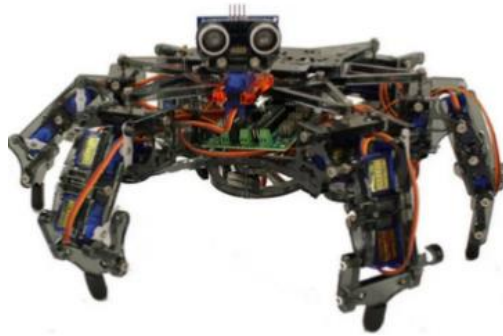
2.2.2. Sistema de locomoción

La locomoción se refiere al proceso mediante el cual un individuo o entidad puede desplazarse de un lugar a otro. Este movimiento se realiza utilizando ruedas, orugas o extremidades

la habilidad de un robot para desplazarse en su entorno se denomina locomoción robótica. Este sistema es crucial para permitir que los robots interactúen de manera eficiente con su entorno, llevando a cabo diversas tareas de forma autónoma y eficaz. (Angel Gil Perez, 2022)

Figura 1

Sistema de locomoción



Nota. Adaptado de *Meet HeXy, the low Cost*, Joseph Schlesinger, 2012

(https://www.pcworld.com/article/464853/meet_hexy_the_low_cost_all_in_one_six_legged_robot_kit.html)

2.2.3. Tipos de locomoción robótica.

Tabla 3

comparativa de tipos de locomoción robótica

Tipo de locomoción	Ventajas	Desventajas
Ruedas	Eficiencia energética, facilidad de control	Limitado a superficies planas
Patas	Adaptabilidad a terrenos irregulares	Complejidad mayor consumo energético
Orugas	Alta tracción en terrenos difíciles	Menor velocidad y maniobrabilidad
Acuáticas (hélices)	Eficiencias en aguas abiertas	Ineficiente en espacios confinados
Aéreas (hélices rotatorias)	Alta maniobrabilidad y eficiencia	Autonomía limitada
Aéreas (alas fijas)	Gran eficiencia	Menor maniobrabilidad

La elección del método de locomoción robótica depende del tipo de aplicación, considerando factores como terreno, capacidad de carga, autonomía y costo. Las investigaciones actuales buscan desarrollar sistemas más versátiles y eficientes, destacando la locomoción híbrida que combina ruedas, patas o desplazamientos en agua y tierra. Este avance promete un impacto significativo en diversas industrias.

2.2.4. Robots ofensivos

Los robots ofensivos están diseñados para centrarse en controlar los puntos estratégicos de agresión en lugar de maximizar el daño directo. Su principal característica es su alta durabilidad, que se consigue mediante transmisiones más rápidas y potentes, así como una armadura resistente. En la mayoría de las competiciones de combate robótico, es obligatorio el uso de armas "activas". Por esta razón, los robots defensivos suelen incorporar mecanismos como pinzas o dispositivos de levantamiento, que les permiten inmovilizar y manipular a sus oponentes. En competencias como BattleBots, la arena está llena de trampas y peligros que los robots defensivos pueden usar para causar daño adicional a sus rivales cuando logran el control total del enfrentamiento. (Chistophe Morin, 2023)

Figura 2

Robots ofensivo



Nota. Adaptado de *Las armas autónomas desafían los principios del derecho internacional humanitario*, Julian Madrid, 2023 (<https://agendaestadodederecho.com/las-armas-autonomas-desafian-los-principios-del-derecho-internacional-humanitario/>)

2.2.5. Robots defensivos

Los robots defensivos se caracterizan por priorizar el control de los puntos de agresión sobre los puntos de daño directo. Su diseño está enfocado en garantizar una resistencia superior en comparación con sus adversarios, lograda a través del uso de transmisiones más rápidas y con mayor potencia, combinadas con una armadura altamente robusta. En la mayoría de los torneos de combate robótico, es obligatorio el uso de armas "activas". Por esta razón, los robots defensivos suelen incorporar sistemas que cumplen con este requisito, asegurando su participación en dichas competencias.

Figura 3

Robots defensivos



Nota. Adaptado de *Police swat officer using a mechanical arm bomb disposal*, Roberth, 2022 (<https://www.istockphoto.com/photo/police-swat-officer-using-a-mechanical-arm-bomb-disposal-robot-unit-gm925123702-253877830>)

2.3. Drumbots

Los Drumbots destacan por su capacidad de integrar múltiples estrategias y características con el objetivo de dominar en competencias de alto nivel, como BattleBots y Robot Wars. Su diseño incorpora un tambor giratorio como arma principal, el cual, además de golpear a los oponentes, genera un efecto de levantamiento que puede causar graves daños estructurales. Este mecanismo no solo provoca impactos significativos, sino que también desestabiliza a los robots rivales, reduciendo su capacidad de maniobra y aumentando las posibilidades de victoria en el combate.

Figura 4

Drumbots



Nota. Adaptado de *Outside BattleBots*, fandom,kimberley Cowan, 2024

(https://battlebots.fandom.com/wiki/Caustic_Creations)

2.4. Spearbots

Representan una categoría de robots de combate que destacan por el uso de lanzas o arpones como armas principales para enfrentar a sus adversarios. Estos robots están diseñados para ejecutar ataques precisos mediante un sistema que impulsa el arpón hacia adelante, permitiéndoles perforar, empujar o incluso desestabilizar al oponente. Además, su diseño está optimizado para garantizar estabilidad durante los ataques, evitando que el robot pierda su postura o vuelque a causa de la fuerza generada al emplear su arma. Esta combinación de precisión, fuerza y equilibrio les brinda una ventaja competitiva en los enfrentamientos. (Charlie Hubbard, 2018)

Figura 5

Battlebots



Nota. Adaptado de *facebook de Bale Spear*, Battlebots, Charlie Hubbard 2018

(<https://www.facebook.com/BALESPEAR>)

2.5. Materiales para la construcción del robot

La elaboración de un robot de combate requiere la integración de diversos materiales y componentes esenciales. Entre estos destacan metales específicos, distintos tipos de ruedas, y circuitos integrados que albergan elementos electrónicos fundamentales. Estos materiales son indispensables tanto para el ensamblaje físico como para el rendimiento funcional del robot.

2.6. Metales

Tabla3 *comparativa con ventajas y desventajas*

Materiales	Ventajas	Desventajas
Acero 5260	Alta resistencia y durabilidad. Excelente resistencia al desgaste. Versatilidad en aplicaciones exigentes.	Mayor peso en comparación con otros materiales. Puede corroerse si no se protege adecuadamente.
Acero 1010	Facilidad para manipulación y soldadura. Buen rendimiento en mecanizado. Costo reducido.	Resistencia y dureza inferiores comparado con aceros de alto carbono. Limitado para aplicaciones de alta demanda estructural.
Acero 4340	Buena combinación de resistencia y tenacidad. Más fuerte que el acero 1010. Adecuado para aplicaciones de impacto moderado.	Menor ductilidad en comparación con aceros de baja aleación. Puede ser más costoso que otros aceros.
Acero inoxidable	Excelente resistencia a la corrosión y oxidación. Alta durabilidad en condiciones ambientales adversas. Buena apariencia estética a largo plazo.	Difícil de mecanizar y manipular. Más costoso que otros tipos de acero.
Acero al carbono	Buena resistencia mecánica. Costo económico. Fácil de mejorar su desempeño mediante procesos como laminado y forjado.	Alta susceptibilidad a la corrosión. Menor resistencia en comparación con aceros especializados.
Aluminio	Ligero, buena conductividad térmica. Alta resistencia a la corrosión. Fácil de manipular y mecanizar.	Menor resistencia estructural comparado con varios tipos de acero. No adecuado para aplicaciones de alto impacto.
Titanio	Ligero y resistente. Alta resistencia a la corrosión. Buena relación peso-resistencia.	Costoso y difícil de mecanizar. Limitaciones frente a aceros de mayor resistencia
Aleaciones de magnesio	Ligereza y buena relación peso-resistencia. Buena capacidad de absorción de impactos. Utilizado en aplicaciones automotrices.	Susceptible a la corrosión. Puede inflamarse en ciertas condiciones.

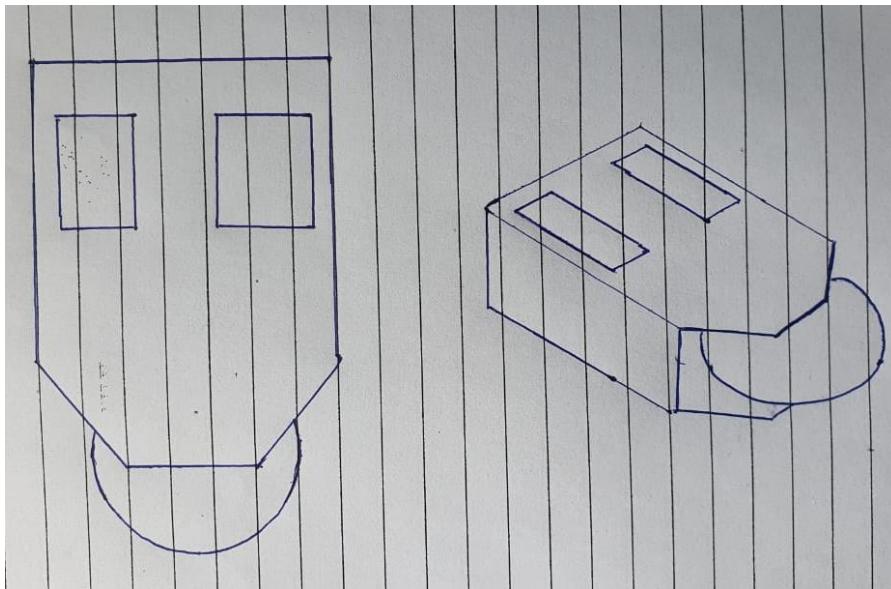
2.7. Armas de ataque

2.7.1. Disco de sierra

El disco de sierra es una de las herramientas más utilizadas en robots de combate gracias a su capacidad para liberar energía de manera eficiente durante un ataque. La energía almacenada en un disco giratorio depende de su masa, tamaño y velocidad de rotación. Al aumentar la velocidad del disco, se puede acumular una mayor cantidad de energía cinética, lo que representa una ventaja estratégica frente a otras armas. Esta capacidad permite al disco incrementar la fuerza de impacto de manera continua, haciéndolo más eficiente que sistemas tradicionales como los brazos mecánicos.

Figura 6

Disco de sierra horizontal. Fuente: Autores.



2.7.2. Sistema de rotación

Con el objetivo de fortalecer la ofensiva del robot, se incorpora un mecanismo de cuchillas giratorias en posición vertical ubicado en la parte trasera. Este sistema funciona de manera similar a una barra de inercia y está equipado con martillos alineados sobre un eje vertical. Para garantizar su estabilidad, la estructura se refuerza con cuatro placas de soporte.

El sistema cuenta con un interruptor especialmente diseñado que permite su activación a distancia mediante un radiotransmisor. Su función principal es responder de manera inmediata a cualquier intento de ataque por parte del oponente desde la zona posterior del robot. Esta estrategia no solo mejora la capacidad defensiva del robot, sino que también minimiza sus puntos débiles, ofreciendo una solución eficiente y contundente en el combate.

Figura 7

Sistema de rotación



Nota. Adaptado de *printables.com*, Kreme, 2020 (<https://www.printables.com/model/407320-stag-v6>)

2.7.3. Diseño de Rammer

El Rammer es una de las herramientas más simples y efectivas en los combates. Su diseño destaca por su simplicidad y eficiencia, ya que incorpora un número mínimo de piezas móviles y reduce al máximo los posibles puntos de falla. Su estructura robusta y bien planificada permite que el propio chasis del robot funcione como su principal arma, aprovechando su resistencia y estabilidad para impactar a los oponentes de manera directa. (Michael Brouillard, 2011)

Figura 8

Diseño de Rammer



Nota. Kill dozer was a super Heavyweight robot that competed in RoboGames, Ray Billings, 2024 (https://robogames.fandom.com/wiki/Kill_dozer)

2.8. Batería LiPo

Las baterías de polímero de litio (LiPo) son dispositivos recargables que almacenan energía mediante iones de litio en un electrolito de tipo polimérico. Se destacan por su bajo peso y su elevada densidad energética, lo que las convierte en una opción ideal para aplicaciones que requieren una alta eficiencia en un formato compacto. No obstante, su uso exige ciertas precauciones, ya que son sensibles a cambios bruscos de temperatura y variaciones de voltaje, lo que puede afectar su rendimiento y seguridad.

Figura 9

Batería Lipo



2.8.1. Nomenclatura de la batería Lipo:

La identificación de las baterías de polímero de litio es un aspecto clave para su correcta selección, funcionamiento y mantenimiento en distintos usos. Esta nomenclatura ofrece información esencial sobre las características de la batería, incluyendo su tipo, voltaje, disposición de celdas, capacidad y tasa de descarga, lo que permite garantizar tanto su seguridad como su eficiencia operativa.

Se detallan a continuación los principales parámetros de identificación de este tipo de batería:

2.9. Voltaje nominal

Esta batería opera con un voltaje nominal de 7.4V, resultado de la conexión en serie de dos celdas, cada una con un voltaje aproximado de 3.7V.

Capacidad: Posee una capacidad de almacenamiento de 2600 mAh (miliamperios-hora).

Tasa de descarga máxima: El valor “25” indica la tasa de descarga de la batería, determinando la velocidad a la que puede suministrar energía.

2.9.1. Motor sin escobillas

El motor sin escobillas es un tipo de motor eléctrico que se caracteriza por operar sin la utilización de escobillas en su mecanismo. En su lugar, integra un sistema de control basado en componentes electrónicos para gestionar su funcionamiento y regular su movimiento de manera precisa.

Gracias a este diseño, estos motores ofrecen una mayor eficiencia energética, una vida útil más prolongada y requieren un mantenimiento considerablemente menor en comparación con los motores convencionales con escobillas. Debido a sus ventajas, son ampliamente empleados en múltiples aplicaciones, que van desde pequeños dispositivos electrónicos hasta sistemas industriales y vehículos eléctricos.

Figura 10

Motor brushless

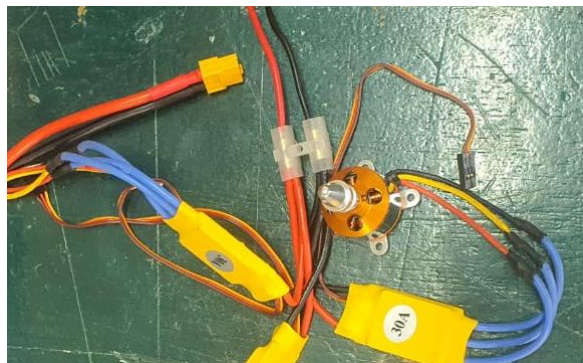


2.9.2. Controlador Electrónico de velocidad

Es un componente encargado de regular la velocidad de un motor eléctrico. Funciona como un convertidor de potencia estático, también denominado inversor u ondulator trifásico, ya que transforma la corriente continua suministrada por la batería en corriente alterna, permitiendo el control eficiente del motor muchos controladores incluyen un circuito denominado BEC (Battery Eliminator Circuit), cuya función principal es reducir y estabilizar el voltaje de salida. Por lo general, convierte el voltaje nominal de la batería del dron (que suele ser de 11.1V) a un nivel fijo de 5V. Este voltaje regulado es utilizado para alimentar diversos componentes del sistema, como la placa controladora, sensores externos y el receptor de radio, entre otros. (auto solar, 2024)

Figura 11

Controlador Electrónico de velocidad



2.9.3. Receptor

El receptor juega un rol crucial dentro de un sistema de control remoto por radio. Su función principal es trabajar en conjunto con el controlador para transformar las señales de radio en comandos eléctricos, los cuales regulan el movimiento de los motores y otros mecanismos del robot. Este dispositivo permite que las instrucciones enviadas desde el controlador lleguen de manera efectiva al robot y sean ejecutadas con precisión. Su correcto funcionamiento es clave para garantizar un control remoto fiable y eficiente, especialmente en aplicaciones como la operación de robots de combate.

2.9.4. Protección de componentes

Garantizar una protección adecuada para elementos clave del robot, como baterías, tanques de alta presión y depósitos de combustible, es una prioridad. Asimismo, las líneas de combustible deben estar resguardadas para evitar daños accidentales. Si se puede introducir un destornillador largo a través de la cubierta externa del robot y alcanzar estos componentes críticos, significa que la protección existente no es suficiente y requiere mejoras para cumplir con los estándares de seguridad.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Esta sección expone la metodología que se seguirá en el desarrollo del proyecto. Dado que su ejecución se organiza en diferentes etapas, cada una resulta crucial para asegurar el éxito en la construcción del robot.

El primer paso consiste en la elaboración del diseño mecánico y la selección de los componentes esenciales, garantizando así su resistencia y durabilidad. Luego, se procede con el diseño del

sistema electrónico, donde se incorporarán mecanismos de control que optimicen la movilidad y respuesta del robot. Finalmente, se realizarán pruebas de funcionamiento, ajustando los parámetros mecánicos y electrónicos para perfeccionar su rendimiento en un entorno competitivo.

3.1. El método científico

3.1.1. Alcance y Resultados Esperados

Este proyecto está enfocado en la creación de un robot de combate en la categoría de 12 libras, que cumpla con los estándares técnicos y de seguridad requeridos en las competencias de robótica. Dentro de este marco, se incluirá la selección cuidadosa de componentes clave, como motores sin escobillas, controladores de velocidad (ESC) y baterías LiPo, con el objetivo de garantizar un rendimiento eficiente y confiable.

El desarrollo abarca desde el diseño asistido por computadora (CAD) hasta la construcción y validación mediante pruebas funcionales y simulaciones. También se priorizará la implementación de una estructura ligera pero resistente, fabricada con materiales que aseguren durabilidad frente a impactos. Asimismo, se integrarán dispositivos de seguridad, tales como interruptores de desconexión rápida y sistemas de supervisión de baterías, para garantizar un manejo seguro durante su operación.

El proyecto se limitará a la elaboración de un prototipo funcional que pueda competir en eventos estudiantiles de robótica, dejando fuera aspectos relacionados con la producción en serie o la comercialización. Los resultados obtenidos pretenden sentar las bases para futuros trabajos académicos y mejoras en la robótica aplicada a combates.

