



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE MECATRÓNICA

**DESARROLLO DE UN ROBOT DE BATALLA DE 12 LIBRAS
RADIOCONTROLADO**

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

AUTOR: Kevin Joao Cali Cando
Jean Pierre Torres Sarmiento

TUTOR: Ing. Jorge Bladimir Fariño Cedeño, Mgtr.

Guayaquil - Ecuador
2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Jean Pierre Fernando Torres Sarmiento** con documento de identificación N° 054176939 y **Kevin Joao Cali Cando** con documento de identificación N° 0955328620; manifestamos que:

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

Guayaquil, 28 de agosto del año 2024

Atentamente,



Jean Pierre Fernando Torres Sarmiento
C.I.: 0954176939



Kevin Joao Cali Cando
C.I.: 0955328620

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

Nosotros, **Jean Pierre Fernando Torres Sarmiento** con documento de identificación N° **0954176939** y **Kevin Joao Cali Cando** con documento de identificación N° **0955328620**, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del **Dispositivo Tecnológico: DESARROLLO DE UN ROBOT DE BATALLA DE 12 LIBRAS RADIOCONTROLADO**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Guayaquil, 28 de agosto del año 2024

Atentamente,



Jean Pierre Fernando Torres Sarmiento
C.I: 0954176939



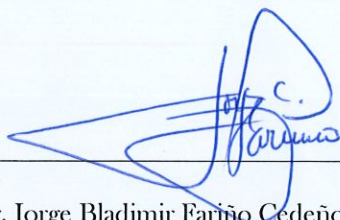
Kevin Joao Cali Cando
C.I: 0955328620

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Jorge Bladimir Fariño Cedeño**, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DESARROLLO DE UN ROBOT DE BATALLA DE 12 LIBRAS RADIOCONTROLADO**, realizado por **Jean Pierre Fernando Torres Sarmiento** con documento de identificación N° 054176939 y por **Kevin Cali Joao Cando** con documento de identificación N° 0955328620, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción **Dispositivo Tecnológico** que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 28 de agosto del año 2024

Atentamente,



Ing. Jorge Bladimir Fariño Cedeño, Mgr.
C.I.: 0914335484

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación está dedicado, en primer lugar, a Dios; a mi padre, Luis Alfonso Cali Amaguaya, y a mi madre, María Elena Cando Gusqui, quienes me han apoyado en cada momento de mi vida, siendo pilares fundamentales para mi desarrollo académico. A mis hermanas mayores, que han sido un ejemplo a lo largo de su vida profesional. A mis amigos, quienes me han brindado apoyo moral, risas y escuchado mis quejas a lo largo de este proceso. Gracias a Dios, cada una de estas personas han sido una fuente de inspiración, superación y trabajo.

Kevin Joao Cali Cando

Dedico este trabajo a Dios, quien ha sido mi guía y fuente de inspiración, permitiéndome alcanzar mis metas. A mi familia, tanto a los que están presentes como a los que ya no están, por su amor, apoyo incondicional, y sacrificio, que fueron esenciales para superar cada desafío. Agradezco a mis maestros por su paciencia y dedicación al compartir sus conocimientos, y a mis compañeros de carrera, con quienes superé obstáculos juntos. También dedico este logro a la Universidad Politécnica Salesiana, mi segundo hogar, donde me formé profesionalmente. Este proyecto busca alcanzar los más altos estándares en la creación de equipos robotizados, fomentando la creatividad y el emprendimiento en los estudiantes de Mecatrónica, para contribuir a un futuro más inteligente y eficiente.

Jean Pierre Fernando Torres Sarmiento

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios en primer lugar, pues por su misericordia estoy por culminar una etapa más en mi vida académica. Agradezco a mis padres, quienes me han brindado su apoyo en cada área de mi vida; a mi familia, que es parte integral de este logro; y a mis amigos, que en cada momento me han ofrecido su apoyo, risas y consejos durante este proceso.

Extiendo mi gratitud a la Universidad Politécnica Salesiana por haberme recibido desde el primer día y formarme para el ámbito profesional, a cada docente por sus enseñanzas y consejos a lo largo de mi carrera universitaria, a cada compañero estudiante que me ha ofrecido su ayuda. Agradezco a mi tutor, el Ing. Jorge Bladimir Fariño Cedeño, quien ha sido paciente con nosotros, instruyéndonos a lo largo de este proceso de titulación, al equipo “Team Sol Robotics” por brindarme soporte técnico y conocimientos durante este tiempo. Hoy puedo decir “Ebenezer”, hasta aquí nos ha ayudado el Señor. ¡Soli Deo Gloria!

Kevin Joao Cali Cando

Agradezco a Dios por la vida y por permitirme alcanzar mis metas, incluyendo mi sueño de ser un profesional. Agradezco a mis padres por ser mi apoyo incondicional, por enseñarme valores y por su amor constante, que me han dado la fuerza para superar los desafíos académicos. También agradezco a mis profesores por guiarme y compartir sus conocimientos, lo que me ha convertido en un profesional apasionado por la ingeniería. Finalmente, agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana por ser la base de mi formación, y me comprometo a seguir aprendiendo y especializándome en la Ingeniería Mecatrónica.

Jean Pierre Fernando Torres Sarmiento

RESUMEN

El mundo de la robótica es un área interdisciplinaria, donde uno de los principales segmentos son los sistemas semiautónomos, como los robots radiocontrolados que se desempeñan en una infinidad de aplicaciones.

El presente trabajo de titulación se orienta para despertar el interés y alentar a los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana, especialmente a los miembros del Club de Robótica, que desarrollen habilidades en la creación de robots de batalla. Durante las competencias, se evaluará el rendimiento del robot, fomentando la participación y la superación en proyectos similares.

El robot fue diseñado utilizando el software SolidWorks, lo que permitió optimizar el espacio, asegurar la seguridad de los componentes y abordar cualquier desafío técnico. Equipado con motores brushless A2212 de 1000KV (DC) para manejar un disco de sierra ofensivo y un rodillo dentado defensivo, además de un motor FingerTech Brushless de 1500KV (DC) para la movilidad, el robot combina eficiencia y resistencia. Su estructura cuenta con una carcasa de acero al carbono y un chasis de hierro para reducir el peso, todo con el objetivo de competir eficazmente en torneos universitarios a nivel nacional.

Este proyecto no solo aspira alcanzar el éxito en competencias, sino que también busca integrar avances en ingeniería mecánica, electrónica y programación, aplicando estos conocimientos en un entorno práctico que enriquecerá la formación académica de los estudiantes.

Palabras clave: Robótica, Electrónica, robot de batalla, software de diseño, competencia.

ABSTRACT

The world of robotics is an interdisciplinary area, where one of the main segments are semi-autonomous systems, such as radio-controlled robots that perform in an infinite number of applications.

The present degree work is aimed at arousing interest and encouraging students of the Salesian Polytechnic University, especially members of the Robotics Club, to develop skills in the creation of battle robots. During the competitions, the robot's performance will be evaluated, encouraging participation and improvement in similar projects.

The robot was designed using SolidWorks software, which made it possible to optimize space, ensure component safety, and address any technical challenges. Equipped with 1000KV (DC) A2212 brushless motors to handle an offensive saw blade and defensive toothed roller, plus a 1500KV (DC) FingerTech Brushless motor for mobility, the robot combines efficiency and endurance. Its structure features a carbon steel casing and an iron chassis to reduce weight, all with the aim of effectively competing in university tournaments at the national level.

This project not only aspires to achieve success in skills, but also seeks to integrate advances in mechanical, electronic and programming engineering, applying this knowledge in a practical environment that will enrich the academic training of students.

Keywords: Robotics, Electronics, battle robot, design software, competition.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	16
II.	PROBLEMA	17
III.	OBJETIVOS	18
III-A.	Objetivo General	18
III-B.	Objetivos específicos	18
IV.	MATRIZ DE OBJETIVOS	19
V.	MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	20
V-A.	Batalla de robots	20
V-B.	Reglamentos de robot de batalla	20
V-C.	Principales concursos de competencia de robots	21
V-D.	Tipos de robot de batalla	21
V-D1.	Robot móvil	21
V-D2.	Sistema de locomoción	22
V-D3.	Robots ofensivos	22
V-D4.	Robots defensivos	22
V-E.	Drumbots	23
V-F.	Spearbots	24
V-G.	Materiales para la construcción del robot	24
V-H.	Metales	24
V-H1.	Acero 5260	24
V-H2.	Acero 1010	24
V-H3.	Acero 4340	24
V-H4.	Acero inoxidable	25
V-H5.	Acero al carbono	25
V-H6.	Aluminio.	25
V-H7.	Titanio.	25
V-H8.	Aleaciones de magnesio.	25
V-I.	Armas de ataque.	25
V-I1.	Disco de sierra	25
V-I2.	Sistema rotacional	26
V-I3.	Diseño de cuña	26
V-I4.	Diseño de Rammer	27
V-J.	Batería LiPo	27
V-J1.	Nomenclatura de la batería Lipo	28
V-K.	Motor sin escobilla	28
V-L.	Controlador Electrónico Velocidad	29
V-M.	Receptor	29
V-N.	Protección de componentes	30