3.2. Métodos teóricos de investigación

3.2.1. Arma completa

El diseño del robot de combate incluirá un disco de sierra como su principal mecanismo ofensivo. Este implemento girará en un plano horizontal, permitiendo cortes efectivos contra sus adversarios. Se trata de un sistema característico de los robots de batalla del tipo "rooter". La activación de la sierra se logrará a través de un sistema de transmisión por correas, optimizado para alcanzar velocidades elevadas en revoluciones por minuto, con el objetivo de generar daños considerables en la estructura del oponente.

3.2.2. Diseño Mecánico

El chasis del robot de combate estará diseñado con una estructura híbrida, en la que uno de los materiales principales será el acero al carbono fundido. Esta elección responde a su notable resistencia, lo que lo convierte en una opción ideal para absorber y disipar los impactos generados durante los enfrentamientos. Las secciones clave de la estructura estarán fabricadas con este material, garantizando durabilidad y protección a los componentes internos del robot. (Maploca, 2022)

Figura 12

Diseño mecánico



Nota. Adaptado de *lámina de acero inoxidable*, Seter, 2020 (<https://seter.com.mx/lamina-de-acero-inoxidable-304/>)

Otro material a emplear en la estructura del robot será el hierro, seleccionado por su alta resistencia mecánica y durabilidad. Su incorporación permitirá prolongar la vida útil de las piezas, minimizando la necesidad de reemplazos constantes. En particular, los refuerzos del chasis principal estarán fabricados con este material, aportando mayor estabilidad y soporte a la estructura general. La combinación de estos materiales garantizará un equilibrio óptimo entre resistencia, longevidad y solidez, asegurando la integridad estructural del robot durante los combates. (Maploca, 2022)

3.2.3. Tapas superior e inferior del robot

La parte superior e inferior del chasis será construida con acero al carbono fundido, un material seleccionado por su alta resistencia a impactos severos y su capacidad para proteger eficazmente los componentes electrónicos del robot.

La cubierta inferior actuará como base estructural, soportando el peso de todos los componentes y contribuyendo a la estabilidad del desplazamiento. Por su parte, la cubierta superior garantizará una protección adicional frente a posibles daños externos. Ambas secciones trabajarán en conjunto para reforzar la seguridad y durabilidad del robot. En la sección de "Anexos" se presentan con mayor detalle las dimensiones y especificaciones del diseño.

Figura 14

Tapa superior

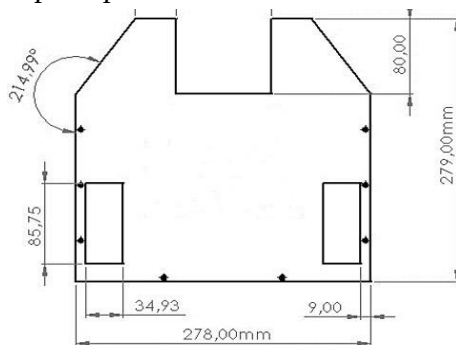
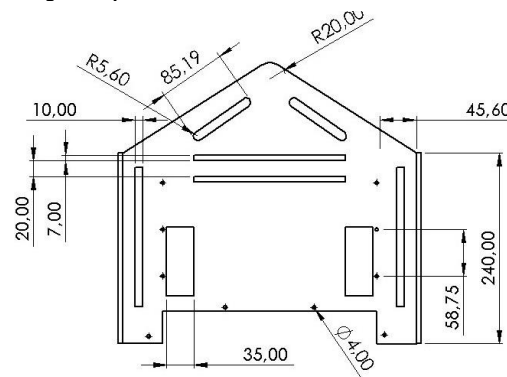


Figura 13

Tapa inferior

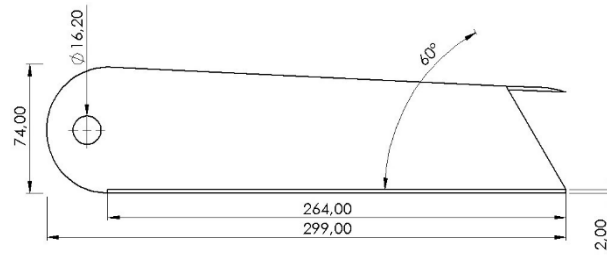


3.2.4. Cubiertas laterales internas

Las cubiertas laterales internas estarán fabricadas en hierro, proporcionando un refuerzo estructural adicional al chasis. La elección de este material se debe a su capacidad para distribuir la fuerza de impacto de manera uniforme, reduciendo el desgaste y prolongando la vida útil de las piezas. Su implementación fortalecerá la estructura general, mejorando su resistencia ante golpes y colisiones. En la sección de "Anexos" se pueden observar las dimensiones detalladas del diseño.

Figura 15

Cubierta lateral

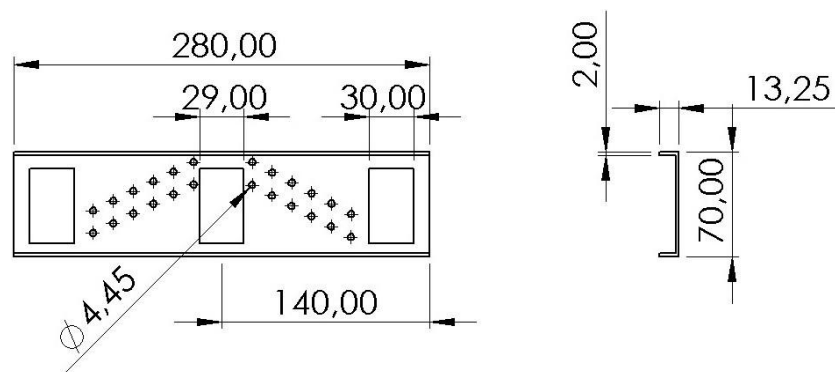


3.2.5. Cubierta posterior

Esta pieza, fabricada en hierro, servirá para unir de manera firme los paneles laterales izquierdo y derecho del robot. Su diseño incluirá aberturas estratégicamente ubicadas para permitir el paso ordenado de cables, facilitando así una adecuada organización interna del sistema eléctrico.

Figura 16

Cubierta posterior



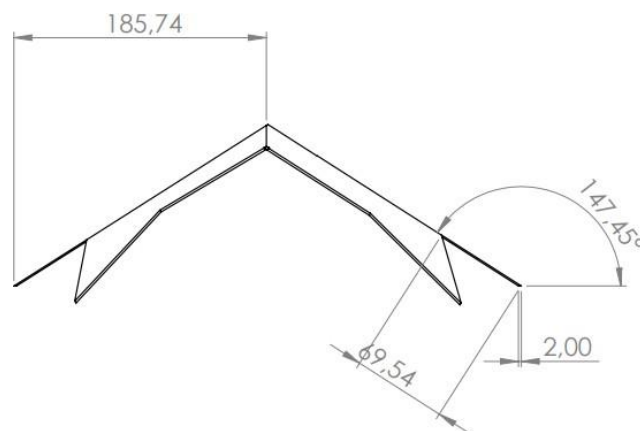
Además, la estructura de la cubierta posterior permitirá la operatividad eficiente del sistema de transmisión por correa, asegurando su correcto funcionamiento sin obstrucciones. También contará con orificios diseñados para disipar el calor generado por los componentes internos, evitando sobrecalentamientos y optimizando el rendimiento del robot durante su funcionamiento.

3.2.6. Cubierta Frontal

La cubierta frontal será una pieza fundamental en la estructura del robot, diseñada con el propósito de reforzar el chasis y proporcionar una mayor resistencia ante impactos directos durante el combate. Su implementación no solo contribuirá a mejorar la rigidez estructural, sino que también añadirá una capa de protección adicional a las áreas más vulnerables, reduciendo el riesgo de daños en los componentes internos esenciales.

Figura 17

Cubierta Frontal

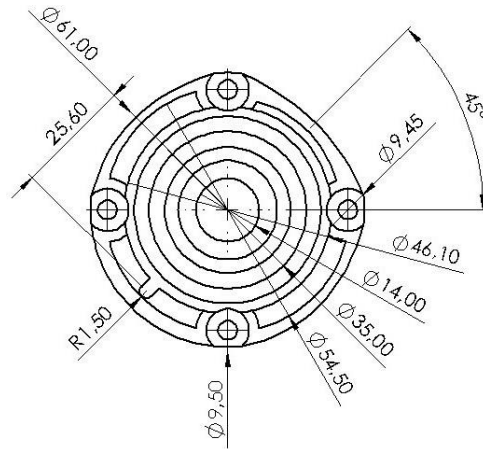


3.2.7. Rodamiento con Soporte de Brida

El rodamiento con soporte de brida desempeñará un papel fundamental en el sistema mecánico del robot, ya que permitirá una rotación fluida y controlada del eje. Su diseño incluye un mecanismo de fijación mediante bridas de sujeción, lo que garantizará una estabilidad óptima y evitará desplazamientos no deseados. Este tipo de rodamiento es ideal para absorber cargas radiales y mantener un desempeño eficiente, prolongando así la vida útil del sistema de transmisión.

Figura 18

Rodamiento con Soporte de Brida

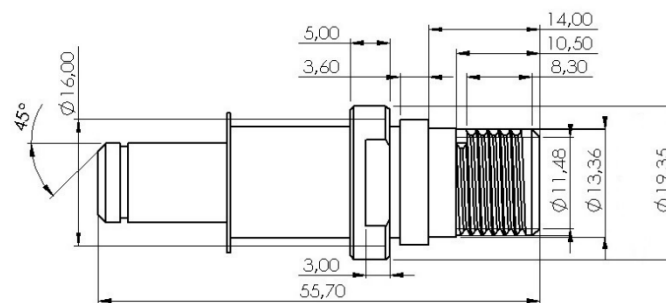


3.2.8. Eje para soporte de brida

El diseño de este componente está orientado a permitir el paso a través del rodamiento con soporte, asegurando una rotación estable y eficiente de la sierra circular. Gracias a su estructura optimizada, facilitará un movimiento libre y sin fricciones innecesarias, garantizando así un desempeño óptimo en el sistema de corte. Además, contará con las bridas de sujeción adecuadas para mantener la alineación y estabilidad del mecanismo, evitando desajustes durante su funcionamiento.

Figura 19

Eje para soporte de brida



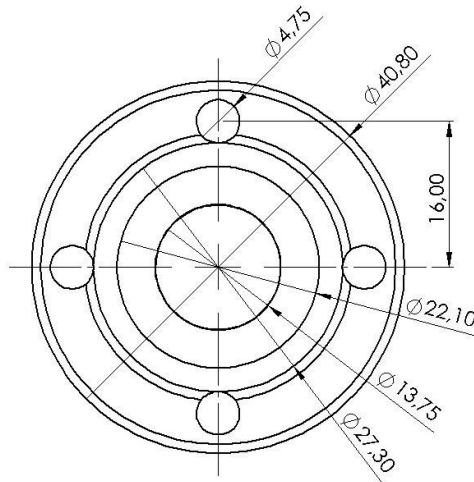
3.2.9. Brida de Sujeción

Este componente está conformado por dos piezas: una superior y otra inferior. La parte superior desempeñará el papel de un mecanismo de fijación, asegurando que el disco de la sierra permanezca sujeto de manera estable al eje del soporte de rodamiento. Su diseño permitirá que el

disco se mantenga firmemente en su posición, garantizando un giro preciso y seguro durante su operación. Además, estará asegurado mediante tornillos estratégicamente colocados, evitando cualquier tipo de desplazamiento o desajuste que pueda afectar el rendimiento del sistema.

Figura 20

Eje para soporte de brida

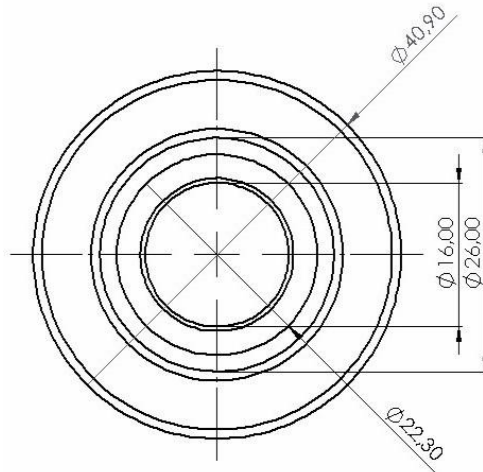


3.2.10. Brida de sujeción inferior

La brida inferior desempeñará un papel fundamental como base de soporte, proporcionando estabilidad al disco y asegurando su correcta fijación contra el soporte de rodamiento. La interacción entre ambas piezas garantizará que el disco permanezca en una posición centrada, evitando desalineaciones que puedan comprometer su funcionamiento.

Figura 21

Brida de sujeción inferior

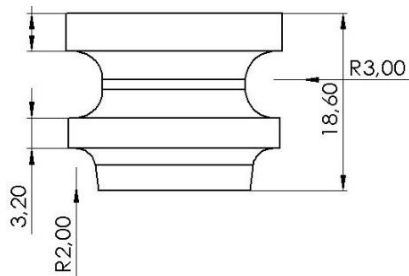


3.2.11. Poleas para bandas

Las poleas cumplen la función de transferir la energía generada por el motor hacia el soporte de rodamiento mediante una correa de transmisión, lo que permite un sistema eficiente y preciso en la transferencia de movimiento. Para su fabricación, se ha seleccionado el poliuretano, un material que proporciona durabilidad y resistencia. En el diseño del sistema de transmisión.

Figura 23

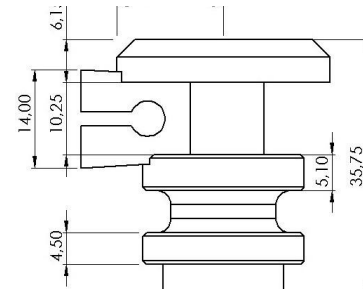
Poleas para bandas



vista frontal de la polea tipo v

Figura 22

Polea escalonada



vista frontal de la polea escalonada

3.2.12. Cálculos de transmisión por banda:

Cálculo de la velocidad de salida

- Relación de transmisión (i)
- Diámetro de la polea motriz: $D_1 = 15\text{mm}$
- Diámetro de la polea conducida: $D_2 = 13,36\text{mm}$

$$(I) = \frac{D_1}{D_2}$$

$$I = \frac{15\text{mm}}{13,36} \approx 1,123$$

La relación de transmisión es aproximadamente $i \approx 1,123$. Es decir que la velocidad angular de la polea conducida es aproximadamente del 112,3 % de la velocidad angular de la polea motriz.

velocidad angular de salida (w_2) = $\frac{w_1}{i}$

- w_1 es la velocidad angular de entrada: 16,650 RPM
- I es la relación de transmisión: $i \approx 1,123$

$$w_2 = 16,650 \times 1,123 \approx 18,697 \text{ RPM}$$

La velocidad angular de salida es aproximadamente $w_2 \approx 18,697 \text{ RPM}$

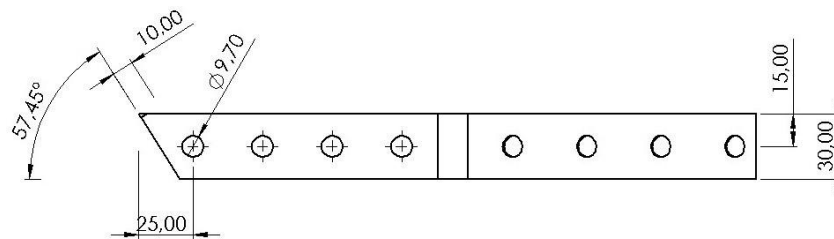
3.2.13. Barras laterales de protección

El diseño estructural de este refuerzo se aplicará en ambos costados del robot, tanto en el lateral derecho como en el izquierdo, con la finalidad de minimizar el impacto directo que puedan recibir los componentes electrónicos durante una confrontación. Su función principal será actuar como una barrera de contención que absorba y disipe la energía de los golpes, reduciendo así el riesgo de daños internos.

Para garantizar una mayor estabilidad y resistencia estructural, estas barras serán fijadas mediante un proceso de soldadura, lo que asegurará su firmeza e integración con las cubiertas internas. Este método de ensamblaje permitirá que la estructura del robot mantenga su integridad frente a impactos de alta intensidad, prolongando así su durabilidad y rendimiento en el campo de combate.

Figura 24

Barras laterales de protección

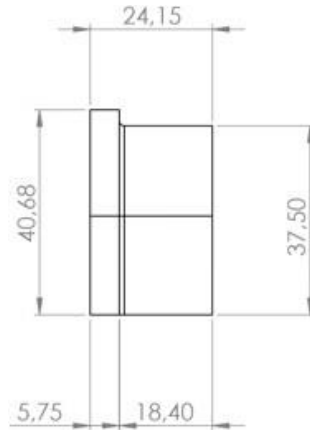


3.2.14. Montura de motor para la tracción

El soporte diseñado para la montura del motor cumplirá un papel fundamental en el sistema de tracción del robot. Su principal función será garantizar una correcta alineación de las ruedas, optimizando así la distribución de la fuerza motriz. Además, este soporte desempeñará un rol clave en la absorción de impactos o vibraciones generadas durante el combate, lo que ayudará a reducir el desgaste prematuro de los componentes mecánicos y electrónicos. Para maximizar su capacidad de amortiguación y resistencia, la montura será fabricada en caucho, un material conocido por su flexibilidad y capacidad de disipar energía ante impactos bruscos.

Figura 25

Montura de motor para la tracción

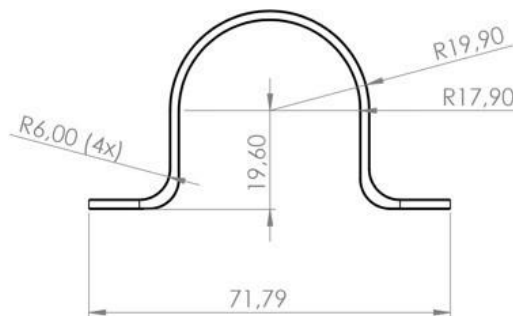


3.2.15. Seguro para montura de la tracción

Como complemento a la montura del motor, se implementarán abrazaderas de sujeción con la finalidad de garantizar que el ensamblaje permanezca estable en todo momento, incluso ante maniobras abruptas o impactos inesperados. Estas abrazaderas han sido seleccionadas debido a su capacidad de proporcionar una fijación firme sin incrementar significativamente el peso total del robot, lo que es crucial para mantener un buen desempeño en el combate. Para reforzar la estabilidad del montaje, las abrazaderas serán aseguradas mediante pernos estratégicamente distribuidos, lo que contribuirá a incrementar la rigidez estructural del sistema y evitar posibles desplazamientos del motor.