VI.	MARCO METODOLÓGICO	31
VI-A.	Diseño Mecánico	31
VI-A1.	Estructura del robot	31
VI-A2.	Propiedades de los materiales	32
VI-A3.	Cubierta superior e inferior del robot	32
VI-A4.	Cubiertas laterales interna	33
VI-A5.	Cubierta Posterior	34
VI-A6.	Cubierta Frontal	34
VI-A7.	Rodamiento con soporte de brida	35
VI-A8.	Eje para soporte de brida	35
VI-A9.	Arma principal	36
VI-A10.	Brida de sujeción	36
VI-A11.	Poleas para bandas	37
VI-A12.	Cálculos de transmisión por banda	38
VI-A13.	Barras laterales de protección	39
VI-A14.	Montura de motor para la tracción	39
VI-A15.	Seguro para montura de la tracción	40
VI-A16.	Rodamiento para el eje posterior	40
VI-A17.	Eje del arma posterior	41
VI-A18.	Arma posterior	41
VI-A19.	Llantas de robot	42
VI-A20.	Acoples para llantas	42
VI-A21.	Cálculos de potencia del motor de tracción	43
VI-B.	Diseño electrónico del robot	43
VI-C.	Componentes electrónicos del robot	43
VI-C1.	Radio control FLYSKY FS-I6	43
VI-C2.	Receptor FS-ia6	44
VI-C3.	Motor Brushless	44
VI-C4.	Mini Switch de encendido	45
VI-C5.	Controladora de velocidad	46
VI-C6.	Batería LiPo	47
VI-C7.	Diseño Esquemático	48
VI-D.	Diseño de control del robot	48
VI-D1.	Diagrama de conexión	48
VI-E.	Diagrama de flujo del sistema	49
VII.	RESULTADOS	50
VII-A.	Análisis Estructural de Componentes	50
VII-A1.	Cubierta superior	50
VII-A2.	Cubierta Inferior	51
VII-A3.	Cubierta Lateral Interna	52
VII-A4.	Cubierta Posterior	53
VII-A5.	Cubierta Frontal	54
VII-A6.	Tapa frontal Superior	55
VIII.	CRONOGRAMA	56
IX.	PRESUPUESTO	57

X.	CONCLUSIONES	58
XI.	RECOMENDACIONES	59
XII.	ANEXOS	60
XII-A.	Anexo 1 - Cubierta superior	60
XII-B.	Anexo 2 - Cubierta inferior	61
XII-C.	Anexo 3 - Cubiertas laterales internas	62
XII-D.	Anexo 4 - Cubierta posterior	63
XII-E.	Anexo 5 - Rodamiento de soporte para brida	64
XII-F.	Anexo 6 - Eje para soporte de brida	65
XII-G.	Anexo 7 - Disco de Sierra Circular	66
XII-H.	Anexo 8 - Brida de sujeción superior	67
XII-I.	Anexo 9 - Brida de sujeción inferior	68
XII-J.	Anexo 10 - Polea tipo “v”	69
XII-K.	Anexo 11 - Polea escalonada	70
XII-L.	Anexo 12 - Barras laterales de protección	71
XII-M.	Anexo 13 - Montura de motor para tracción	72
XII-N.	Anexo 14 - Seguro para montura de la tracción	73
XII-Ñ.	Anexo 15 - Rodamiento para el eje posterior	74
XII-O.	Anexo 18 - Llanta del robot	75
XII-P.	Anexo 19 - Acoples de llantas	76
XII-Q.	Anexo 20 - Motor Brushless	77
XII-R.	Anexo 21 - Motor Fingertech	78
XII-S.	Anexo 22 - Casco de motor brushless A2212	79
XII-T.	Anexo 23 - Rueda loca	80
XII-U.	Anexo 24 - Alerón	81
XII-V.	Anexo 25 - Anillo para banda	82
XII-W.	Anexo 26 - Soporte del motor posterior	83
XII-X.	Anexo 27 - Eje del arma posterior	84
XII-Y.	Anexo 28 - Perno Allen M4	85
XII-Z.	Anexo 29 - Polea de tambor	86
XII-.	Anexo 30 - Banda para sierra	87
XII-.	Anexo 31 - Tapa Frontal Superior	88
XII-.	Anexo 32 - Tornillo “tripa de pato”	89
XII-.	Anexo 33 - Brida cabezal	90
XII-.	Anexo 33 - Dientes del rodillo	91
XII-.	Fotografías del montaje preliminar y final	92

ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Batalla de robots [8].	20
2.	Club de Robótica sede Guayaquil [10].	21
3.	Tipos de sistema de locomoción [13].	22
4.	Método ofensivo de Milrem Robotic [15].	22
5.	Método defensivo de Piap Gryf Robot [17].	23
6.	Robot tipo Drumbot [18].	23
7.	Robot tipo Sepearbot [18].	24
8.	Disco de sierra horizontal. Fuente: Autores.	26
9.	Sistema de cuchillas verticales por medio de eje Runibot [26].	26
10.	Diseño de cuña en robot DeadFlit. [28].	27
11.	Diseño de robot KillDozer tipo rammer. [30].	27
12.	Batería de Lipo litio ANERA 7.4V 2S 2600mAh 25C [32].	28
13.	Motor BLDC [35].	29
14.	Controlar de Velocidad con “BEC”[36].	29
15.	Placa de acero al carbono fundido [39].	31
16.	Piezas elaboradas con Hierro. [39]	31
17.	Vista frontal de la cubierta superior. Fuente: Autores.	33
18.	Vista frontal de la cubierta inferior. Fuente: Autores.	33
19.	Vista posterior de la cubierta lateral interna. Fuente: Autores.	34
20.	Vista lateral derecha y posterior de la cubierta trasera. Fuente: Autores.	34
21.	Vista superior de la Cubierta Frontal. Fuente: Autores.	35
22.	Vista superior del rodamiento con soporte de brida. Fuente: Autores.	35
23.	Vista lateral derecha del Eje para soporte de brida. Fuente: Autores.	36
24.	Vista superior de la sierra circular. Fuente: Autores.	36
25.	Vista frontal de la brida de sujeción superior. Fuente: Autores.	37
26.	Vista frontal de la brida de sujeción inferior. Fuente: Autores.	37
27.	Vista frontal de la polea tipo “v”. Fuente: Autores.	38
28.	Vista frontal de la polea escalonada. Fuente: Autores.	38
29.	Vista superior de las barras laterales de protección. Fuente: Autores.	39
30.	Vista lateral izquierda del soporte de motor. Fuente: Autores.	40
31.	Vista frontal del seguro para la base del motor. Fuente: Autores.	40
32.	Vista lateral derecha del rodamiento de eje posterior. Fuente: Autores.	41
33.	Vista isométrica del eje. Fuente: Autores.	41
34.	Vista isométrica del arma posterior. Fuente: Autores.	42
35.	Vista inferior llantas Banabots T40 2 7/8. Fuente: Autores.	42
36.	Buje T81, eje de 6mm. Fuente: Autores.	42
37.	Radio control FLYSKY FS-I6 [40].	44
38.	Receptor FS-iA6 [40].	44
39.	Motor brushless 1000 kv. Fuente: ACA FALTA	45
40.	Motor fingertech brushless con caja planetaria de 1500 kv. [42]	45
41.	Mini Power Switch de FingerTech. [43]	46
42.	Controladora Bidireccional Fingertech 20A 2-4S. [44]	46
43.	Controladora de velocidad para motor sin escobillas 30A 2-4S. [45]	47
44.	Batería LiPo CNHL Black Series de 1500mAh 2-4S. [46]	47
45.	Diagrama Esquemático. Fuente: Autores.	48
46.	Conexiones eléctricas. Fuente: Autores.	48
47.	Diagrama del funcionamiento del robot. Fuente: Autores.	49

48.	Resultado de deformación en la Cubierta Superior. Fuente: Autores.	50
49.	Resultado de Von Mises en la Cubierta Superior. Fuente: Autores.	50
50.	Resultado de deformación en la Cubierta Inferior. Fuente: Autores.	51
51.	Resultado de Von Mises en la Cubierta Inferior. Fuente: Autores.	51
52.	Resultado de deformación en la Cubierta Lateral Interna. Fuente: Autores.	52
53.	Resultado de Von Mises en la Cubierta Lateral Interna. Fuente: Autores.	52
54.	Resultado de deformación en la Cubierta Posterior. Fuente: Autores.	53
55.	Resultado de Von Mises en la Cubierta Posterior. Fuente: Autores.	53
56.	Resultado de deformación en la Cubierta Frontal. Fuente: Autores.	54
57.	Resultado de Von Mises en la Cubierta Frontal. Fuente: Autores.	54
58.	Resultado de deformación en la Tapa Superior. Fuente: Autores.	55
59.	Resultado de Von Mises en la Tapa Superior. Fuente: Autores.	55
60.	Plano Cubierta superior. Fuente: Autores.	60
61.	Plano Cubierta inferior. Fuente: Autores	61
62.	Plano de las Cubiertas laterales internas. Fuente: Autores.	62
63.	Plano de la cubierta posterior. Fuente: Autores.	63
64.	Plano del rodamiento de soporte para brida. Fuente: Autores.	64
65.	Plano del Eje para soporte de brida. Fuente: Autores.	65
66.	Plano del Disco de Sierra Circular. Fuente: Autores.	66
67.	Plano de la brida de sujeción superior. Fuente: Autores.	67
68.	Plano de la brida de sujeción inferior. Fuente: Autores.	68
69.	Plano de la Polea tipo “v”. Fuente: Autores.	69
70.	Plano de la Polea escalonada. Fuente: Autores.	70
71.	Plano de las barras laterales de protección. Fuente: Autores.	71
72.	Plano de montura de motor para tracción. Fuente: Autores.	72
73.	Plano de seguro para montura de la tracción. Fuente: Autores.	73
74.	Plano del Rodamiento para el eje posterior. Fuente: Autores.	74
75.	Plano de la Llanta del robot. Fuente: Autores.	75
76.	Plano del Acople de la llanta. Fuente: Autores.	76
77.	Plano del motor brushless. Fuente: Autores.	77
78.	Plano del motor Fingertech. Fuente: Autores.	78
79.	Plano de casco de motor brushless. Fuente: Autores.	79
80.	Plano de la rueda loca. Fuente: Autores.	80
81.	Plano del alerón. Fuente: Autores.	81
82.	Plano del anillo para banda. Fuente: Autores.	82
83.	Plano del soporte para motor posterior. Fuente: Autores.	83
84.	Plano del eje del arma posterior. Fuente: Autores.	84
85.	Plano del Perno Allen M4. Fuente: Autores.	85
86.	Plano de la polea de tambor. Fuente: Autores.	86
87.	Plano de la banda para sierra. Fuente: Autores.	87
88.	Plano de la tapa frontal superior. Fuente: Autores.	88
89.	Plano del tornillo “tripa de pato”. Fuente: Autores.	89
90.	Plano de la brida cabezal. Fuente: Autores.	90
91.	Plano de los dientes del rodillo. Fuente: Autores.	91
92.	Prueba preliminar de diseño. Fuente: Autores.	92
93.	Pintado de la cubierta superior de prueba. Fuente: Autores.	92
94.	Pruebas preliminares. Fuente: Autores.	93
95.	Fabricación de partes del diseño final. Fuente: Autores.	93