Figura 26

Seguro para montura de la tracción



3.3.Diseño electrónico del robot

3.3.1. Componentes electrónicos del robot

En el ámbito de los combates de robots, el uso de un sistema de radio control eficiente es un factor clave para garantizar que el operador pueda dirigir el robot con precisión y rapidez. La capacidad de respuesta inmediata y la fiabilidad en la comunicación son esenciales para ejecutar maniobras estratégicas y activar los sistemas de ataque en el momento oportuno. Para este proyecto, se ha seleccionado el radio control *FLYSKY FS-I6*, un modelo ampliamente reconocido en el campo de la robótica de competencia y en el aeromodelismo, debido a su excelente desempeño y a las avanzadas funciones que ofrece.

3.3.2. Transmisor FS-iA6

Este dispositivo permite la ejecución de movimientos complejos de forma inalámbrica, lo que proporciona una ventaja táctica en el combate al posibilitar una mayor versatilidad y rapidez de reacción. Entre sus características más destacadas se encuentran:

Sistema de 6 canales, lo que permite controlar simultáneamente diversas funciones, como la movilidad del robot y la activación de sus armas.

Pantalla LCD retroiluminada, que facilita la configuración de los parámetros y la supervisión en tiempo real del estado del sistema.

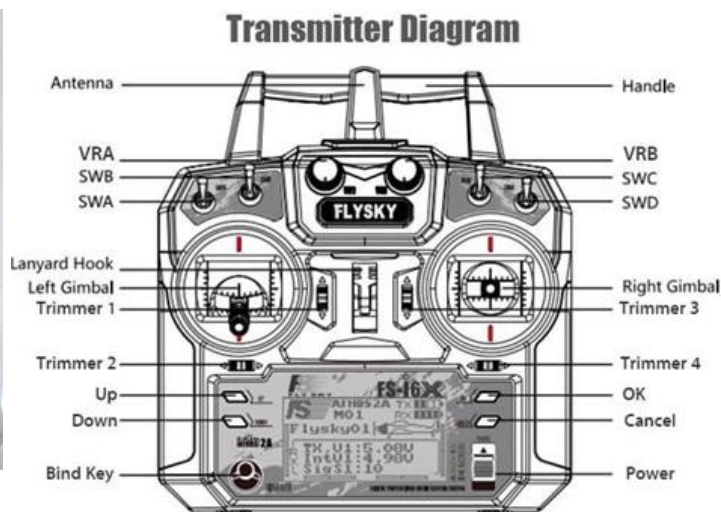
Frecuencia de operación de 2.4 GHz, lo que garantiza una comunicación estable y minimiza las interferencias con otros dispositivos en el área de competencia.

Alcance de transmisión de aproximadamente 500 a 800 metros, dependiendo de las condiciones del entorno, lo que otorga al operador una amplia libertad de movimiento para el control del robot.

Compatibilidad con múltiples receptores Flysch, lo que permite su integración con distintos sistemas de control y facilita futuras actualizaciones o modificaciones en el robot.

Figura 27

transmisor FS-iA6



3.3.3. Receptor FS-IA6

El receptor FS-IA6 desempeña un papel fundamental en la comunicación inalámbrica del sistema de control del robot de batalla, ya que es el encargado de recibir las señales enviadas por el transmisor FlySky FS-i6 y convertirlas en comandos específicos para los distintos sistemas del robot. Este dispositivo se caracteriza por ofrecer una conexión estable y altamente confiable, asegurando una respuesta precisa y sin retardos perceptibles, lo que resulta esencial en un entorno de combate donde la rapidez en la ejecución de órdenes es determinante.

Una de sus principales ventajas es el uso de la tecnología de frecuencia de 2.4 GHz, la cual no solo proporciona una amplia cobertura de señal, sino que también reduce significativamente las interferencias provenientes de otros dispositivos electrónicos operando en el mismo espectro. Gracias a esta tecnología, se garantiza una comunicación efectiva incluso en entornos donde múltiples sistemas de radio control están en funcionamiento simultáneamente.

Entre sus características técnicas más relevantes se pueden destacar las siguientes:

Compatibilidad con una variedad de transmisores FlySky, entre ellos los modelos FS-i6, FS-T6 y FS-i10, lo que le permite adaptarse a distintos sistemas de control sin necesidad de modificaciones adicionales.

Diseño compacto y peso reducido, lo que lo hace ideal para aplicaciones donde el espacio disponible es limitado y la optimización del peso es un factor clave, como en robots de combate donde cada gramo puede influir en el rendimiento general.

Rango de voltaje de operación de 4.0V a 6.5V, lo que le permite ser alimentado por diversas fuentes de energía sin comprometer su estabilidad ni su desempeño.

Gracias a estas especificaciones, el receptor FS-IA6 se convierte en una opción óptima para garantizar una comunicación eficaz y sin interrupciones en la operatividad del robot, permitiendo un control remoto preciso y seguro en todo momento.

Figura 28

Receptor FS-IA6



3.3.4. Motor Brushless:

El motor brushless, también conocido como motor sin escobillas o BLDC (Brushless DC Motor), es un tipo de motor eléctrico que opera sin las escobillas de carbono presentes en los motores tradicionales de corriente continua. Esta tecnología ha revolucionado diversas aplicaciones debido a su diseño optimizado, el cual permite reducir significativamente la fricción y el desgaste mecánico, mejorando así la eficiencia y prolongando su vida útil.

Una de las principales ventajas de los motores BLDC radica en su alta eficiencia energética sin escobillas logran un mejor rendimiento, proporcionando una mayor potencia con un menor consumo energético.

Para la tracción del robot, se utilizó un motor sin escobillas, FingerTech con caja de 1500KV.

A continuación, se describe sus principales características

Tabla 4

Motor FingerTech

ESPECIFICACIONES	FINGERTECH SIN ESCOBILLAS
Kilovoltio (Kv)	1500Kv
Potencia (W)	50 vatios
Voltaje Max (V)	11.1V
Corriente Max (A)	10 A
Peso (g)	71,5 g

Figura 29

Motor FingerTech



3.3.5. Mini Switch de encendido:

En el contexto de las competencias de robots de combate, donde la seguridad de los operadores y el correcto funcionamiento del equipo son aspectos fundamentales, resulta esencial disponer de un

sistema de encendido y apagado que permita una respuesta rápida y eficiente ante posibles fallos. Un mal funcionamiento del sistema eléctrico podría generar daños considerables en los componentes del robot, así como representar un riesgo para los operadores y espectadores.

Para garantizar un control adecuado del suministro eléctrico, en este diseño se empleará el Mini Power Switch de FingerTech, el cual cumple con los estándares de seguridad y normativas establecidas en la competencia. Este dispositivo facilita el encendido y apagado del robot de manera sencilla y eficiente, asegurando un manejo seguro del sistema.

Características del Mini Power Switch de FingerTech

Material: Nailon de alta temperatura con terminales de cobre y tornillos de aluminio.

Dimensiones: 12,7 mm x 12,7 mm x 6,35 mm.

Terminales de cobre: 3,5 mm x 1 mm.

Peso: 2,15 gramos (0,076 oz).

Corriente nominal: 40^a

Figura 30

Mini Switch de encendido



Nota. Adaptado de Novatronic mini Interruptor FingerTech, 2024

(<https://novatronicec.com/index.php/product/mini-interruptor-fingertech/>)

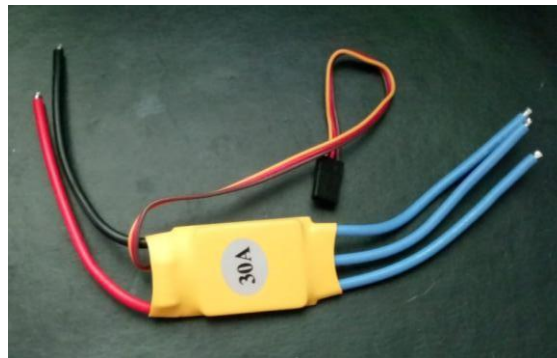
3.3.6. Controladora de velocidad:

El controlador de velocidad seleccionado para este diseño cuenta con un sistema BEC (Battery Eliminator Circuit) incorporado. Este componente actúa como un circuito regulador de voltaje, cuya función principal es convertir la energía suministrada por la batería principal del robot en un voltaje más bajo y estable, generalmente de 5V. Gracias a esta conversión, se elimina la necesidad de una batería adicional para alimentar los circuitos electrónicos secundarios, como el receptor del radio control y otros módulos auxiliares.

La integración del BEC dentro del sistema eléctrico del robot no solo optimiza el consumo de energía, sino que también reduce la cantidad de cables y disminuye el peso total, lo que es crucial en una competencia de robots de combate. Además, al garantizar un suministro de energía constante, se evitan fluctuaciones de voltaje que podrían afectar el rendimiento de los componentes electrónicos.

Figura 31

Controladora de velocidad



3.3.7. Batería de LiPo 2200mAh

Batería LiPo 3S 11.1V 2200mAh 35-70C TURNIGY Nano-Tech

Para garantizar un suministro de energía confiable y eficiente, se ha seleccionado la batería Turnigy Nano-Tech 3S 11.1V 2200mAh 35-70C. Esta batería no solo proporciona una alta

capacidad de descarga, sino que también cuenta con tecnología de nano núcleos, lo que la hace superior a las baterías de polímero de litio convencionales.

El diseño avanzado de esta batería incorpora un sustrato de nanotecnología LiCo, lo que permite que los electrones fluyan de manera más eficiente desde el ánodo hasta el cátodo, reduciendo la impedancia interna. Esto se traduce en una menor caída de voltaje bajo carga, una entrega de energía más estable y una velocidad de descarga superior, aspectos fundamentales en aplicaciones de alta exigencia como los robots de combate.

3.3.8. Características principales de la batería

Capacidad: 2200mAh, proporcionando una autonomía prolongada en el robot.

Voltaje: 3S1P / 11.1V, lo que garantiza un suministro de energía adecuado para motores y controladores.

Tasa de descarga: 35C constante / 70C en ráfaga, permitiendo una entrega de energía rápida y estable en momentos críticos.

Peso: 199g, incluyendo cables, conectores y carcasa, manteniendo un equilibrio entre potencia y peso.

Dimensiones: 115x35x27mm, facilitando su integración en el diseño del robot.

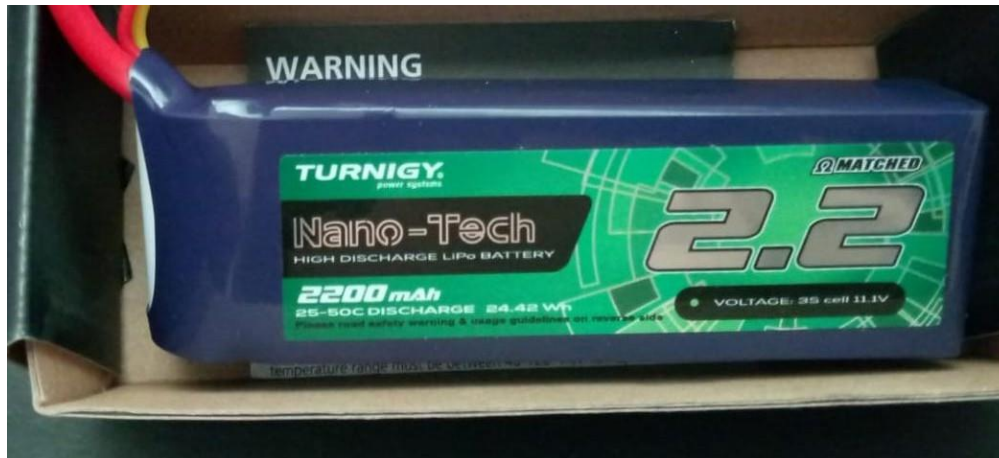
Enchufe de balanceo: JST-XH, asegurando una carga equilibrada en todas las celdas.

Enchufe de descarga: XT60, garantizando una conexión segura y eficiente con el sistema eléctrico del robot.

La aplicación de nanotecnología en esta batería ofrece ventajas clave como una mayor estabilidad de voltaje bajo carga, curvas de descarga más rectas y un rendimiento optimizado para condiciones de alta demanda. Esto se traduce en una mayor potencia disponible para el sistema de propulsión y armamento del robot, lo que puede marcar la diferencia en un combate.

Figura 32

Batería de LiPo



3.4. Diagrama de flujo del sistema

El siguiente diagrama de flujo representa el proceso de control y distribución de energía dentro del sistema del robot de batalla. Este esquema facilita la comprensión de la interacción entre los distintos componentes y su funcionamiento coordinado.

3.4.1. La secuencia operativa del sistema se detalla a continuación

Transmisión de señal desde el control remoto el operador, mediante el control remoto, emite una señal de radiofrecuencia, la cual es captada por el receptor del robot. Esta señal contiene la información necesaria para dirigir los movimientos y activar los mecanismos del robot.

3.4.2. Recepción y procesamiento de la señal:

Una vez que el receptor recibe la señal enviada por el control remoto, se encarga de gestionarla y generar señales PWM (modulación por ancho de pulso) para regular la

velocidad de los motores principales, además de permitir su activación o desactivación según corresponda.

3.4.3. Funcionamiento de la controladora ESC y su integración con el BEC:

La unidad ESC (Electronic Speed Controller) tiene incorporado un circuito BEC (Battery Eliminator Circuit), el cual se encarga de suministrar un voltaje regulado de 5V al receptor. Gracias a esto, el receptor no necesita una fuente de alimentación adicional, ya que recibe la energía directamente del ESC.

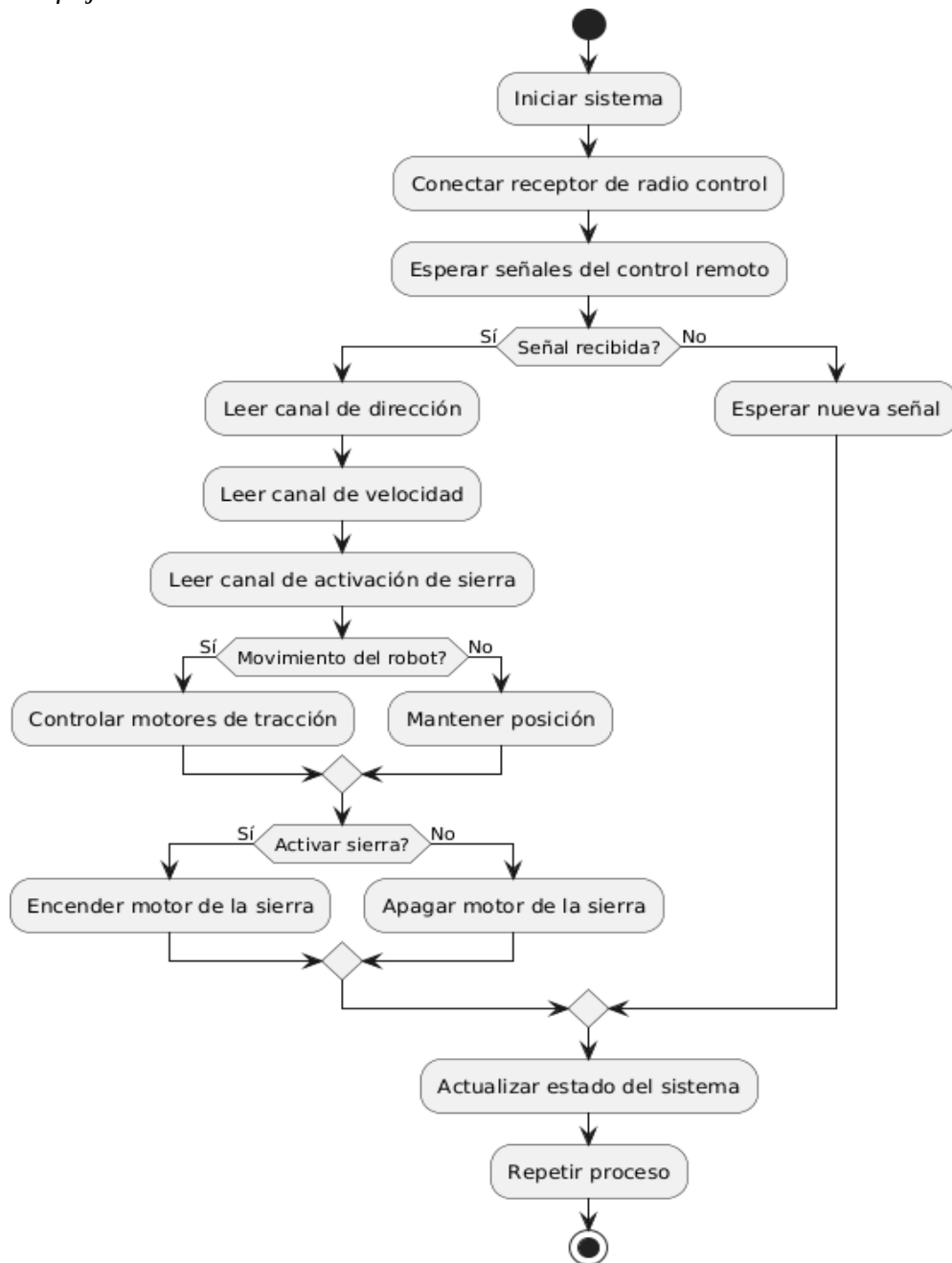
3.4.4. Alimentación y activación de motores:

La batería principal del sistema proporciona la energía necesaria para el funcionamiento de las ESC, las cuales, a su vez, distribuyen la energía a los motores de tracción y a los motores encargados de accionar las armas del robot. La activación de estos motores dependerá de las órdenes procesadas por el receptor en respuesta a los comandos enviados por el operador a través del control remoto.

El siguiente diagrama de flujo representa el proceso de control y distribución de energía dentro del sistema del robot de batalla. Este esquema facilita la comprensión de la interacción entre los distintos componentes y su funcionamiento coordinado.

Figura 33

Diagrama de flujo del sistema



3.5. La Secuencia Operativa del Sistema

3.5.1. Transmisión de señal desde el control remoto

El operador, mediante el control remoto, emite una señal de radiofrecuencia, la cual es captada por el receptor del robot. Esta señal contiene la información necesaria para dirigir los movimientos y activar los mecanismos del robot.

3.5.2. Recepción y procesamiento de la señal

Una vez que el receptor recibe la señal enviada por el control remoto, se encarga de gestionarla y generar señales PWM (modulación por ancho de pulso) para regular la velocidad de los motores principales, además de permitir su activación o desactivación según corresponda.

3.5.3. Funcionamiento de la controladora ESC y su integración con el BEC

La unidad ESC (Electronic Speed Controller) tiene incorporado un circuito BEC (Battery Eliminator Circuit), el cual se encarga de suministrar un voltaje regulado de 5V al receptor. Gracias a esto, el receptor no necesita una fuente de alimentación adicional, ya que recibe la energía directamente del ESC.

3.5.4. Alimentación y activación de motores

La batería principal del sistema proporciona la energía necesaria para el funcionamiento de las ESC, las cuales, a su vez, distribuyen la energía a los motores de tracción y a los motores encargados de accionar las armas del robot. La activación de estos motores dependerá de las órdenes procesadas por el receptor en respuesta a los comandos enviados por el operador a través del control remoto.

Este diagrama de flujo resulta fundamental para visualizar cómo se transmiten y distribuyen tanto las señales de control como la energía dentro del robot de batalla. Además, permite identificar los elementos críticos del sistema que requieren alimentación eléctrica y señal de control para operar correctamente.

3.6. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

En el desarrollo del robot de batalla de 12 libras, la recolección de datos se llevó a cabo mediante técnicas experimentales y de observación directa, con el propósito de evaluar el rendimiento del sistema en condiciones reales de funcionamiento.

Técnica experimental se realizaron pruebas controladas para medir el desempeño del robot en distintos escenarios de combate. Se evaluaron aspectos como la velocidad de desplazamiento, la estabilidad en movimiento, la eficiencia del sistema de tracción y la efectividad de la sierra circular como arma principal.

Técnica de observación directa durante las pruebas operativas, se documentó el comportamiento del robot en términos de respuesta a los controles, consumo energético y resistencia estructural tras impactos.

3.7. Instrumentos de recolección de datos empleados fueron:

Cronómetro digital: Para medir los tiempos de respuesta y velocidad del robot en distintos desplazamientos.

Multímetro para verificar los niveles de voltaje y corriente en los sistemas electrónicos y garantizar un funcionamiento adecuado.

Cámara de alta velocidad para analizar la reacción del robot en combate y detectar posibles fallos en la mecánica o en el control.

Hojas de registro: Para documentar de manera sistemática los resultados obtenidos en cada prueba, facilitando el análisis comparativo de mejoras y ajustes en el diseño.

El uso de estas técnicas e instrumentos permitió recopilar información precisa y confiable sobre el rendimiento del robot, posibilitando ajustes en su diseño y optimización para futuras competiciones.

3.8. Análisis de Presupuesto

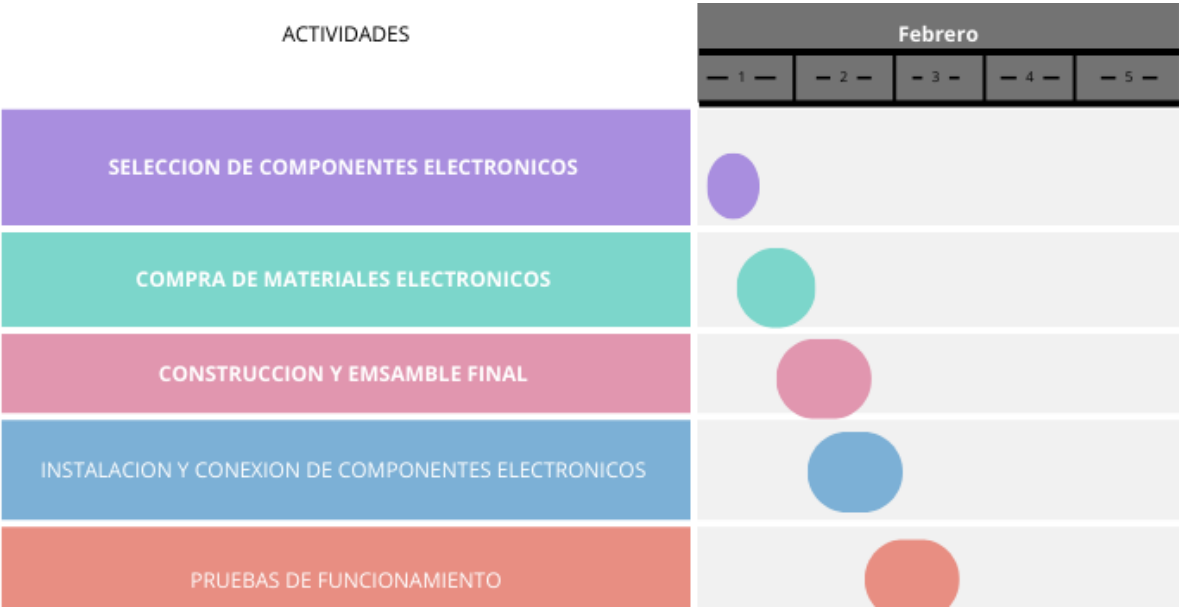
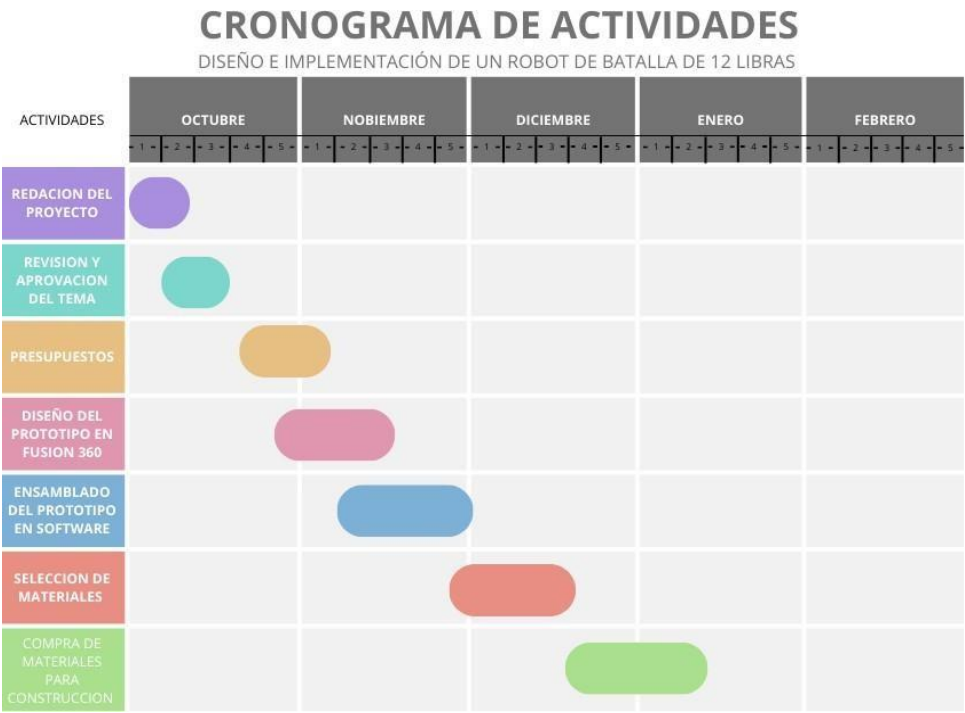
Tabla 5

De presupuestos

PRESUPUESTOS DE DATOS			
COMPONENTES ELECTRONICOS	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO FINAL
Bateria CHL 3S 1500MaH 100c	2	35\$	70.00\$
Radio control Flysky FS-I6 6 Canales 2,4ghz	1	140\$	140\$
Motor brushless A2212 2450Kv	3	15\$	45.00\$
Motor FingerTech	2	90.00\$	180\$
Rueda loca bola de acero-metal PQ-CY15	1	3.00\$	3.00\$
Controladora de velocidad ESC 30a	3	9.69\$	29.07
ESC Bidireccional Figertech	2	30.0\$	60.0\$
Conector XT60	1	2.17\$	2.17\$
Switch Fingertech	2	13\$	26\$
5 metros de cable AWG 18	1	2.50\$	2.50\$
Tira de bornera de 20A – 12 Pines	1	1.80\$	1.80\$
Componentes mecánicos			
Cubierta superior	1	40\$	40\$
Cubierta inferior	1	40\$	40\$
Cubierta lateral interna	2	15.00\$	30. 00\$
Cubierta frontal	1	15.00\$	15.00\$
Cubierta trasera	1	15.00\$	15.00\$
Perno Allen cilíndrica #5	3	3.00\$	9.00\$
Aletas	3	3.00 \$	9.00\$
Tornillos	1	6.00\$	6.00\$
Alerón	1	7.00\$	7.00\$
Disco de sierra circular	1	10.00\$	10.00\$
Suelda del chasis	1	50.00\$	50.00\$
Set de accesorios para la sierra	6	9.00\$	54.00\$
Seguros de montura	2	2.50	5.00\$
Pintura en espray	4	3.25\$	13.00\$
Presupuesto final			860.74\$

3.9. Cronograma de Actividades

Tabla 6
Cronograma de actividades



CAPÍTULO IV

DESARROLLO DEL PROYECTO TÉCNICO

Las pruebas y resultados del proyecto de tesis titulado “Diseño e Implementación de un Robot de Batalla de 12 Libras, Empleando Motores sin escobillas”. A continuación, se expone cada uno de los aspectos técnicos desarrollados en el proyecto.

4.1. Diseño de la propuesta

4.1.1. Factibilidad Institucional

El presente proyecto de investigación tiene factibilidad institucional, ya que fue desarrollado como parte del diseño e implementación de un robot de batalla de 12 libras, utilizando motores sin escobillas, con el respaldo y supervisión de la institución académica correspondiente. Este trabajo cuenta con el apoyo de los docentes y el acceso a los recursos necesarios para su ejecución.

4.1.2. Factibilidad Técnica

La realización de este proyecto presenta factibilidad técnica, dado que los componentes y dispositivos electrónicos necesarios para el desarrollo del robot de batalla de 12 libras, como motores sin escobillas, controladores, sistemas de protección y estructuras mecánicas, son accesibles en el mercado nacional. Además, la disponibilidad de herramientas y software de diseño permite la construcción y programación eficiente del prototipo.

4.2. Implementación

La implementación de este proyecto comprende el proceso de ensamblaje, integración de componentes electrónicos y mecánicos, así como la validación de su funcionamiento. El objetivo es garantizar que el robot de batalla de 12 libras cumpla con los requerimientos

planteados en su diseño, empleando motores sin escobillas de alta eficiencia.

4.3. Diseño de la estructura

4.3.1. Ensamblaje de la Estructura

Esta etapa se enfoca en la construcción física del robot, asegurando que su estructura sea resistente y adecuada para el combate.

Diseño del chasis Se realiza la fabricación del chasis utilizando materiales ligeros y resistentes como aluminio, acero o aleaciones reforzadas que ofrecen durabilidad sin comprometer la movilidad.

Montaje de cubiertas las cubiertas superiores, inferior, laterales, frontal y posterior se ensamblan al chasis principal. Se emplean uniones con pernos, tornillos y fijaciones metálicas que aseguran un ajuste sólido y confiable.

Aislamiento de componentes críticos se instalan protecciones adicionales en áreas vulnerables como los motores, sistemas electrónicos y baterías para evitar daños durante el combate.

Sistema de disipación de calor se implementan mecanismos de enfriamiento pasivos o activos si es necesario, especialmente en motores y controladores para evitar sobrecalentamientos.

4.3.2. Integración de Motores y Sistema de Tracción

Esta subfase cubre la instalación de los motores sin escobillas y su conexión al sistema de tracción que permitirá el desplazamiento eficiente del robot.

Instalación de motores fingertech: Los motores se montan sobre soportes diseñados específicamente para asegurar su fijación y alineación adecuada.

Conexión de controladores ESC (Electronic Speed Controllers): Se configuran controladores electrónicos compatibles con los motores sin escobillas para regular su velocidad, potencia y dirección de giro.

En el sistema de transmisión se instalan ruedas de alta resistencia conectadas a los motores mediante sistemas de poleas, cadenas o directamente acopladas al eje motriz.

Pruebas iniciales de movimiento: Se verifica el correcto funcionamiento de los motores, asegurando que respondan adecuadamente a los comandos generados por el sistema de control.

4.3.3. Instalación del Sistema de Control

En esta sección se realiza la integración de todos los componentes electrónicos necesarios para recibir, procesar y ejecutar las órdenes enviadas desde el control remoto de manera eficiente y precisa.

4.4. Configuración de Controladores ESC (Electronic Speed Controllers)

Se instalan los controladores ESC que regulan la potencia y dirección de los motores sin escobillas. Los ESC se conectan directamente a los motores y se configuran para interpretar las señales provenientes del receptor de radiofrecuencia (RF).

4.4.1. Instalación del Sistema de Comunicación

Se utiliza un receptor de radiofrecuencia que recibe las señales transmitidas por el control remoto. Este receptor se conecta a los ESC mediante canales independientes, permitiendo controlar cada motor por separado según las indicaciones del operador.

4.4.2. Conexión y Cableado

Se realiza el cableado de alimentación entre las baterías, los ESC y los motores, asegurando que la polaridad y conexiones sean las adecuadas para evitar cortocircuitos o daños en los componentes. Además, se asegura un montaje seguro del receptor y sus antenas para garantizar una buena recepción de señal durante el combate.

4.4.3. Pruebas de Comunicación

Se realizan pruebas iniciales para verificar que la comunicación entre el control remoto y el receptor sea adecuada. Se comprueba que cada motor sin escobillas responda correctamente a las señales enviadas desde el control remoto en cuanto a velocidad, dirección y potencia.

4.4.4. Protección del Sistema de Control

Para garantizar la seguridad y protección de los componentes electrónicos, se ha implementado un sistema de protección basado en un interruptor principal. Este interruptor se utiliza para controlar el encendido y apagado del robot de manera segura, evitando que circule corriente innecesaria cuando el sistema no está en funcionamiento.

Además, al utilizar el interruptor como medida de seguridad, se busca prevenir posibles sobrecargas que puedan afectar negativamente a los controladores ESC y otros elementos conectados. Este dispositivo permite un aislamiento efectivo del sistema de potencia, reduciendo el riesgo de daños en situaciones inesperadas o durante la manipulación del robot fuera de combate.

4.5. Pruebas

El proceso de pruebas constituye una fase fundamental para asegurar que el robot de batalla de 12 libras cumple con los objetivos propuestos en su diseño e implementación. Este apartado abarca pruebas orientadas a evaluar el funcionamiento general del robot y su desempeño en condiciones de combate. Además, se verifica la efectividad de los motores sin escobillas, la protección contra sobrecargas mediante el interruptor instalado, y la resistencia de la estructura ante impactos.

4.5.1. Evaluación del Funcionamiento General

El análisis integral del funcionamiento del robot se enfoca en validar sus sistemas principales antes de enfrentar escenarios de combate. Las pruebas realizadas abarcan la movilidad, desplazamiento y rendimiento de los motores sin escobillas, verificando su desempeño en movimientos hacia adelante, retroceso y giros, así como la estabilidad y respuesta del robot durante maniobras rápidas o cambios bruscos de dirección. Además, se evalúa el adecuado funcionamiento del interruptor de protección que, al activarse en caso de sobrecargas, desconecta el suministro de energía para proteger los componentes eléctricos y electrónicos. También se mide la potencia generada por los motores sin escobillas y la velocidad máxima alcanzada tanto en superficies planas como en condiciones simuladas con obstáculos, asegurando un rendimiento óptimo. Finalmente, se realiza una evaluación de la autonomía operativa de la batería bajo diferentes condiciones de uso, considerando tanto operaciones continuas como intermitentes, con el objetivo de determinar su eficiencia energética y garantizar un desempeño sostenido durante las pruebas y enfrentamientos.

4.5.2. Pruebas de desempeño en combate

Con el fin de asegurar que el robot pueda enfrentar adecuadamente situaciones propias de una competencia real, se realizan pruebas en condiciones simuladas de combate directo. Estas pruebas incluyen la evaluación de la resistencia estructural frente a impactos, mediante colisiones intencionales contra superficies rígidas y otros robots, con el propósito de determinar la robustez de la estructura y su capacidad para soportar impactos repetidos sin comprometer su funcionalidad. También se analiza el rendimiento de los motores sin escobillas bajo condiciones de estrés, comprobando su eficiencia, respuesta y protección frente a sobrecalentamientos o fallos potenciales durante movimientos agresivos. Asimismo, se llevan a cabo pruebas prolongadas de funcionamiento continuo para identificar posibles fallas mecánicas o eléctricas que puedan afectar la operatividad del robot. Finalmente, se verifica la maniobrabilidad y precisión del control, asegurando que el robot sea capaz de ejecutar movimientos rápidos y precisos durante combates simulados, lo cual es esencial para un desempeño eficiente en competencia.

4.6. Resultados

Los resultados obtenidos en el desarrollo del robot de batalla de 12 libras, utilizando motores sin escobillas, se presentan a continuación. Este análisis abarca tanto el desempeño estructural y funcional como la efectividad de los mecanismos de protección implementados, con el

objetivo de verificar si cumplen con los parámetros establecidos durante la fase de diseño e implementación.

4.6.1. Resultados Estructurales y Funcionales

La estructura del robot demostró ser altamente resistente a impactos durante las pruebas simuladas de combate, manteniéndose funcional sin presentar daños significativos en su chasis ni en sus componentes externos. Por otro lado, el rendimiento de los motores sin escobillas fue satisfactorio al proporcionar la potencia necesaria para un desplazamiento ágil y eficiente, permitiendo una aceleración adecuada para realizar maniobras rápidas y precisas. Asimismo, el uso del interruptor como medida de protección contra sobrecargas se mostró eficaz al prevenir posibles fallas en el sistema eléctrico y facilitar una recuperación inmediata en caso de activación. Además, la evaluación de la eficiencia energética indicó que el sistema de alimentación empleado proporciona la autonomía suficiente para enfrentar combates prolongados sin afectar el rendimiento global del robot.

4.6.2. Análisis de los Resultados Obtenidos

El análisis de los resultados demuestra que el diseño e implementación del robot de batalla cumple con los objetivos establecidos inicialmente. Se pudo confirmar que:

La estructura del robot es capaz de resistir impactos repetitivos sin sufrir deformaciones significativas, lo cual garantiza su durabilidad en condiciones de combate.