96.	Montaje del arma principal. Fuente: Autores.	94
97.	Montaje rueda loca. Fuente: Autores.	94
98.	Prueba de conexiones. Fuente: Autores.	95
99.	Ajuste de piezas del diseño final. Fuente: Autores.	95
100.	Montaje final de diseño. Fuente: Autores.	96

ÍNDICE DE TABLAS

I.	Matriz de objetivos	19
II.	Categorías de robots dependiendo su peso [9]	20
III.	Propiedades del acero al carbono no aleado. Fuente: Solidworks.	32
IV.	Propiedades del Hierro. Fuente: Solidworks.	32
V.	Especificaciones motor brushless fingertech [42]	45
VI.	Cronograma de Actividades.	56
VII.	Presupuesto de gastos generales.	57

I. INTRODUCCIÓN

Los concursos de robots de batalla representan un terreno fértil para la exploración y la innovación, ya que requiere soluciones ingeniosas para superar inconvenientes debido a las limitaciones de peso, autonomía energética y diseño [1]. Demostrar la viabilidad de la construcción de robots de batalla competitivos para la categoría de 12 libras es el objetivo de este trabajo de investigación, analizando las complejidades técnicas, estratégicas y de diseño aprovechando los recursos al máximo, evitando un incorrecto posicionamiento de componentes en el chasis del prototipo y esperando un rendimiento óptimo durante el combate. Adicionalmente, este estudio podría ofrecer perspectivas valiosas para futuros proyectos de robótica en otros contextos industriales, entretenimiento e impartir talleres a estudiantes de otras instituciones públicas o privadas.

La implementación de robots de batalla no solo implica la integración de campos como la mecánica, la electrónica y el control, sino también demanda un profundo entendimiento de cómo estos elementos interactúan en un entorno de combate altamente hostil y dinámico [2]. A través de la construcción de prototipos se realizarán pruebas de sus principales componentes, se explorará cómo optimizar su diseño, se escogerán materiales dentro del mercado ecuatoriano de manera eficiente teniendo en cuenta las limitaciones de recursos financieros sin descuidar la implementación de estrategias de control efectivas que pueden influir en el rendimiento y el éxito en competencias de robots.

El desarrollo de robots de batalla, no solo aportará avances técnicos y estratégicos en este campo, sino que también contribuirá al crecimiento de las habilidades de ingeniería de aquellos involucrados en el proyecto [3].

II. PROBLEMA

Los combates de robots de batalla proveen a los ingenieros y diseñadores la oportunidad de poner a prueba sus habilidades técnicas y su capacidad para elaborar estrategias efectivas dentro de una competición. En este entorno, enfrentan desafíos que van acompañados de consideraciones altamente específicas, debido a las restricciones impuestas por factores como el peso, el sistema eléctrico, los componentes electrónicos y las dimensiones físicas [4]. Sin embargo, hay una importancia crucial en la administración de la energía, ya que cada equipo debe garantizar que su almacenamiento energético sea suficiente para la duración completa del combate. En el presente caso también se debe considerar la limitación de peso establecida para la categoría de combate de 12 libras, equivalente a 5.45 kilogramos.

La implementación de un robot de batalla en la categoría 12 libras es un desafío en innovación que puede lograrse para estudiantes en la Carrera de Mecatrónica de la Universidad Politécnica Salesiana. El planteamiento de este proyecto demanda una comprensión de múltiples disciplinas de ingeniería como: Mecánica, Control, Electrónica, entre otros campos [5]. Sin embargo, si se carecen de habilidades en estos campos puede dificultarse, ya que cada aspecto técnico es primordial para su rendimiento general.

Por otro lado, podría surgir una dificultad relacionada con los recursos financieros, ya que la obtención de componentes, herramientas especializadas y la manufactura de las distintas piezas, además de su ensamblaje, podría generar gastos significativos. La construcción de los robots de combate representa un desafío en muchos casos. Estos obstáculos tienen el potencial de impactar negativamente la calidad, el rendimiento y la operatividad del proyecto.

III. OBJETIVOS

III-A. Objetivo General

- Desarrollar un robot de batalla de 12 libras radiocontrolado, utilizando componentes dentro del mercado local para participación en competencias nacionales.

III-B. Objetivos específicos

- Diseñar los sistemas: mecánico, electrónico y de control, del robot de batalla.
- Implementar una hoja de sierra circular como armamento primario en el robot de batalla, conforme al prototipo diseñado.
- Validar el funcionamiento de las diferentes partes del robot de batalla realizando pruebas de campo en ambientes controlados.

IV. MATRIZ DE OBJETIVOS

Tabla I
MATRIZ DE OBJETIVOS

OBJETIVO	PLANTEAMIENTO	META	INDICADOR
1	Diseñar los sistemas: mecánico, electrónico y de control, del robot de batalla.	Evaluar mediante simulaciones la capacidad de su estructura para soportar alrededor de 350 N de impacto.	Mediante la simulación y cálculo matemático.
2	Implementar una hoja de sierra circular como armamento primario en el robot de batalla, conforme al prototipo diseñado.	Energizar el armamento principal con batería de 3 Celdas.	Mediciones del consumo energético.
3	Validar el funcionamiento de las diferentes partes del robot de batalla, realizando pruebas de campo en ambientes controlados.	Comprobar que la velocidad del robot se acerque alrededor de 12pie/s.	Registro del tiempo medido, en la distancia por recorrer y cálculo matemático.

V. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

V-A. *Batalla de robots*

Esta modalidad involucra una emocionante competencia entre dos robots controlados de manera remota. Estos robots se enfrentan utilizando sus inventivas armas mecánicas o neumáticas en un espacio limitado [6]. En este evento, la destreza y el conocimiento de los diseñadores y operadores de estos robots son puestos a prueba, contribuyendo a determinar qué equipo emerge como vencedor en este apasionante duelo tecnológico [7].

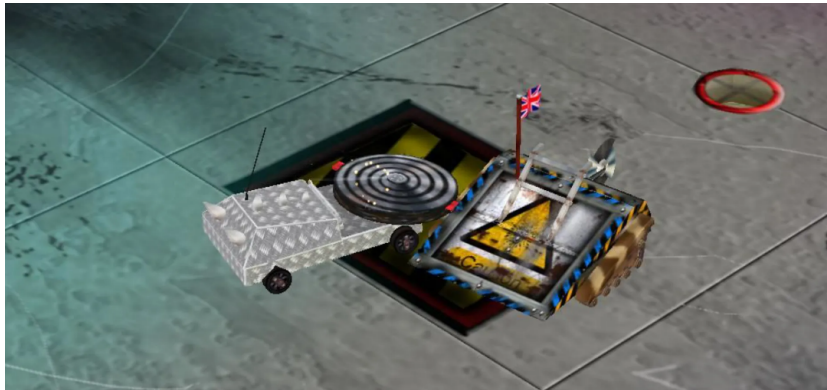


Figura 1. Batalla de robots [8].

V-B. *Reglamentos de robot de batalla*

Los reglamentos de los robots de batalla, establecen normas, junto a directrices, para garantizar la seguridad, la equidad además de la claridad en las competencias. Los principales aspectos de estos reglamentos son: categorías de peso, dimensiones, diseño y construcción.

Tabla II
CATEGORÍAS DE ROBOTS DEPENDIENDO SU PESO [9]

CATEGORÍA	TIPOS DE ROBOTS
Batalla de Robots	1 libra
	3 libras
	12 libras
	30 libras
	120 libras

En este evento, la destreza y el conocimiento de los diseñadores y operadores de estos robots son puestos a prueba, contribuyendo a determinar qué equipo emerge como vencedor en este apasionante duelo tecnológico correspondiendo al peso de su categoría [9].

V-C. *Principales concursos de competencia de robots*

En la actualidad, los eventos de robótica a nivel nacional e internacional organizan competencias en diversas categorías de robots de combate. En cada una de estas competencias, ya sean de ámbito nacional o internacional, los equipos se enfrentarán para obtener el primer lugar en la categoría correspondiente a su robot de batalla.

Los torneos nacionales pueden darse en lugares como: Universidad Politécnica Salesiana de Guayaquil, Escuela Superior Politécnica del Litoral en Guayaquil, Universidad Técnica de Ambato, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Escuela Politécnica Nacional en Quito. Torneo llamado Campeonato Ecuatoriano de Robótica. [10].

En los eventos internacionales el nivel de dificultad aumenta y por ello la experiencia así como la estrategia son importantes. Estas competencias tienen lugar en: “RobochallengeMx” en México, “Tech-GamesLima” en Perú, “Runibot” en Colombia.



Figura 2. Club de Robótica sede Guayaquil [10].

V-D. *Tipos de robot de batalla*

Los robots de batalla se clasifican en varios tipos basados en sus estrategias de combate, armas y diseño. A continuación, se da un breve concepto de los principales tipos de robots:

V-D1. Robot móvil: Actualmente, la investigación científica experimenta un notable aumento en el campo de la robótica móvil. Este ámbito engloba diversas aplicaciones, algunas aplicaciones incluyen supervisión, búsqueda, rastreo, salvamento, diversión, identificación, aplicaciones en la industria y asistencia individual, entre numerosas alternativas más.

A lo largo del tiempo, la robótica móvil ha experimentado una evolución. Inicialmente, dependía de la operación humana en robots teleoperados. Sin embargo, con el transcurso de los años, se ha avanzado hacia la implementación de agentes robóticos. Estos agentes se encargan de abordar el desafío de reducir errores humanos al hacer uso de algoritmos más avanzados [11].

V-D2. Sistema de locomoción: La locomoción implica el proceso mediante el cual un individuo o entidad se desplaza de un punto a otro. Este desplazamiento puede lograrse a través de ruedas, orugas o extremidades, como se ilustra en la figura 3.

La capacidad de un robot para desplazarse dentro de su entorno se denomina locomoción robótica. Además, este mecanismo resulta esencial con el propósito de lograr que los robots puedan interactuar de manera efectiva con su ambiente y llevar a cabo una variedad de tareas con autonomía y eficiencia [12].

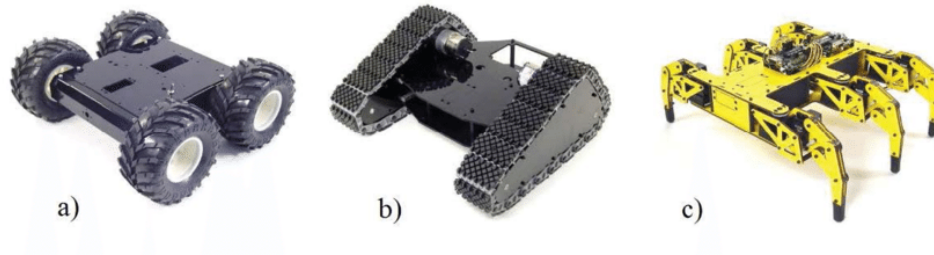


Figura 3. Tipos de sistema de locomoción [13].

V-D3. Robots ofensivos: Los robots de naturaleza ofensiva en tercera persona priorizan causar daño y favorecen la agresión en lugar del control. Los diseños convencionales se enfocan en incorporar un arma grande y rotatoria que puede atravesar armaduras, como se muestra en la figura 4. También se encuentran aquellos que llevan dispositivos capaces de lanzar robots oponentes a alturas superiores a 20 pies, y estas categorías de robots son conocidas como “spinner” y “flipper”, respectivamente [14].



Figura 4. Método ofensivo de Milrem Robotic [15].

V-D4. Robots defensivos: Los robots defensivos tienen como principal enfoque es ejercer dominio sobre los puntos, de agresión en vez de los puntos de daño. Están diseñados con la intención de exhibir una mayor durabilidad que sus oponentes, la cual se logra mediante la implementación de transmisiones más rápidas y potentes, junto con una armadura de mayor resistencia. En la mayoría de las competencias de combate de robótica, se exige el uso de armas “activas”. Por lo tanto, los robots defensivos suelen cumplir

esta norma al incorporar dispositivos de agarre o levantamiento destinados a inmovilizar y controlar a los oponentes, como se muestra en la figura 5 [16].

En BattleBots, la arena está repleta de peligros que pueden ser aprovechados para infligir daño adicional a los robots enemigos cuando se tiene el control completo.



Figura 5. Método defensivo de Piap Gryf Robot [17].

V-E. Drumbots

Estos robots combinan diversas características y estrategias para ganar combates en torneos como BattleBots y Robot Wars. Equipados con un tambor giratorio, estos robots no solo impactan al oponente, sino que también lo levantan, causando daños significativos y desestabilizándolo en el proceso [18].



Figura 6. Robot tipo Drumbot [18].

V-F. Spearbots

Son un tipo de robot de combate diseñados para atacar a sus oponentes con una lanza o un arpón. Equipados con un arpón que se proyecta hacia adelante para perforar o empujar al oponente y diseñados para mantener la estabilidad al lanzar ataques, evitando que el propio robot se voltee [18].



Figura 7. Robot tipo Sepearbot [18].

V-G. Materiales para la construcción del robot

Los componentes físicos del robot incluyen metales, varios tipos de ruedas, así como circuitos integrados que contienen componentes electrónicos esenciales. Estos elementos son empleados tanto en la construcción como en el funcionamiento del robot.

V-H. Metales

V-H1. Acero 5260: Es una excelente opción para aplicaciones que requieren una alta resistencia y durabilidad, como en la industria automotriz o en la fabricación de herramientas. Su capacidad de endurecimiento, así como la resistencia al desgaste lo hacen un material versátil además de fiable en entornos de alta demanda.

V-H2. Acero 1010: El acero con una cantidad reducida de carbono se caracteriza su facilidad durante el proceso de manipulación y soldadura. Su principal fortaleza reside en su excelente capacidad de mecanizado y soldadura. Sin embargo, presenta la desventaja de poseer una resistencia y dureza inferiores en comparación con los aceros que tienen niveles más elevados de carbono [19].

V-H3. Acero 4340: Se está hablando de un tipo de acero que contiene una cantidad moderada de carbono y que muestra una mayor dureza y resistencia en comparación con el acero 1010. Su principal punto fuerte reside en la combinación equilibrada de resistencia y tenacidad. No obstante, tiene una limitación en términos de menor ductilidad en comparación con los aceros de baja aleación [20].

V-H4. Acero inoxidable: Esta aleación de acero, que está compuesta de cromo y níquel, demuestra una notable resistencia tanto a la corrosión como a la oxidación. Aparte de conservar su integridad estética a lo largo del tiempo, muestra una fuerza destacada frente a los efectos corrosivos.

Es fundamental considerar que esta aleación puede presentar desafíos más significativos en términos de manipulación y mecanizado en comparación con los aceros al carbono [21].

V-H5. Acero al carbono: El acero al carbono es una aleación de hierro y carbono con bajo contenido de carbono (menos del 0,35 %). Se utiliza ampliamente por su resistencia y bajo costo, aunque es susceptible a la corrosión. Factores como la textura superficial y la energía superficial influyen en su comportamiento frente a la corrosión. Procesos como el laminado y el forjado pueden mejorar su resistencia. En ambientes corrosivos, ciertas orientaciones cristalográficas pueden aumentar su durabilidad. [22] .

V-H6. Aluminio.: Se refiere a un metal liviano que presenta una resistencia y conductividad térmica destacadas. Las cualidades notables que presenta abarcan una densidad reducida, una gran capacidad de conducción térmica, así como una alta resistencia a la corrosión. Sin embargo, su principal restricción se encuentra en su menor resistencia en comparación con diversas variantes de acero [23].

V-H7. Titanio.: Un metal liviano que exhibe una combinación sobresaliente de resistencia y conductividad térmica. Sus notables ventajas se fundamentan en su baja densidad, su capacidad elevada para conducir el calor y su resistencia frente a la corrosión. A pesar de ello, la principal limitación de este metal radica en su resistencia menor en comparación con diversas variantes de acero [23].

V-H8. Aleaciones de magnesio.: Este material se caracteriza por su combinación de ligereza y resistencia equilibrada, lo cual lo convierte en una opción idónea para elementos estructurales. Aparte de su baja densidad, posee la capacidad de absorber impactos, lo que lo ha vuelto apreciado en el sector automotriz. Sin embargo, presenta susceptibilidad a la corrosión y puede inflamarse en circunstancias específicas [24].

V-I. Armas de ataque.

V-II. Disco de sierra: Un amplio conjunto de robots de combate emplea este enfoque para el ataque, ya que les permite ajustar tanto la velocidad como el tiempo, lo que tiene un impacto directo en la medida de energía que se libera. La energía contenida en un disco en rotación se encuentra determinada por la masa, las dimensiones y la velocidad de giro del mismo.

Como resultado, acelerar el disco aún más conlleva a una mayor acumulación de energía. Esta particularidad brinda al disco una ventaja estratégica en comparación con un brazo convencional, debido a la capacidad de incrementar la velocidad de forma constante, permitiendo así almacenar una cantidad creciente de energía en el dispositivo giratorio [25].

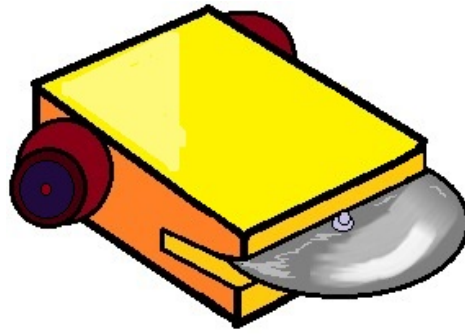


Figura 8. Disco de sierra horizontal. Fuente: Autores.

V-I2. Sistema rotacional: Para lograr una táctica ofensiva sólida, se incorpora al robot un sistema de cuchillas giratorio vertical en su retaguardia, el cual se asemeja a una barra de inercia. La mencionada barra cuenta con martillos dispuestos en su eje vertical y está asegurada mediante cuatro placas para asegurar una mayor estabilidad. Un interruptor especialmente diseñado y controlado a distancia a través del radiotransmisor se encarga de activar este sistema en respuesta a los intentos de ataque por parte del oponente desde la parte posterior del robot. Esta estrategia no solamente optimiza la capacidad de resistencia del robot, sino que también reduce al mínimo sus puntos vulnerables, ofreciendo así un enfoque sólido y efectivo para el ataque.

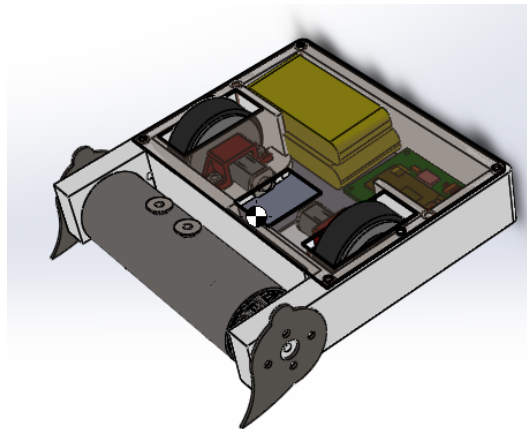


Figura 9. Sistema de cuchillas verticales por medio de eje Runibot [26].

V-I3. Diseño de cuña: El objetivo de la tarea implica el diseño de un robot con una inclinación similar a la presentada en la figura 10. Esto le otorga al robot la capacidad de elevarse por debajo de otros robots y, posteriormente, ejecutar eficazmente el volteo de los mismos [27].

La concepción del proyecto se enfoca en la creación de un mecanismo robótico con la habilidad de elevarse desde la posición inferior a la de otros robots y ejercer la fuerza requerida para llevar a cabo su giro o volcamiento [27].



Figura 10. Diseño de cuña en robot DeadFlit. [28].

V-I4. Diseño de Rammer: La herramienta más sencilla en los combos es el Rammer, un diseño simple pero elocuente: presenta la menor cantidad de piezas móviles y de puntos de fallo en un chasis sólido y bien diseñado, aprovechando la estructura física del robot como su arma [29].