Los motores sin escobillas proporcionan la potencia necesaria para movimientos rápidos y precisos, lo cual es esencial para estrategias de ataque y defensa efectivas.

El sistema de protección mediante el interruptor fue eficaz al evitar sobrecargas, lo cual mejora significativamente la seguridad operativa del robot.

El desempeño general del robot es satisfactorio, cumpliendo con las expectativas en términos de resistencia, movilidad, protección y eficiencia energética.

En conclusión, los resultados obtenidos son favorables y respaldan la viabilidad del diseño implementado. No obstante, se recomienda realizar ajustes menores para optimizar aún más el rendimiento del robot en futuras mejoras.

CAPITULO V

5.1. Conclusiones y Recomendaciones

5.1.1. Conclusiones

En relación con el primer objetivo, se logró implementar un prototipo funcional de un robot de batalla de 12 libras que integra de manera adecuada los sistemas mecánicos, electrónicos y de control. El funcionamiento eficiente y coordinado de estos componentes permite que el robot cumpla con los estándares establecidos para participar en competencias, demostrando un rendimiento satisfactorio durante las pruebas realizadas.

Respecto al segundo objetivo, el diseño detallado de los planos estructurales y esquemáticos eléctricos se realizó con éxito. La correcta integración del sistema de control y los motores sin escobillas asegura un desempeño eficiente del robot, facilitando su montaje y operación. Este proceso fue esencial para garantizar que cada componente interactúe de manera óptima dentro de la estructura diseñada.

En cuanto al tercer objetivo, la selección y configuración de los componentes electrónicos esenciales, incluyendo la calibración adecuada del controlador de velocidad (ESC), contribuyó significativamente a mejorar la eficiencia del sistema de propulsión. Este ajuste preciso permitió alcanzar un control preciso del movimiento del robot, optimizando así su rendimiento general durante las pruebas de funcionamiento.

5.1.2. Recomendaciones

Se aconseja realizar la fabricación de prototipos iniciales de los componentes estructurales del robot antes de proceder con la construcción definitiva. Este enfoque permitirá evaluar y optimizar la relación entre peso y resistencia, asegurando que los materiales seleccionados cumplan con los parámetros mecánicos y funcionales requeridos. Además, en caso de que algún componente no ofrezca el rendimiento esperado, se facilitará su ajuste o sustitución sin comprometer el ensamblaje general del robot.

Es esencial llevar a cabo una revisión detallada de todos los sistemas electrónicos antes de iniciar las pruebas de funcionamiento. Esto incluye verificar el aislamiento adecuado

de cada componente para minimizar riesgos de cortocircuitos, sobrecargas o fallos en la transmisión de energía. Asimismo, se recomienda asegurarse de que el sistema de transmisión por poleas funcione correctamente, sin deslizamientos ni pérdida de potencia. Cada tornillo, perno y mecanismo de sujeción debe ajustarse adecuadamente siguiendo el diseño CAD, con el fin de garantizar la estabilidad estructural del robot durante las pruebas y enfrentamientos.

Resulta indispensable comprobar que el robot cumpla con las limitaciones de peso establecidas por las normativas de competencia, evitando posibles sanciones o descalificaciones. Para ello, se debe efectuar un análisis minucioso de todos los componentes mecánicos y electrónicos, asegurando que su condición sea óptima y que no contribuyan con un peso excesivo que afecte negativamente el rendimiento del prototipo.

Referencias

- Angel Gil Perez. (6 de julio de 2022). *openWebinars*. Obtenido de <https://openwebinars.net/blog/robotica-movil-que-es-y-sus-aplicaciones/>
- auto solar. (mayo de 2024). *¿Qué es un variador de frecuencia?* Obtenido de <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/que-es-un-variador-de-frecuencia>
- Charlie Hubbard. (26 de junio de 2018). *bale spear*. Obtenido de <https://www.facebook.com/BALESPEAR/posts/thanks-charlie-hubbard/337682640096299/>
- Chistophe Morin. (24 de febrero de 2023). *amnistia internacional*. Obtenido de <https://www.amnesty.org/es/latest/news/2023/02/more-than-30-countries-call-for-international-legal-controls-on-killer-robots/>
- eduardo perez. (6 de julio de 2022). *la robotica cada vez mas usada* . Obtenido de <https://openwebinars.net/blog/robotica-movil-que-es-y-sus-aplicaciones/>
- Erick M. Sirpa. (10 de abril de 2017). *medium*. Obtenido de <https://medium.com/@ericksirpa/robots-m%C3%A9todos-de-locomoci%C3%B3n-terrestre-2964c68a9523>
- fandom*. (05 de julio de 2024). Obtenido de https://battlebots.fandom.com/wiki/Drum_Spinners
- Hetronic. (ocho de enero de 2022). *Transmisores de control de sistemas no tripulados*. Obtenido de <https://hetronic.com/es/aplicaciones/uav-y-ugv/>
- Maploca. (08 de agosto de 2022). *LAMINAS acero al carbono fundido*. Obtenido de <https://maploca.com/productos/laminas>

Michael Brouillard. (27 de noviembre de 2011). *the killeDozer*. Obtenido de https://battlebots.fandom.com/wiki/The_KillDozer

RODRIGO RAMOS ZURITA. (4 de julio de 2023). *CLUB DE ROBÓTICA*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://robotica.uta.edu.ec/reglamentos/REGLAMENTO-BATALLA.pdf>

Ryan Lowen. (12 de diciembre de 2023). *printables*.

ANEXO

Figura 34

Árbol de problemas

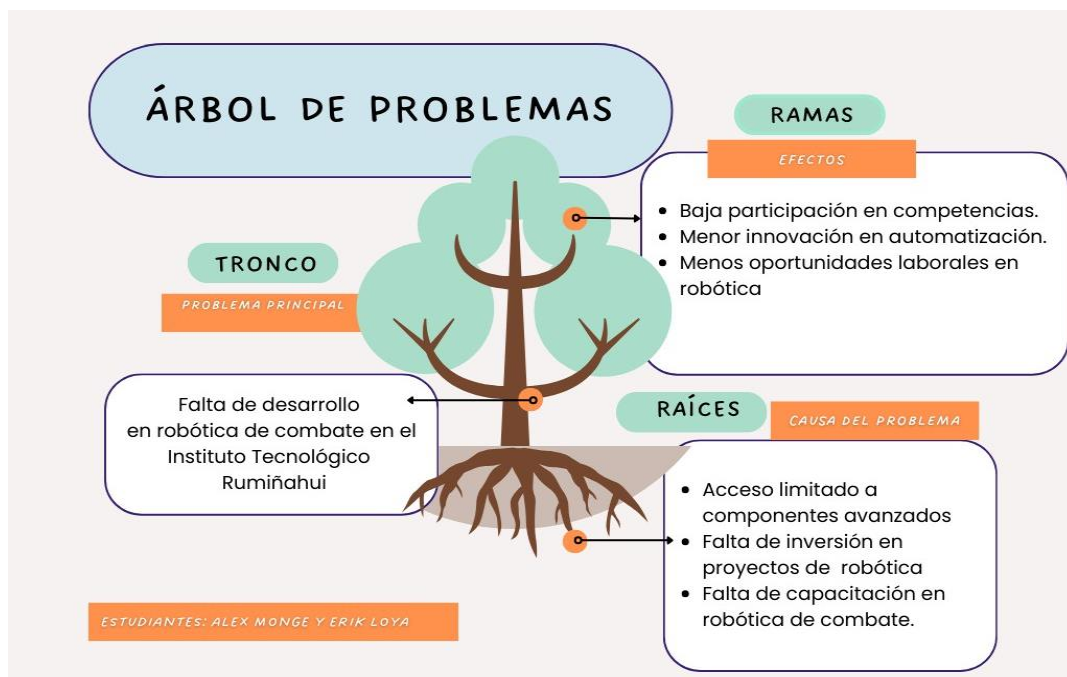
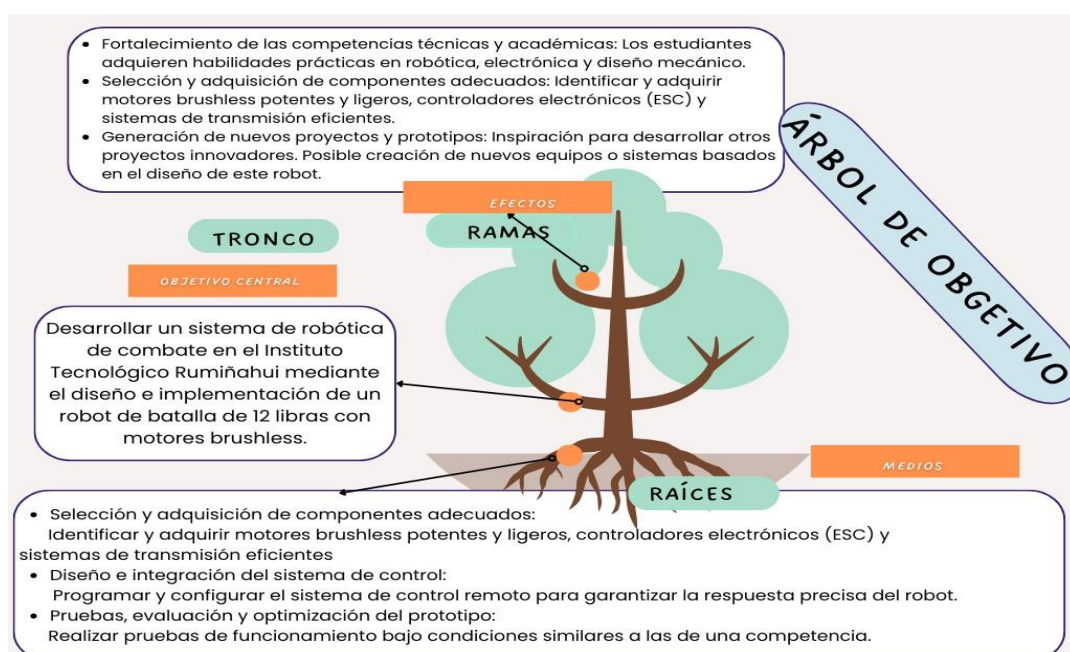


Figura 35

Árbol de objetivos



7.1. ANEXO 3. Imágenes fusión 360

Figura 36

Diagrama en fusión-motor brushless

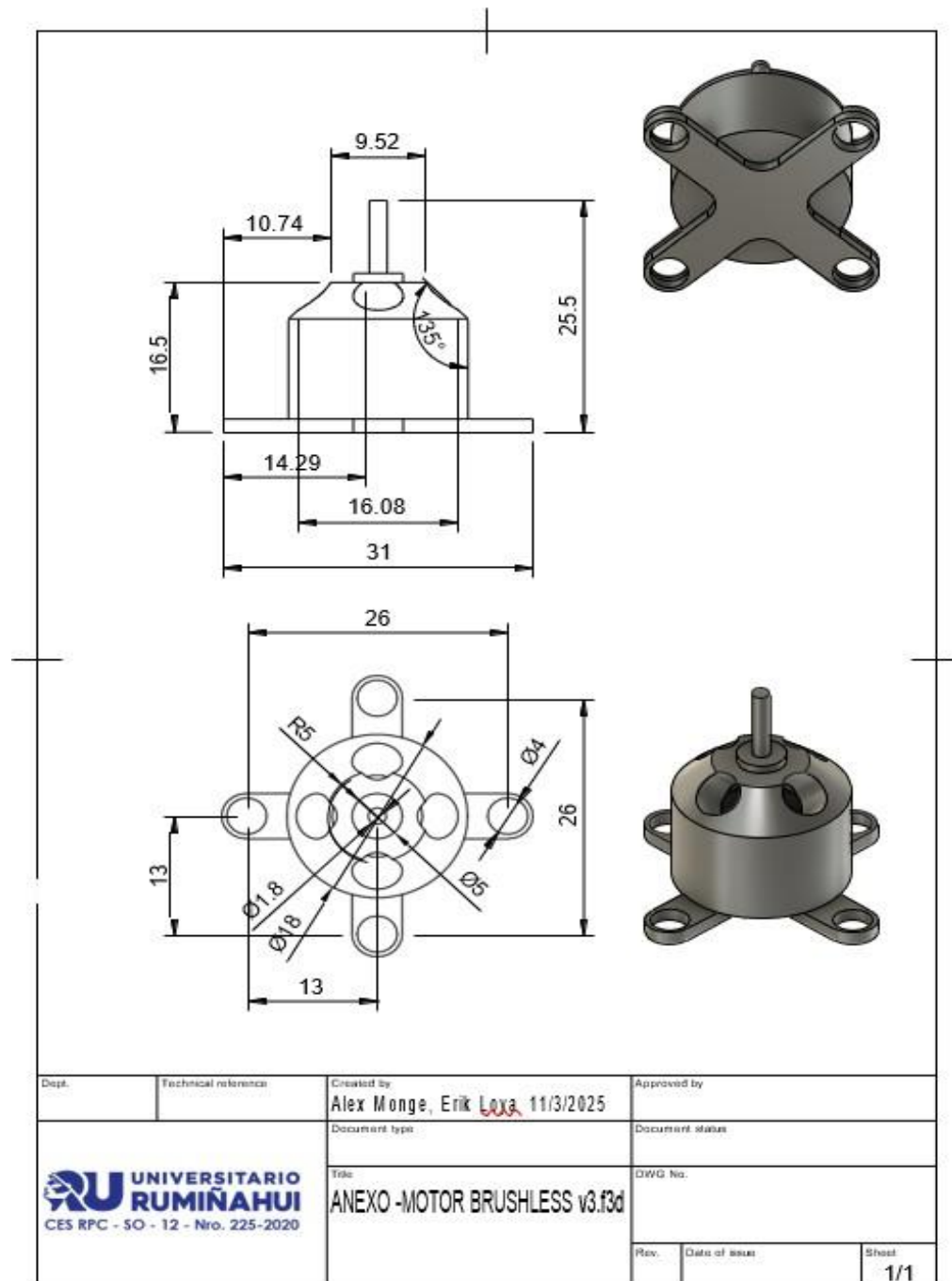
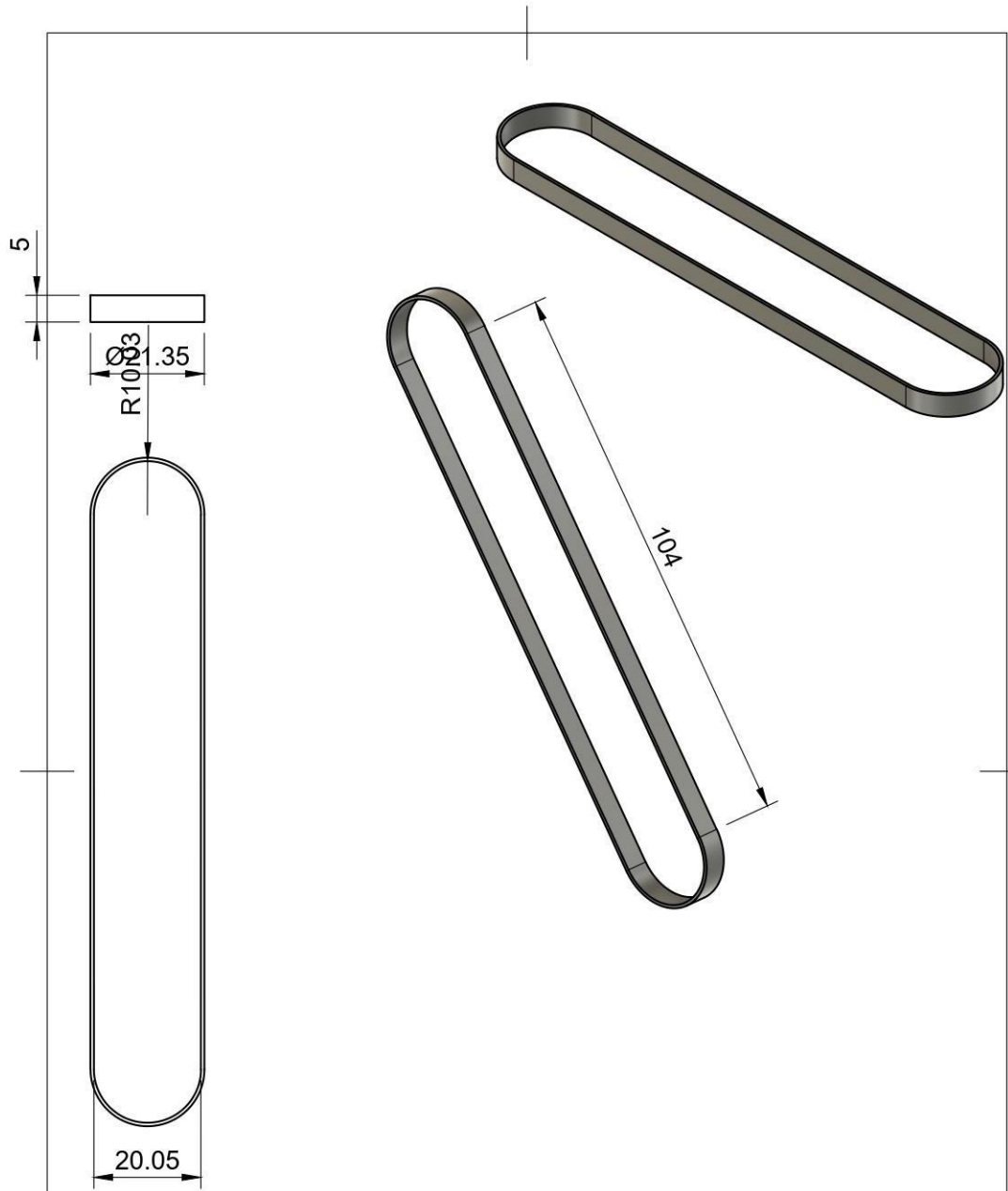


Figura 37

Banda para sierra



Dept.	Technical reference	Created by alex monge, erik loya	Approved by	
 UNIVERSITARIO RUMIÑAHUI CES RPC - SO - 12 - Nro. 225-2020		Document type trabajo de titulacion	Document status	
		Title BANDA PARA SIERRA	DWG No.	
		Rev.	Date of issue 10/3/2025	Sheet 2