Figura 11. Diseño de robot KillDozer tipo rammer. [30].

V-J. Batería LiPo

Una batería LiPo se caracteriza por ser recargable y emplear iones de litio en un electrolito polimérico para el almacenamiento de energía. Estas baterías son conocidas por su combinación de ligereza y alta capacidad energética. Sin embargo, su manipulación requiere precaución debido a su susceptibilidad a variaciones en la temperatura y el voltaje [31].



Figura 12. Batería de Lipo litio ANERA 7.4V 2S 2600mAh 25C [32].

V-J1. Nomenclatura de la batería Lipo: La nomenclatura en las baterías de polímero de litio es fundamental para la selección, operación y mantenimiento adecuados de las baterías en diversas aplicaciones. Esta nomenclatura proporciona información detallada sobre el tipo de batería, el voltaje, la configuración de celdas, la capacidad, la tasa de descarga, asegurando un uso seguro, así como su eficiencia [33].

Considerando la Figura 12, a continuación, se describirá la nomenclatura utilizada en dicha batería las cuales son:

- **Voltaje nominal:** La batería tiene un voltaje nominal de 7.4 voltios. Esto se logra al tener dos celdas (cada una con aproximadamente 3.7V) conectadas en serie.
- **Capacidad:** La batería tiene una capacidad de 2600 miliamperios-hora (mAh).
- **Tasa de descarga máxima:** El “25” es la tasa de descarga de la batería.

V-K. Motor sin escobilla

Es un tipo de motor llamado MOTOR BRUSHLESS (BLDC), se refiere a un tipo de motor eléctrico que opera prescindiendo de escobillas en su funcionamiento. En su lugar, emplea componentes electrónicos para la regulación de su movimiento [34].

Este enfoque confiere a estos motores una mayor eficiencia, durabilidad y una necesidad reducida de mantenimiento en comparación con los motores tradicionales con escobillas. Estos dispositivos son ampliamente utilizados en diversas aplicaciones, abarcando desde dispositivos de pequeña escala hasta vehículos eléctricos y sistemas industriales [34].

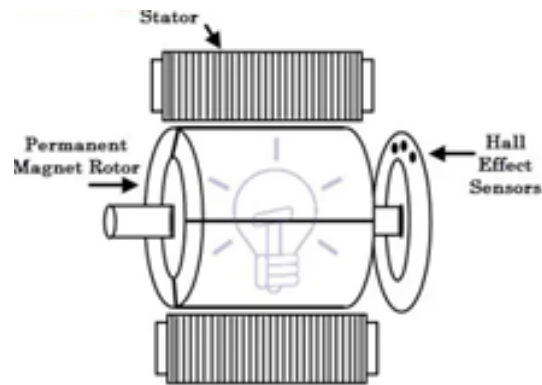


Figura 13. Motor BLDC [35].

V-L. *Controlador Electrónico Velocidad*

El controlador electrónico de velocidad (ESC) es el dispositivo responsable de gestionar la velocidad de un motor eléctrico. Este dispositivo es un tipo de convertidor estático de potencia, conocido como ondulator o inversor trifásico, ya que convierte la corriente continua proveniente de la batería en corriente alterna [36].

Numerosos ESC integran un sistema conocido como BEC (Battery Eliminating Circuit). Este circuito tiene la función de reducir el voltaje de salida, partiendo de la batería del dron (Suele tener un valor nominal de 11,1V), a un nivel regulado de 5V. Su propósito es suministrar energía a la placa controladora, sensores externos, receptor de radio, entre otros componentes [36].

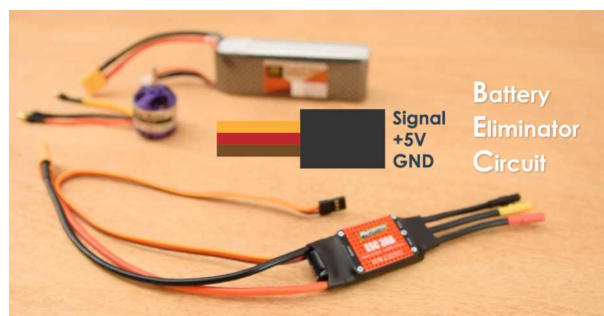


Figura 14. Controlar de Velocidad con "BEC"[36].

V-M. *Receptor*

El receptor desempeña un papel fundamental en un sistema de control remoto por radio. Colabora con el controlador para convertir las señales de radio en órdenes eléctricas que orientan los motores y elementos del robot. Facilita que las directrices del controlador alcancen al robot y se lleven a cabo. Su importancia es esencial para alcanzar un control preciso y eficiente en situaciones como la operación a distancia de un robot de combate [37].

V-N. Protección de componentes

Es fundamental asegurar una protección suficiente para las baterías, tanques de alta presión y combustible, así como las líneas de combustible en el robot. Si es posible introducir un destornillador largo a través del revestimiento externo del robot y causar daño a las baterías, tanques o líneas de combustible, esto indica que la protección actual no cumple con los requisitos necesarios [38].

VI. MARCO METODOLÓGICO

En esta sección se proporcionará una guía estructurada de cómo se llevará a cabo el desarrollo del proyecto técnico. Puesto que el progreso del mismo se estructura en varias fases, cada una de las cuales es esencial para garantizar el éxito en el desarrollo del robot.

Procediendo desde el diseño mecánico y componentes clave, afín de garantizar su resistencia así como la durabilidad. El diseño electrónico presentará una integración de sistemas de control óptimos para su maniobrabilidad. Finalmente, se realizan pruebas, afinando aspectos mecánicos y electrónicos para mejorar el rendimiento del robot en el entorno competitivo.

VI-A. *Diseño Mecánico*

VI-A1. Estructura del robot: El chasis del robot de batalla estará compuesto por una estructura híbrida, en la cual uno de estos elementos será el acero al carbono fundido, este material se convierte en una elección práctica y eficaz debido a su alta resistencia en el momento de recibir los impactos, las partes principales que constituyen al chasis, estarán fabricadas de este material.



Figura 15. Placa de acero al carbono fundido [39].

El siguiente elemento que se implementará, será el hierro, este material brinda una solidez efectiva y durabilidad, prolongando la vida útil de las piezas, reduciendo así la necesidad de reemplazos frecuentes, las piezas que componen los refuerzos del chasis principal, estarán fabricadas de este componente. Esta combinación de materiales proporcionará una combinación en resistencia, durabilidad al igual que su estabilidad, manteniendo una integridad estructural.



Figura 16. Piezas elaboradas con Hierro. [39]

VI-A2. **Propiedades de los materiales:** En las siguientes tablas de propiedades, se proporcionará datos técnicos acerca de: La densidad de masa, Tracción, Expansión térmica, entre otras. Con esta información, se podrá realizar selecciones informadas de materiales que satisfagan los requisitos de un proyecto, además, facilitará la relación entre diferentes materiales, con el fin de que el material seleccionado sea eficiente desde la fabricación de alguna pieza técnica, hasta el momento de su aplicación.

Tabla III
PROPIEDADES DEL ACERO AL CARBONO NO ALEADO. FUENTE: SOLIDWORKS.

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	210000	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	0.28	N/D
Módulo cortante	79000	N/mm ²
Densidad de masa	7800	kg/m ³
Límite de tracción	399.826	N/mm ²
Límite de compresión	250	N/mm ²
Límite elástico	220.594	N/mm ²
Coefficiente de expansión térmica	1.3e-05	/K
Conductividad térmica	43	W/(m·K)
Calor específico	440	J/(kg·K)
Coefficiente de amortiguamiento del material	N/D	N/D

Tabla IV
PROPIEDADES DEL HIERRO. FUENTE: SOLIDWORKS.

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	210000	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	0.29	N/D
Módulo cortante	82000	N/mm ²
Densidad de masa	7870	kg/m ³
Límite de tracción	250	N/mm ²
Límite de compresión	250	N/mm ²
Límite elástico	220	N/mm ²
Coefficiente de expansión térmica	1.2e-05	/K
Conductividad térmica	80	W/(m·K)
Calor específico	450	J/(kg·K)
Coefficiente de amortiguamiento del material	N/D	N/D

VI-A3. **Cubierta superior e inferior del robot:** La fabricación de la parte superior e inferior del chasis se lo realizará con acero al carbono fundido.

Esta sección brindará la resistencia a los impactos forzosos, además de poseer dimensiones adecuadas para resguardar los componentes electrónicos del robot. De acuerdo al diseño propuesto como se muestra en la Figura 17 y 18, dichas piezas serán manufacturadas.

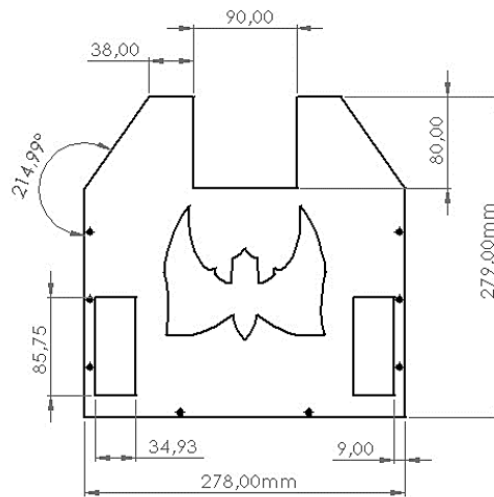


Figura 17. Vista frontal de la cubierta superior. Fuente: Autores.

Su sección inferior será la base de esta estructura, en donde soportará el peso de los componentes, su diseño ayudará a que el robot se desplace de manera estable. Por tanto ambas secciones, superior e inferior, trabajan en conjunto para la seguridad del mismo. En la sección de “Anexos” se podrá visualizar a más detalle las cotas de diseño.

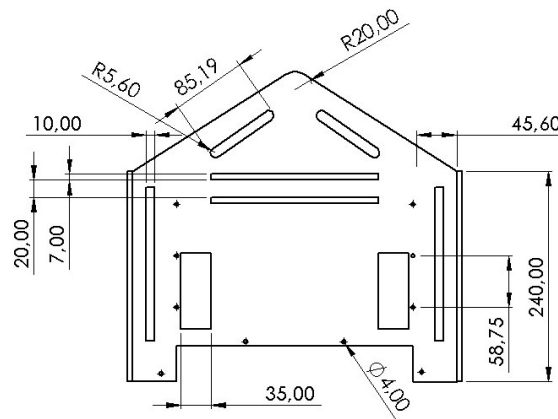


Figura 18. Vista frontal de la cubierta inferior. Fuente: Autores.

VI-A4. Cubiertas laterales interna: La estructura de las cubiertas laterales internas estará fabricada de hierro. Esta sección funcionará como un refuerzo estructural del chasis. La elección de este material se debe a que contribuirá a prolongar la vida útil de la pieza y a distribuir la fuerza de impacto a lo largo de toda la estructura. En la sección de “Anexos” se podrá visualizar a más detalle las cotas de diseño.

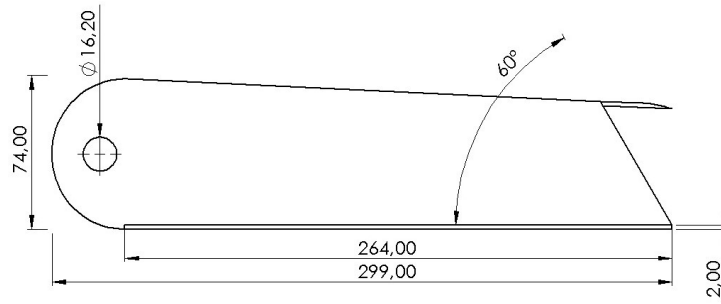


Figura 19. Vista posterior de la cubierta lateral interna. Fuente: Autores.

VI-A5. Cubierta Posterior: Esta pieza estará fabricada en hierro y se utilizará para conectar firmemente los laterales izquierdo y derecho. El diseño de esta sección contará con espacios que permitirán el cruce de cables, facilitando una organización eficiente del cableado interno.

Además, posibilitará la operatividad de la transmisión por correa sin restricciones. También, contará con orificios diseñados para disipar el calor generado por los componentes internos.

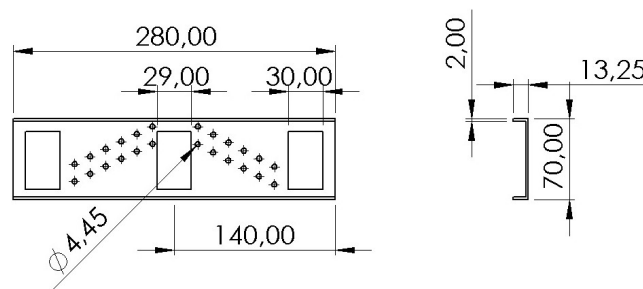


Figura 20. Vista lateral derecha y posterior de la cubierta trasera. Fuente: Autores.

VI-A6. Cubierta Frontal: Esta pieza estará diseñada para actuar como refuerzo para el chasis del robot, aumentando su rigidez y protegiendo partes vulnerables en el combate.

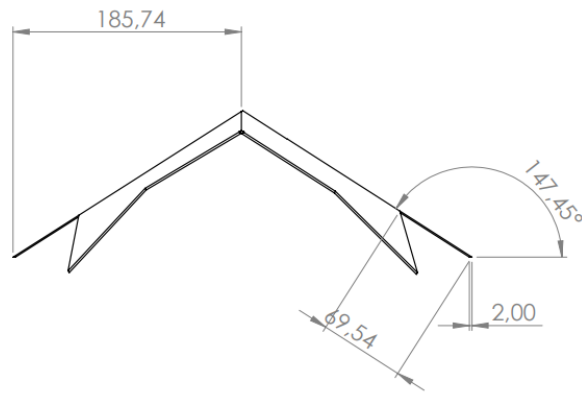


Figura 21. Vista superior de la Cubierta Frontal. Fuente: Autores.

VI-A7. Rodamiento con soporte de brida: Este tipo de rodamiento permitirá la rotación suave del eje mientras esté asegurado en su lugar mediante las bridas de sujeción.

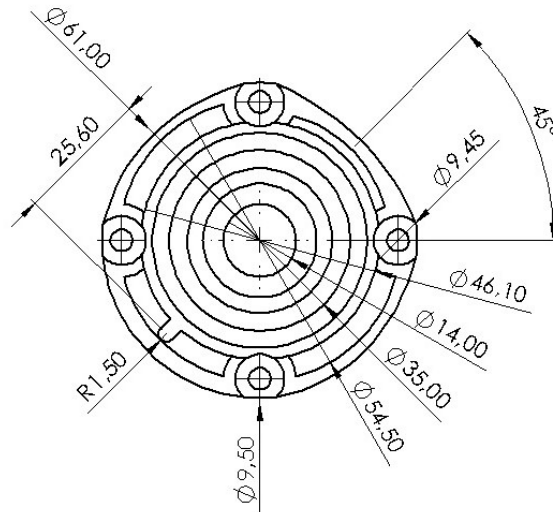


Figura 22. Vista superior del rodamiento con soporte de brida. Fuente: Autores.

VI-A8. Eje para soporte de brida: El diseño de este componente permitirá atravesar el rodamiento con soporte, facilitando una rotación libre de la sierra circular con sus respectivas bridas de sujeción.

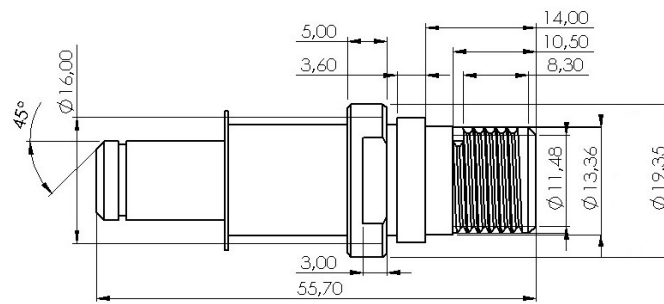


Figura 23. Vista lateral derecha del Eje para soporte de brida. Fuente: Autores.

VI-A9. Arma principal: El robot de batalla estará equipado con un disco de sierra que actuará como armamento principal, está realizará un movimiento giratorio en una orientación horizontal. Este tipo de armamento es característico en robots de batalla del tipo “rooter”. La sierra será accionada mediante una transmisión por correas, diseñada para alcanzar altas revoluciones por minuto con el propósito de infligir daños significativos al robot oponente.

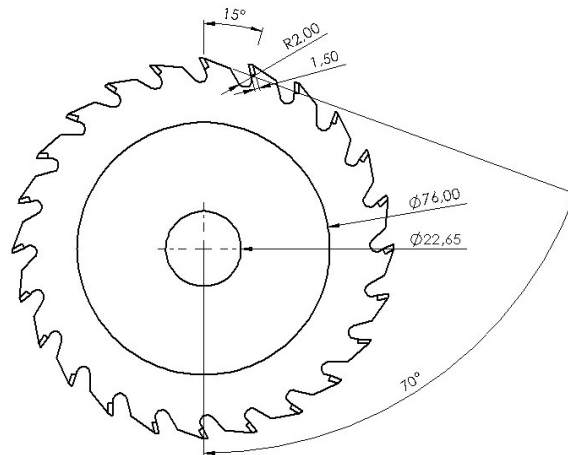


Figura 24. Vista superior de la sierra circular. Fuente: Autores.

VI-A10. Brida de sujeción: Esta sección está compuesta por dos piezas: una superior y una inferior, en donde la sección superior actuará como un seguro, cuya función será fijar el disco de la sierra al eje del soporte de rodamiento. Esto garantizará, que el disco quede firmemente sujeto y gire de manera adecuada durante su uso, ya que estará atornillado, evitando cualquier tipo de desplazamiento.

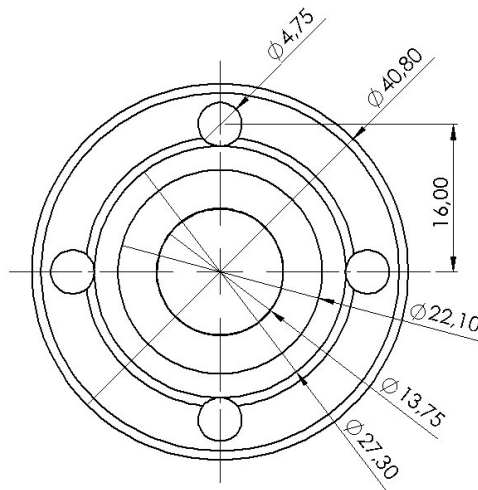


Figura 25. Vista frontal de la brida de sujeción superior. Fuente: Autores.

La brida de sujeción inferior servirá como base y contribuirá a mantener el disco de manera estable contra el soporte de rodamiento. La combinación de estas dos piezas garantiza que el disco permanezca centrado.

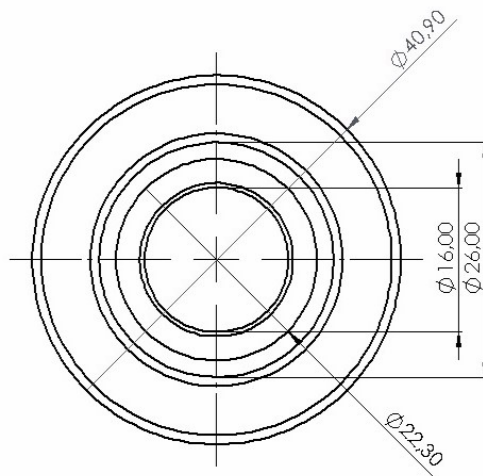


Figura 26. Vista frontal de la brida de sujeción inferior. Fuente: Autores.

VI-A11. Poleas para bandas: Esta pieza está destinada a transferir el movimiento del motor al soporte de rodamiento mediante el uso de una correa, lo que permitirá la implementación de un sistema de transmisión efectivo. El material seleccionado para su fabricación es el poliuretano. El diseño de la Figura 27 es la que se implementará para el arma delantera y el diseño de la Figura 28 para el funcionamiento del arma posterior.