Figura 38

Cubierta posterior

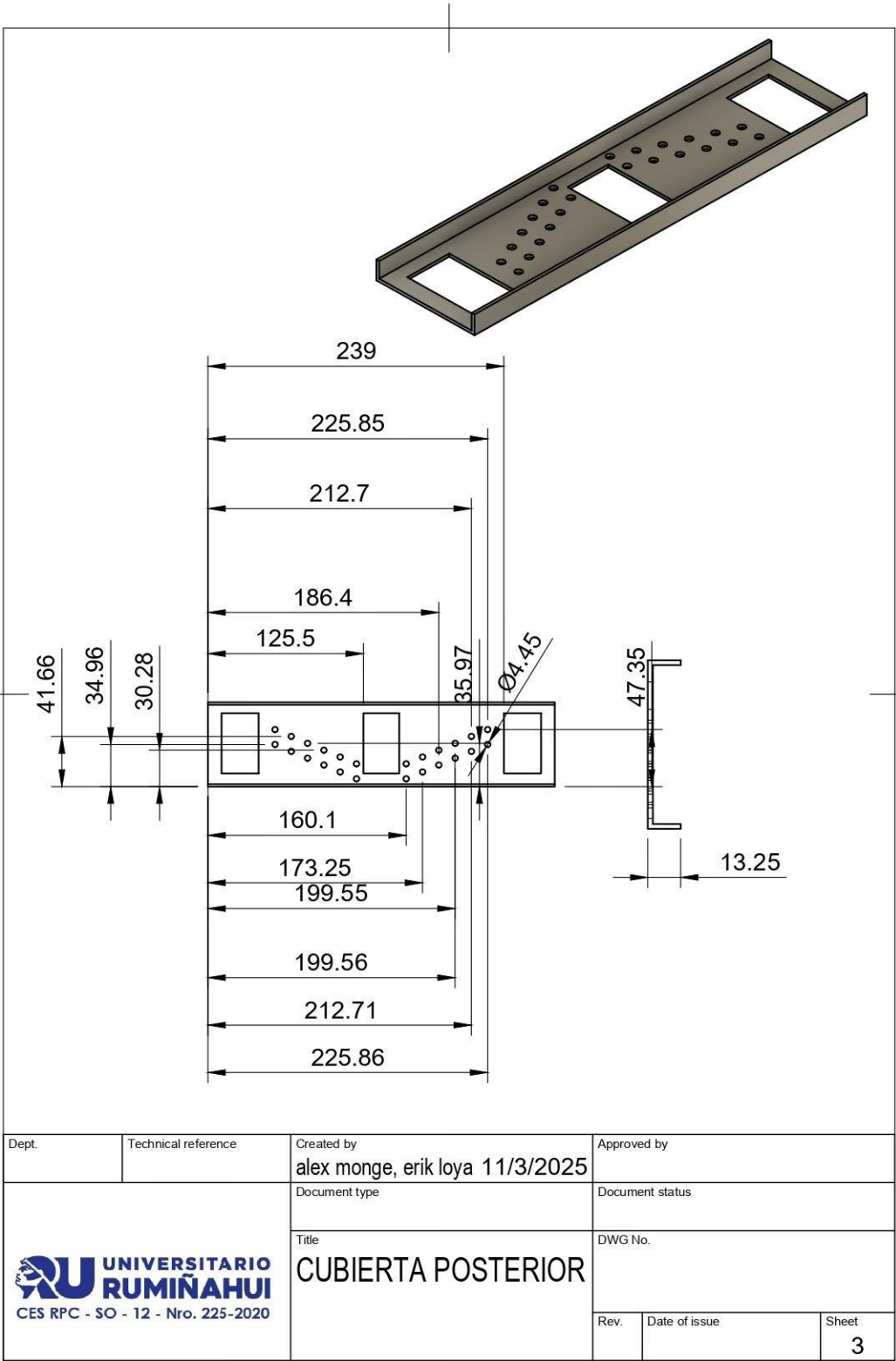
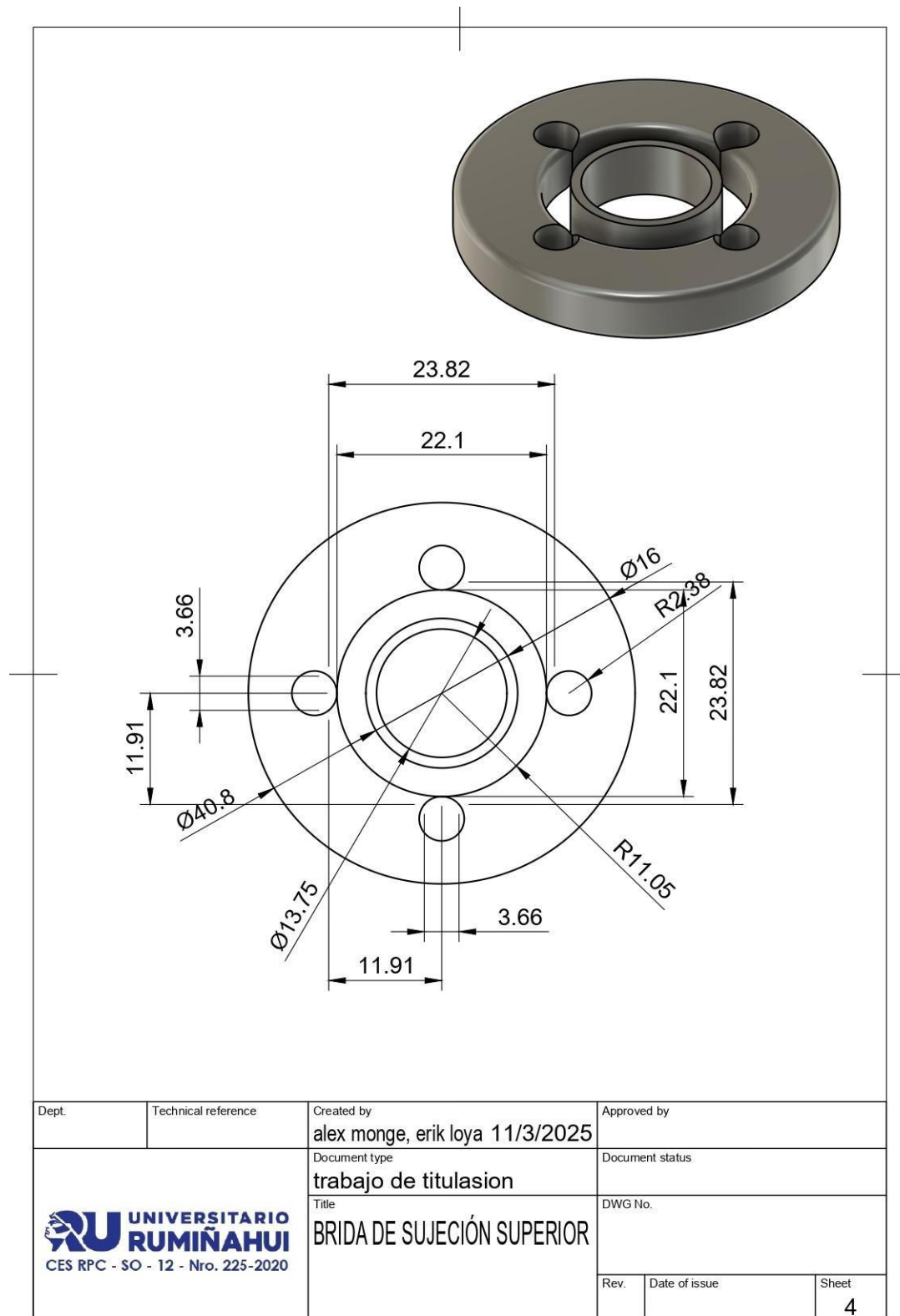