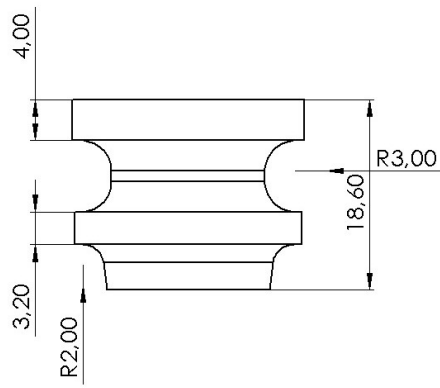


Figura 27. Vista frontal de la polea tipo “v”. Fuente: Autores.

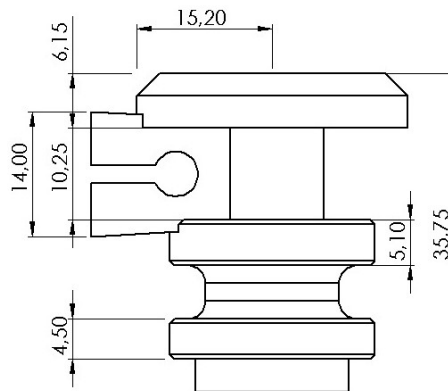


Figura 28. Vista frontal de la polea escalonada. Fuente: Autores.

VI-A12. *Cálculos de transmisión por banda:*

CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE SALIDA

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

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

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

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.

$$Velocidad angular de salida (\omega_2) = \frac{\omega_1}{i}$$

- ω_1 es la velocidad angular de entrada: 16,650 RPM
- i es la relación de transmisión: $i \approx 1,123$

$$\omega_2 = 16,650 \times 1,123 \approx 18,697 \text{ RPM}$$

Por ende, la velocidad angular de salida es aproximadamente $\omega_2 \approx 18,697 \text{ RPM}$.

VI-A13. Barras laterales de protección: El diseño de este refuerzo, aplicado tanto en el lateral derecho como en el izquierdo, tiene como objetivo prevenir impactos directos a los componentes electrónicos durante el combate. Esta pieza será soldada para asegurar una mayor rigidez en las cubiertas internas.

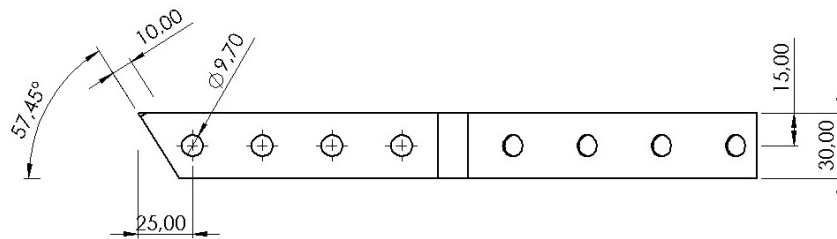


Figura 29. Vista superior de las barras laterales de protección. Fuente: Autores.

VI-A14. Montura de motor para la tracción: Este tipo de soporte se utilizará para asegurar un correcto alineamiento de las ruedas y, al mismo tiempo, amortiguar los impactos o choques que puedan ocurrir en un entorno de combate, dado que esta pieza estará fabricada en caucho.

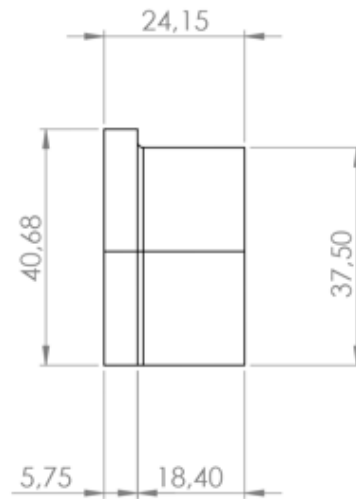


Figura 30. Vistal lateral izquierda del soporte de motor. Fuente: Autores.

VI-A15. Seguro para montura de la tracción: En relación con el tema mencionado anteriormente, se utilizarán abrazaderas que proporcionarán una sujeción segura y duradera sin añadir un peso significativo al robot. Estas abrazaderas, al ser fijadas con pernos, incrementarán la rigidez del montaje del motor, asegurando que permanezca firmemente en su lugar durante maniobras bruscas.

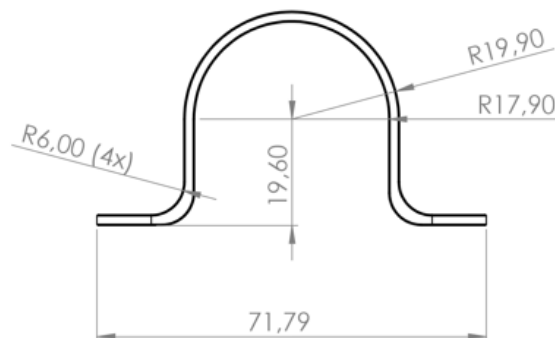


Figura 31. Vista frontal del seguro para la base del motor. Fuente: Autores.

VI-A16. Rodamiento para el eje posterior: Este componente proporcionará estabilidad durante la rotación del eje posterior, reduciendo la fricción y asegurando que la transmisión de potencia a través de la correa, permita su giro a alta velocidad sin dificultad.

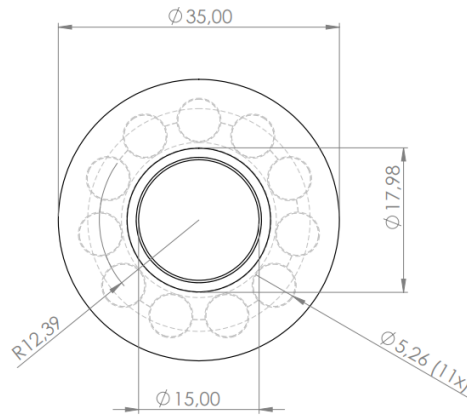


Figura 32. Vista lateral derecha del rodamiento de eje posterior. Fuente: Autores.

VI-A17. Eje del arma posterior: El eje central, situado en la parte posterior del robot, servirá como soporte principal para el arma denominada “Drum Spinner”. Este eje contará con un espacio diseñado para albergar una banda de transmisión, la cual será accionada por un motor. Al activarse, la banda transmitirá el movimiento al eje, permitiendo que gire, lo que a su vez hará rotar el tambor.

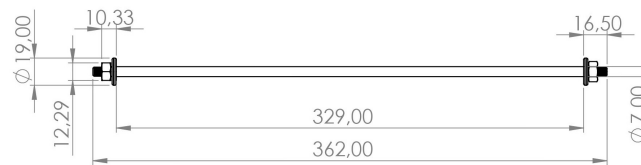


Figura 33. Vista isométrica del eje. Fuente: Autores.

VI-A18. Arma posterior: El tipo de arma ubicada en la parte posterior, conocida en los combates de robots como “Drum Spinner”, estará diseñada con tambor rotatorio atravesado por un eje. Esta arma girará a alta velocidad para infligir daño al adversario y será fabricada en poliuretano.

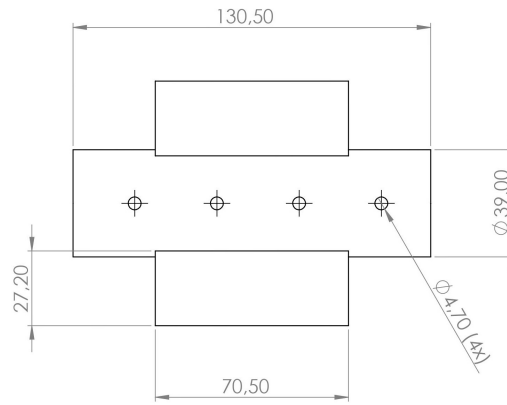


Figura 34. Vista isométrica del arma posterior. Fuente: Autores.

VI-A19. **Llantas de robot:** Para la movilidad en superficies planas se utilizará llantas marca Banebots T40 2 7/8.

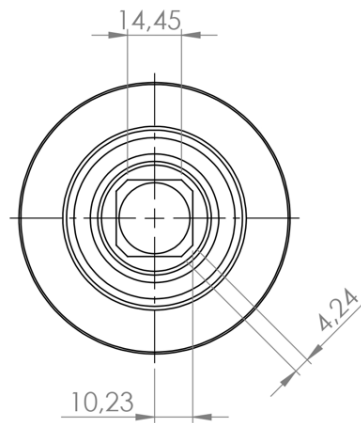


Figura 35. Vista inferior llantas Banebots T40 2 7/8. Fuente: Autores.

VI-A20. **Acoples para llantas:** El monta rueda Banebots T81 para un eje de 6mm, será el acople que se usará a fin de conectar el eje del motor y las ruedas de forma segura así como estable, permitiendo su montaje así como un desmontaje de forma sencilla, asegurando la movilidad activa.

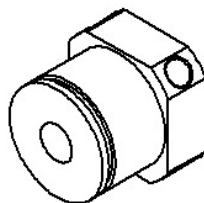


Figura 36. Buje T81, eje de 6mm. Fuente: Autores.

VI-A21. **Cálculos de potencia del motor de tracción:** Considerando los datos del motor y tomando en cuenta la caja reductora tipo planetaria se presentan las siguientes ecuaciones:

- **Kv (Constante de velocidad):** La constante de velocidad del motor es de 1500rpm por voltio aplicado
- **V (Voltaje aplicado):** Se está aplicando un voltaje de 11.1 V al motor

$$Velocidadsincarga(R1) = 1500 \times 11,1 = 16650 \text{ rpm}$$

$$Potencia = 180 \text{ W}$$

$$Reducción(Real) = 64 : 1$$

$$Relación(I) = 64$$

$$Velocidadenlajareductora(R2) = \frac{R1}{I} = \frac{16650}{64} \approx 260,16 \text{ rpm}$$

La velocidad de salida en la caja reductora es de 260,16 rpm.

$$Potencia = 0,241 \text{ HP}$$

$$Torquedelmotor = \frac{0,241 \times 716}{16650 \text{ rpm}} \approx 0,0104 \text{ kg-m}$$

$$TorqueenlaCajaReductora = \frac{0,241 \times 716}{260,16 \text{ rpm}} \approx 0,664 \text{ kg-m}$$

VI-B. **Diseño electrónico del robot**

VI-C. **Componentes electrónicos del robot**

VI-C1. **Radio control FLYSKY FS-I6:** El uso de un radio control en los robots de batalla es esencial para proporcionar al operador un control remoto preciso y en tiempo real durante la competencia. Para esta ocasión se usó el radio control “FLYSKY FS-I6” este modelo es popular entre los seguidores de la robótica así como el aeromodelismo por su fiabilidad además de sus características avanzadas.