Figura 39

Brida de sujeción superior



Cubierta lateral interna



Figura 41

Disco de sierra circular

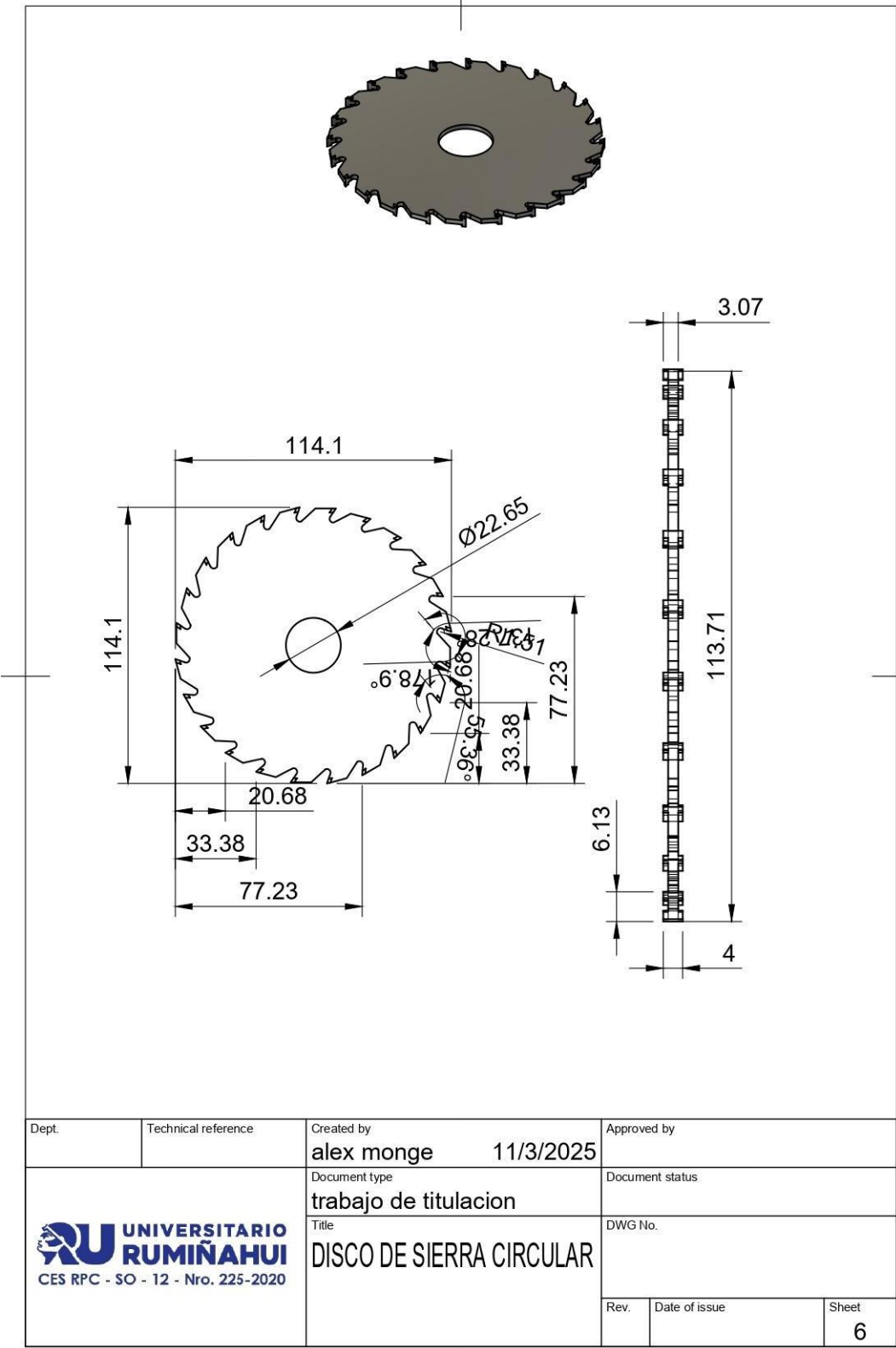


Figura 42

Rodamiento de soporte para brida

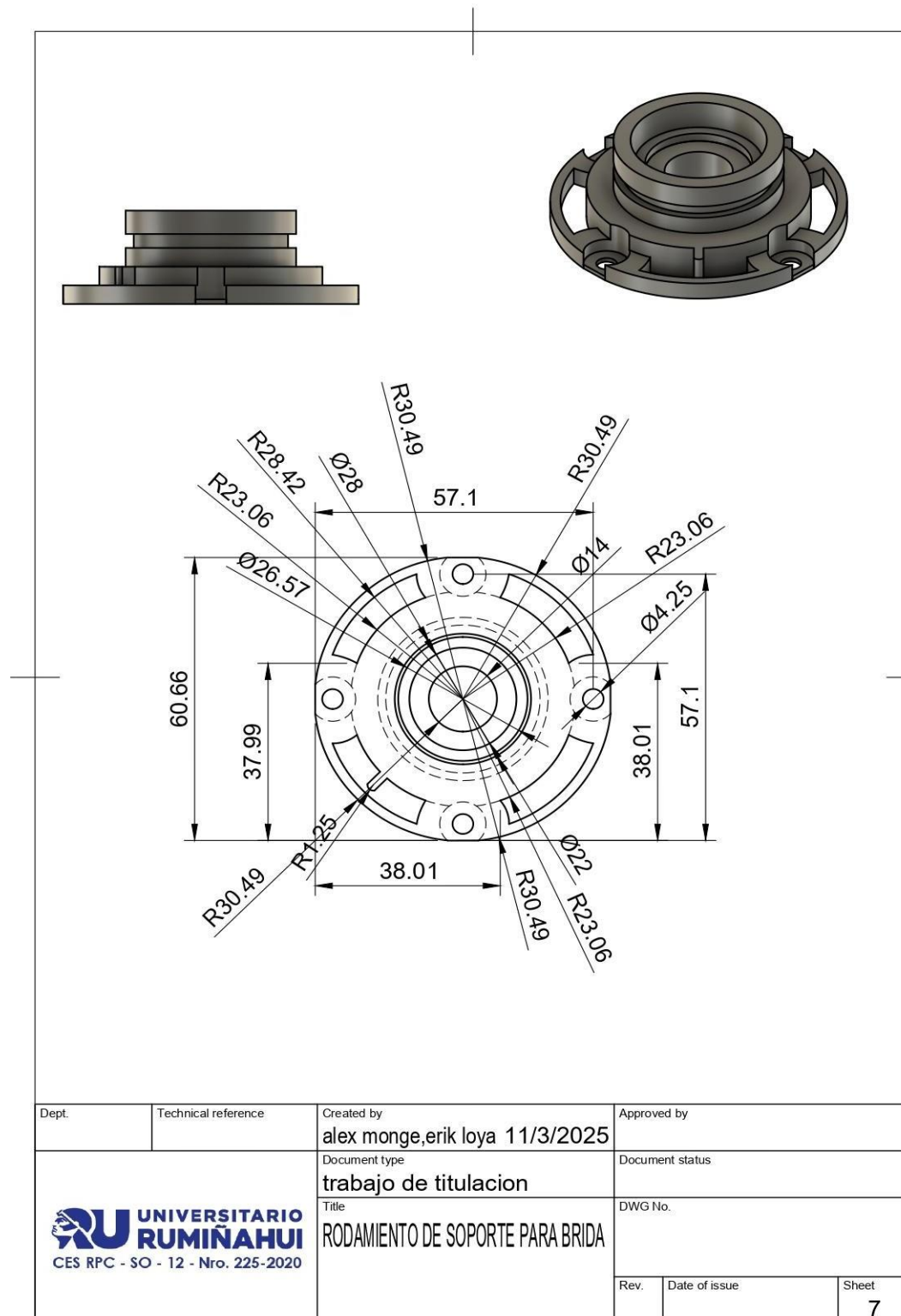


figura 43

Cubierta inferior

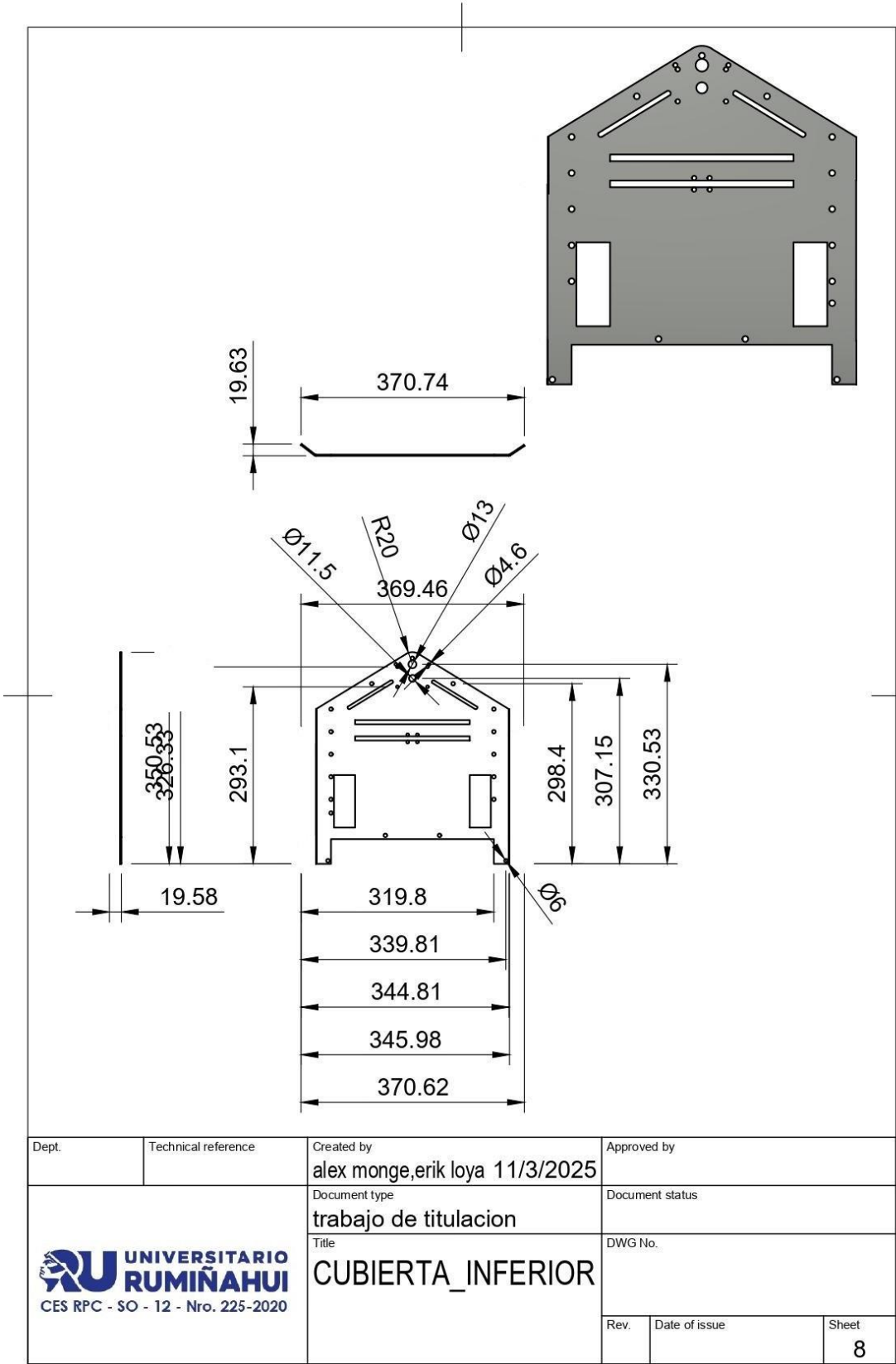


Figura 44

Cubierta superior

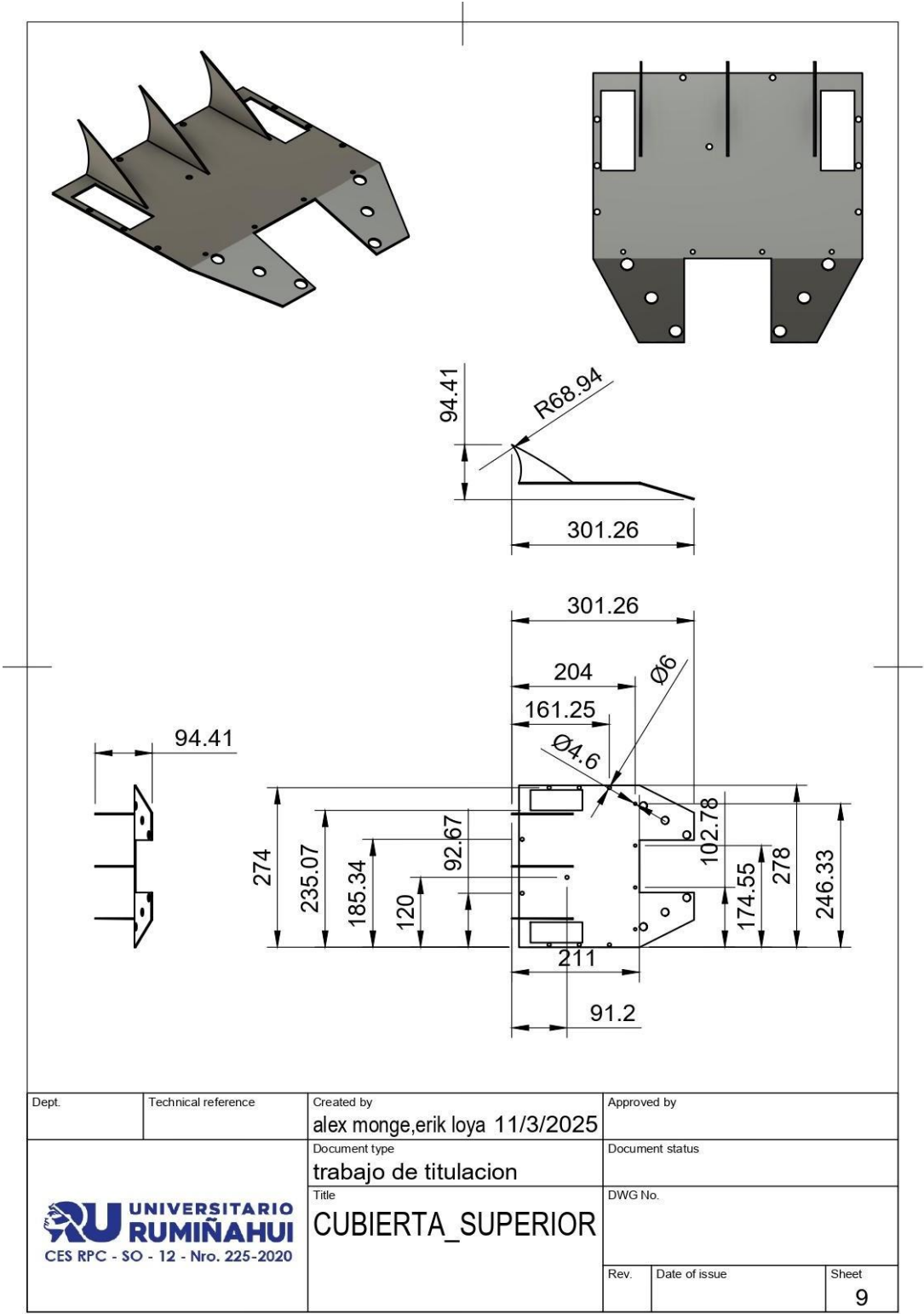


Figura 45

Soporte para el motor

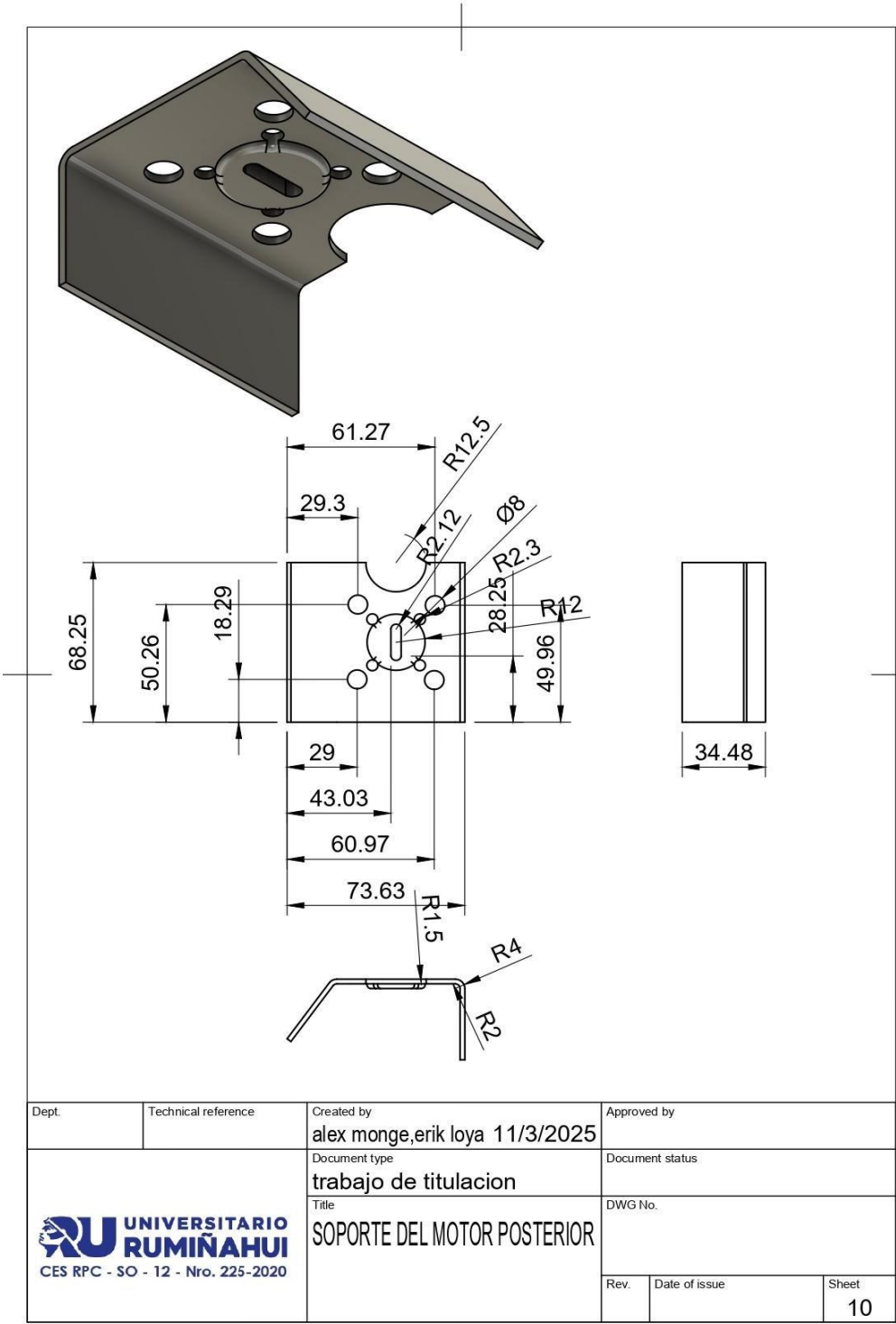


Figura 46

Brida de sujeción inferior

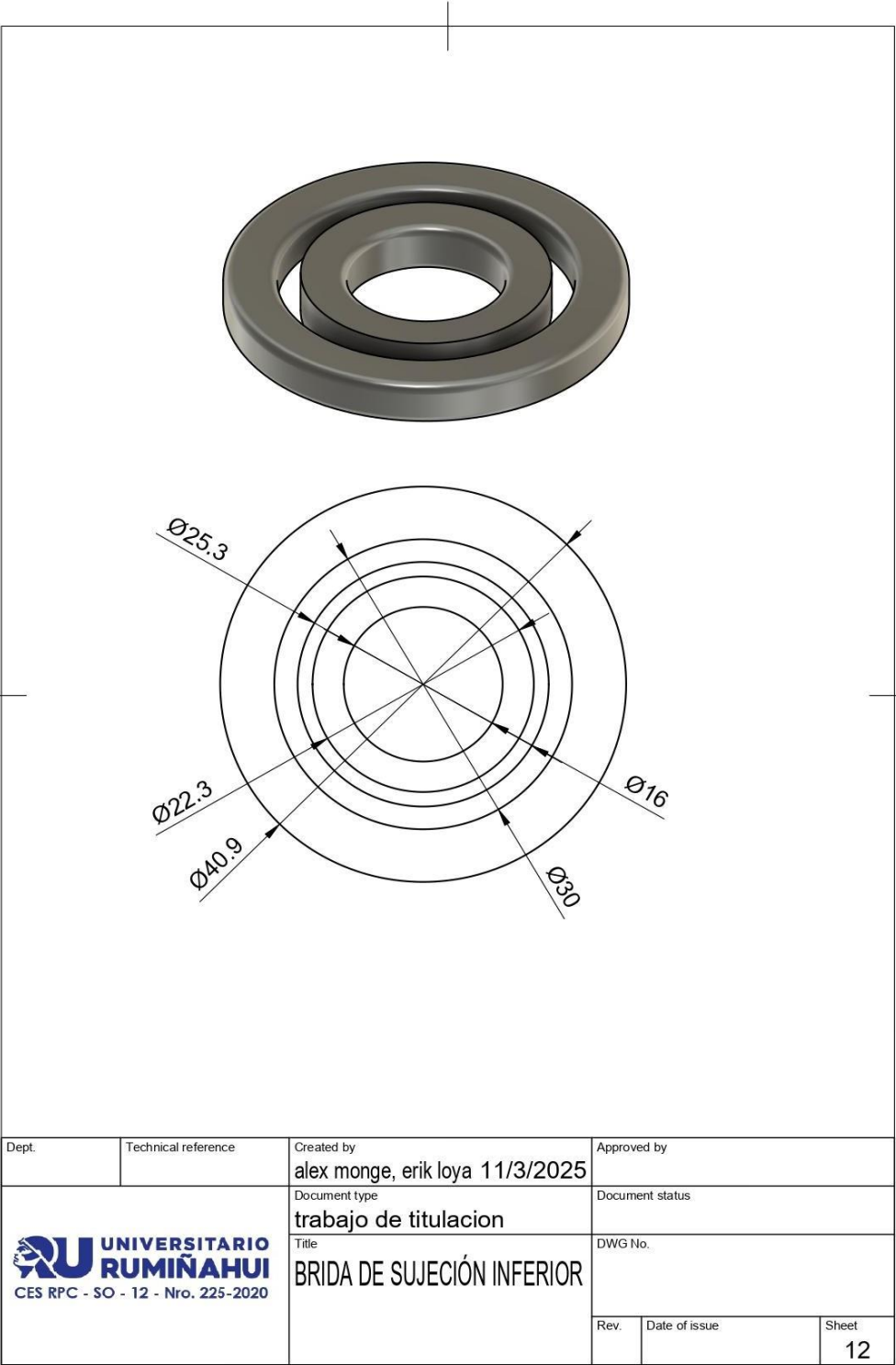


Figura 47

Eje para soporte de brida

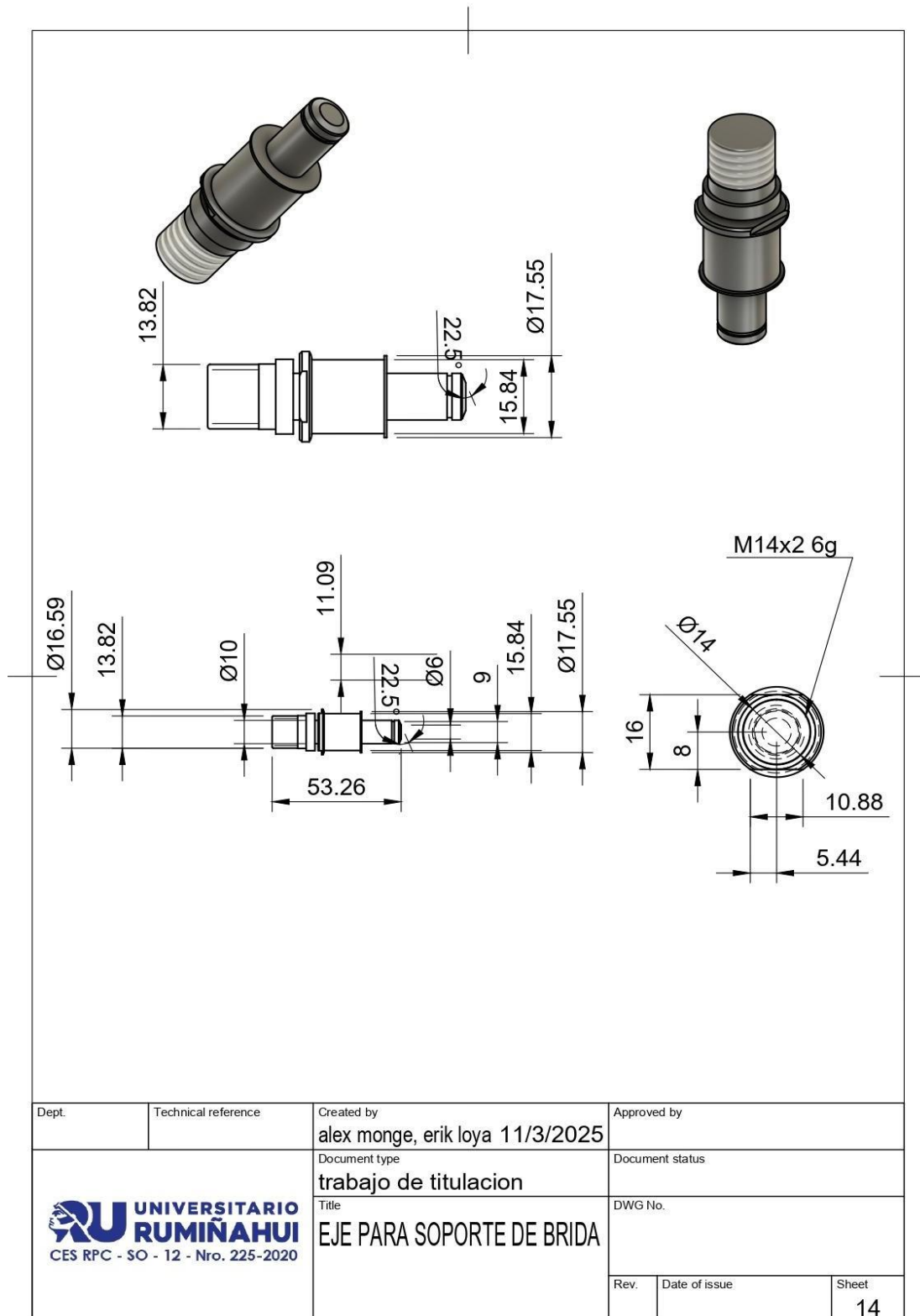


Figura 48

Llanta del robot

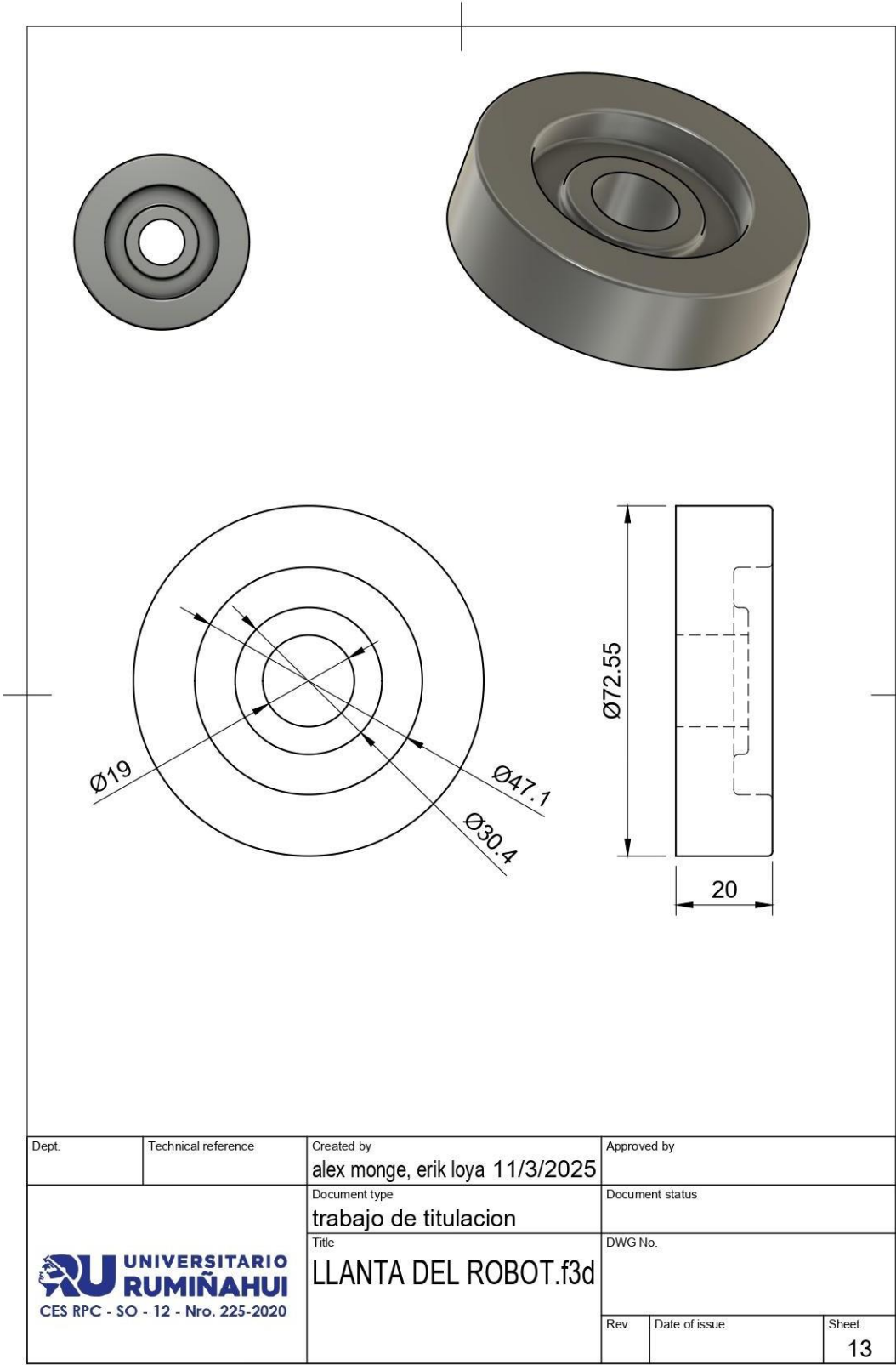


Figura 49

Polea tipo v

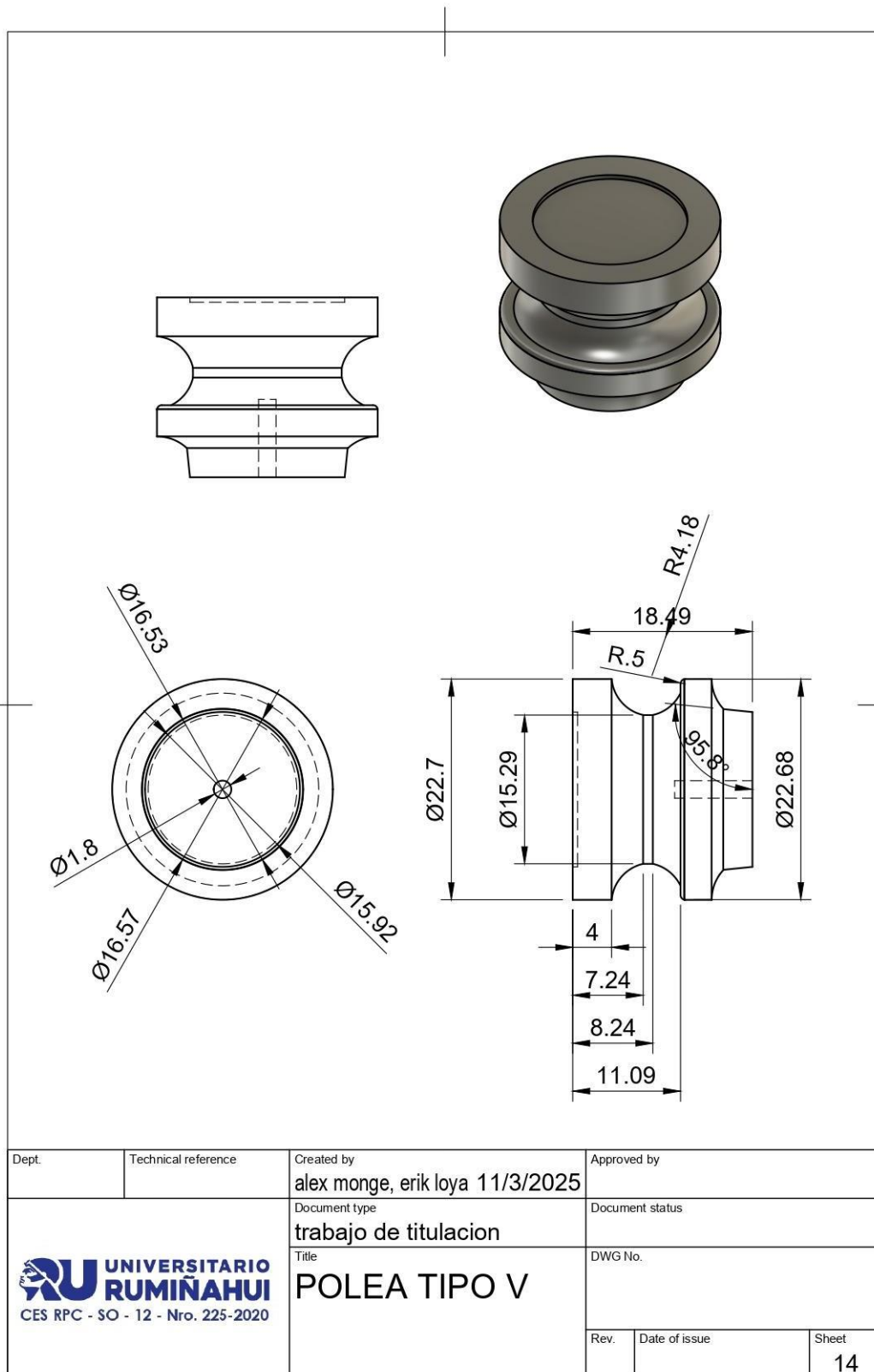


Figura 50

Rodamiento eje posterior

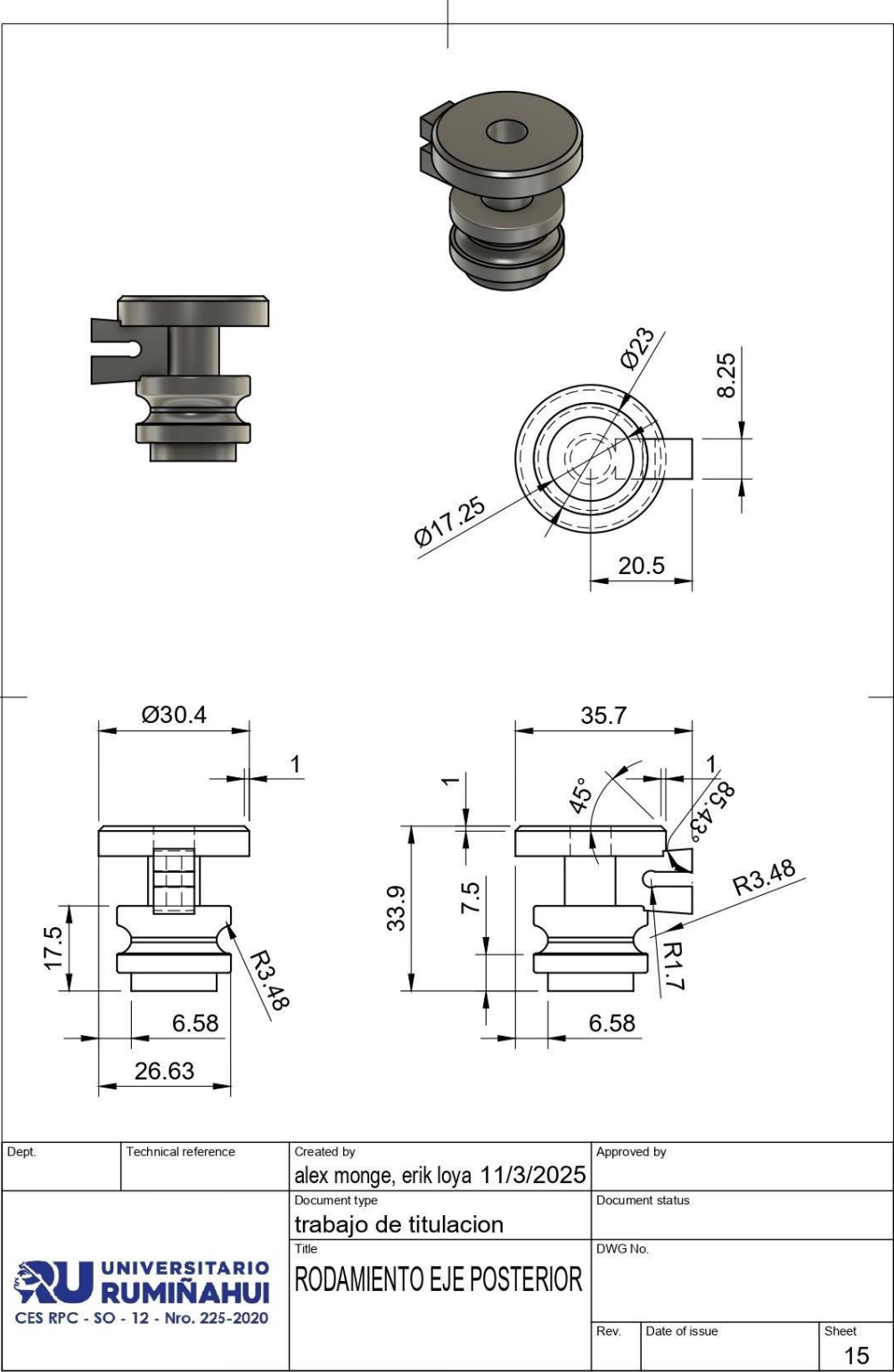


Figura 51

Rueda loca

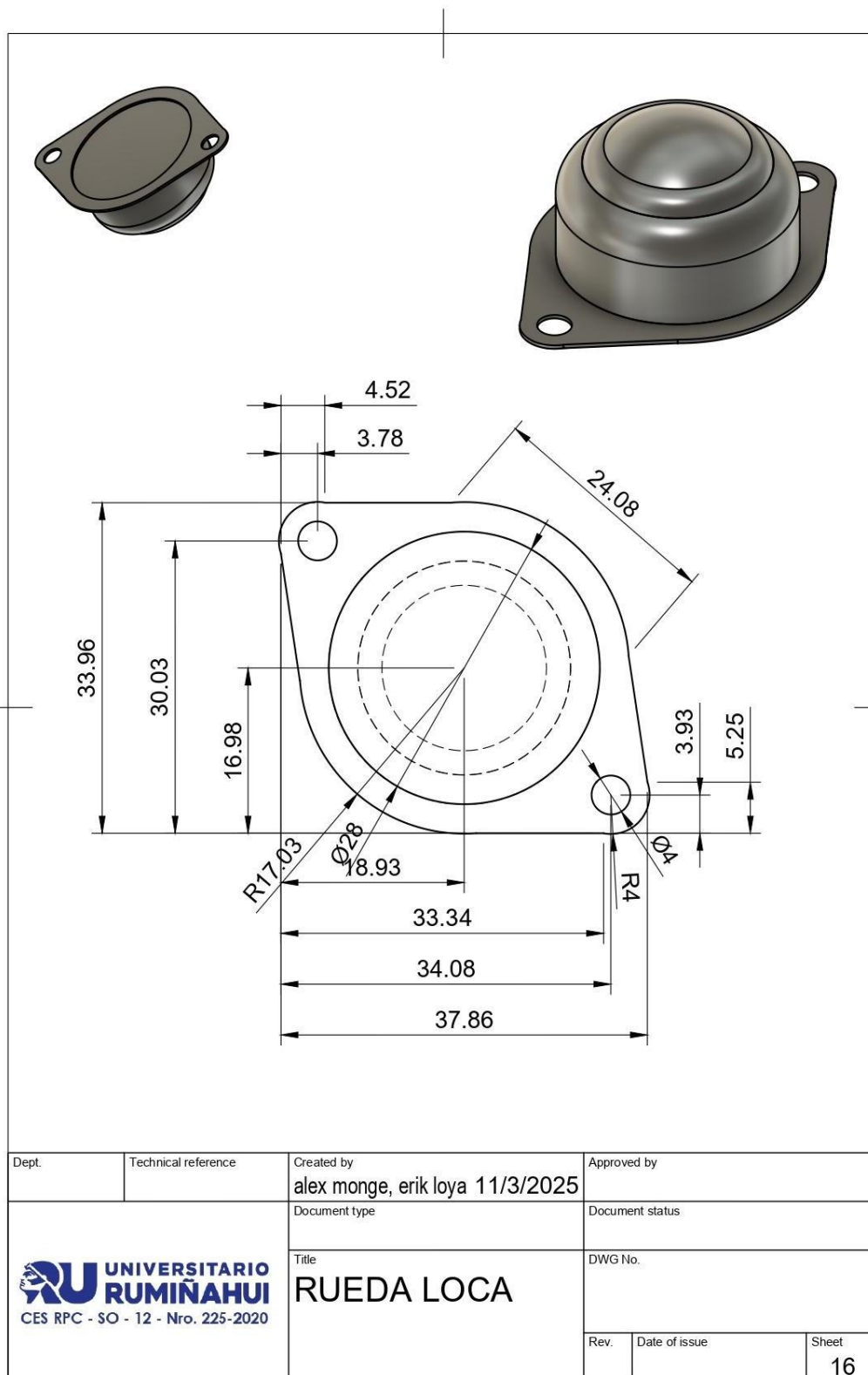


Figura 52

Motor Fingertech

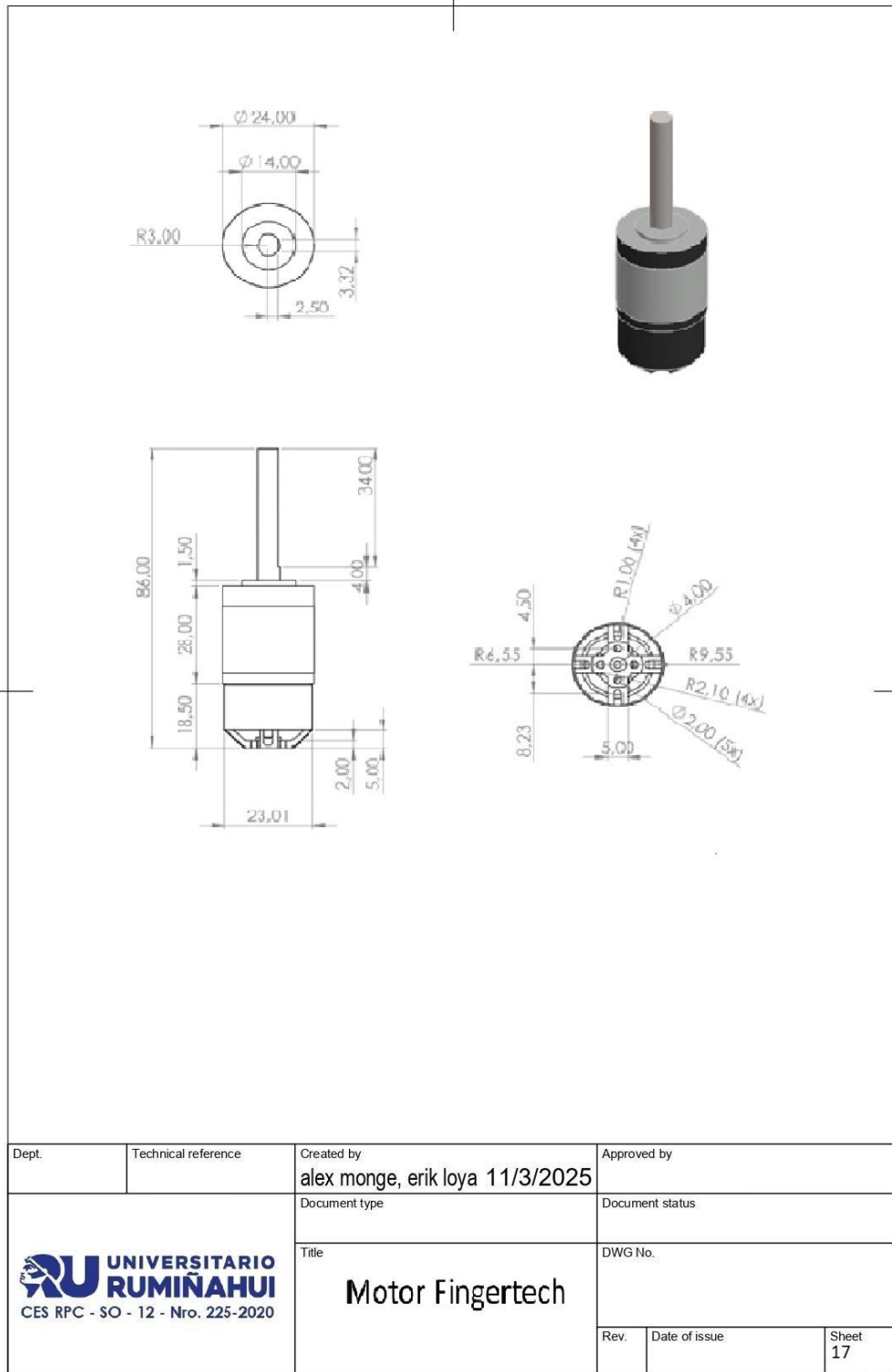


Figura 53

Colocación de la cierra.



Figura 54

Corte del chasis del robot



figura 55

Prueba de motores



figura 56

Revisando la estabilidad de las llantas

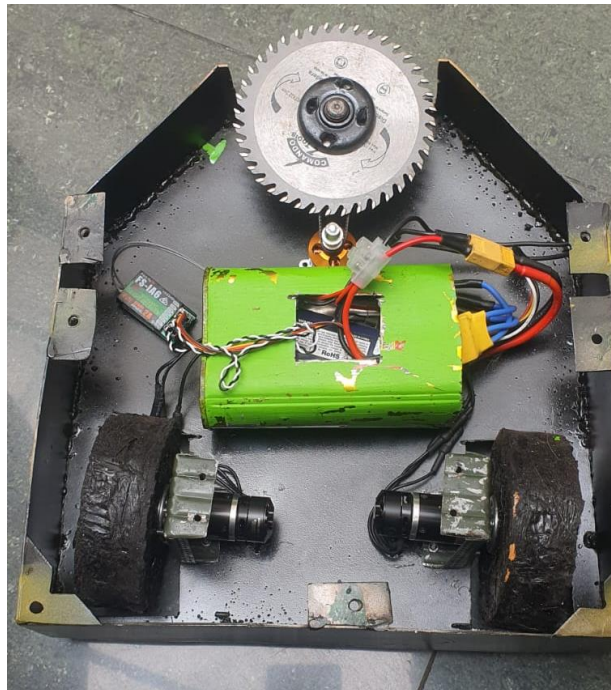


figura 57

finalización del robot de combate de 12libras