Esta tecnología nos permite realizar movimientos complejos al igual que activar diversas armas todo realizándolo de manera inalámbrica, sus diversas características son:

- Radio de 6 canales, permitiendo el control de varias funciones.

- Pantalla LCD retroiluminada que facilita la configuración y el monitoreo de los parámetros del sistema.
- Utiliza una frecuencia de 2.4 GH.
- Posee un control a una distancia aproximadamente de 500 a 800 metros, dependiendo de las condiciones del entorno.
- Compatible con una amplia gama de receptores FlySky.



Figura 37. Radio control FLYSKY FS-I6 [40].

VI-C2. Receptor FS-iA6: Este receptor proporciona una conexión inalámbrica estable y confiable, recibiendo las señales de control enviadas por el transmisor, para este caso el FlySky FS-i6. A su vez la tecnología de 2.4GHz ayuda a evitar interferencias con otros dispositivos. Sus características claves son:

- Es compatible con transmisores FlySky como lo son: FS-i6, FS-T6, FS-i10, etc.
- Compacto y ligero, ideal para aplicaciones donde el espacio además del peso son críticos.
- Funciona en un rango de voltaje de 4.0 a 6.5V.



Figura 38. Receptor FS-iA6 [40].

VI-C3. Motor Brushless: Un motor brushless, también conocido como motor sin escobillas o BLDC (Brushless DC Motor), es un tipo de motor eléctrico que funciona sin las escobillas de carbono que se

encuentran en los motores de corriente continua tradicionales. Acontece que si se entrega las mismas cargas y velocidades, los motores BLDC son mucho más eficientes que los motores de corriente continua con escobillas [41].



Figura 39. Motor brushless 1000 kv. Fuente: ACA FALTA

Se implementó para la tracción del robot un motor Fingertech brushless con caja planetaria de 1500 kv, a continuación se dará a conocer características del mismo:

Tabla V
ESPECIFICACIONES MOTOR BRUSHLESS FINGERTECH [42]

ESPECIFICACIONES	FINGERTECH BRUSHLESS
Kilovoltio (Kv)	1500 Kv
Potencia (W)	50 Vatios
Voltaje Máx. (V)	11.1 V
Corriente Máx. (A)	10 A
Peso (g)	71,5 g



Figura 40. Motor fingertech brushless con caja planetaria de 1500 kv. [42]

VI-C4. Mini Switch de encendido: En el entorno de competición, donde la seguridad de los operadores es crucial, es fundamental contar con mecanismos que permitan una respuesta rápida ante posibles fallos, ya que un mal funcionamiento podría ocasionar daños significativos. El dispositivo que se utilizará, permitirá encender y apagar el robot de manera sencilla, cumpliendo con las normativas de la competición. Para

esta ocasión, se empleará el Mini Power Switch de FingerTech.

Se mencionará algunas de sus características:

- **Material:** nailon de alta temperatura, terminales de cobre, tornillo de aluminio dimensiones: 12,7 x 12,7 x 6,35 mm.
- **Terminales de cobre:** 3,5 mm x 1 mm.
- **Peso:** 2,15 gramos (0,076 oz).
- **Corriente nominal:** 40A.

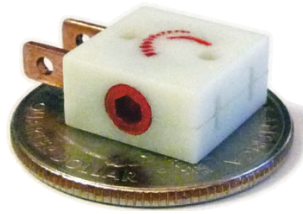


Figura 41. Mini Power Switch de FingerTech. [43]

VI-C5. Controladora de velocidad: Una controladora ESC (Electronic Speed Controller) para un motor brushless en un robot de batalla tiene varias funciones esenciales que son cruciales para el rendimiento y control del robot la cual es una aplicación de alta demanda, las controladoras de velocidad descritas a continuación, serán empleadas en el robot.

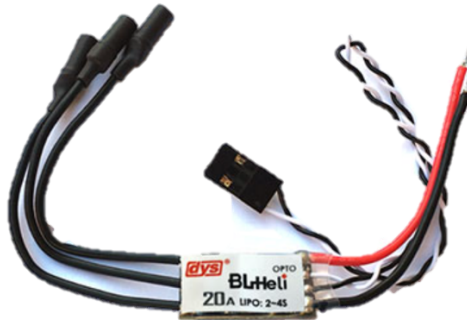


Figura 42. Controladora Bidireccional FingerTech 20A 2-4S. [44]

La controladora Esc Bidireccional FingerTech 20A, mostrado en la Figura 42, permitirá controlar la velocidad del motor en ambas direcciones, esta incluirá características de seguridad que aseguran la protección del equipo, haciendo de este un diseño compacto igual que ligero. Este componente será aplicado para la tracción del robot.

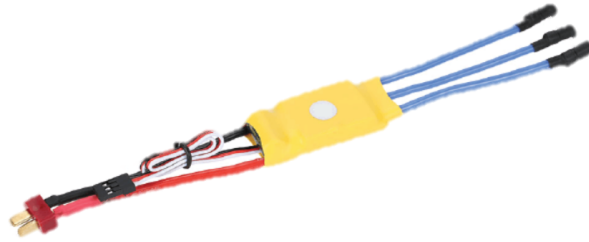


Figura 43. Controladora de velocidad para motor sin escobillas 30A 2-4S. [45]

Como se observa en la Figura 43, este controlador de velocidad, tiene un “BEC” incluido, el cual es un circuito integrado que convierte el voltaje de la batería principal del sistema en un voltaje más bajo, generalmente de 5V, el cuál, elimina la necesidad de una batería separada para alimentar los componentes electrónicos secundarios, simplificando así el sistema eléctrico del robot.

VI-C6. Batería LiPo : La batería LiPo CNHL Black Series de 1500mAh será utilizada para suministrar energía eléctrica a los componentes electrónicos previamente mencionados. Al incorporar 3 celdas, esta batería proporcionará un voltaje más alto, lo que resultará en una mayor velocidad de giro en los motores. Además, se aprovechará su compatibilidad con la mayoría de las controladoras de velocidad.



Figura 44. Batería LiPo CNHL Black Series de 1500mAh 2-4S. [46]

VI-C7. **Diseño Esquemático:** El diseño esquemático del prototipo se muestra en la Figura 45.

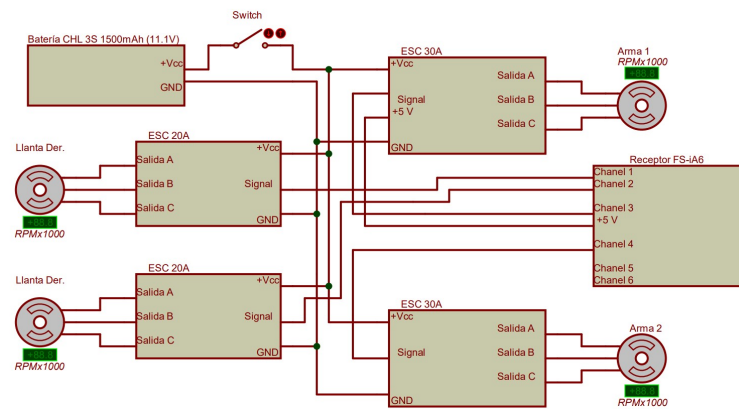


Figura 45. Diagrama Esquemático. Fuente: Autores.

VI-D. Diseño de control del robot

VI-D1. **Diagrama de conexión:** En el siguiente diagrama como se presenta en la Figura 46, se expone las conexiones eléctricas del robot de batalla.

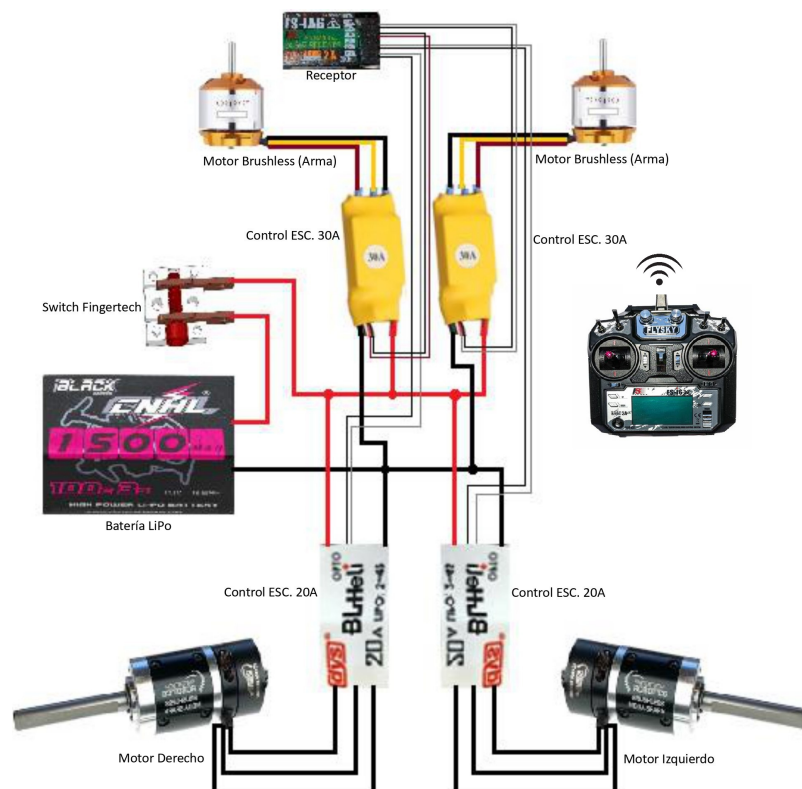


Figura 46. Conexiones eléctricas. Fuente: Autores.

VI-E. Diagrama de flujo del sistema

En el siguiente diagrama de flujo, se presenta el control de los componentes del robot:

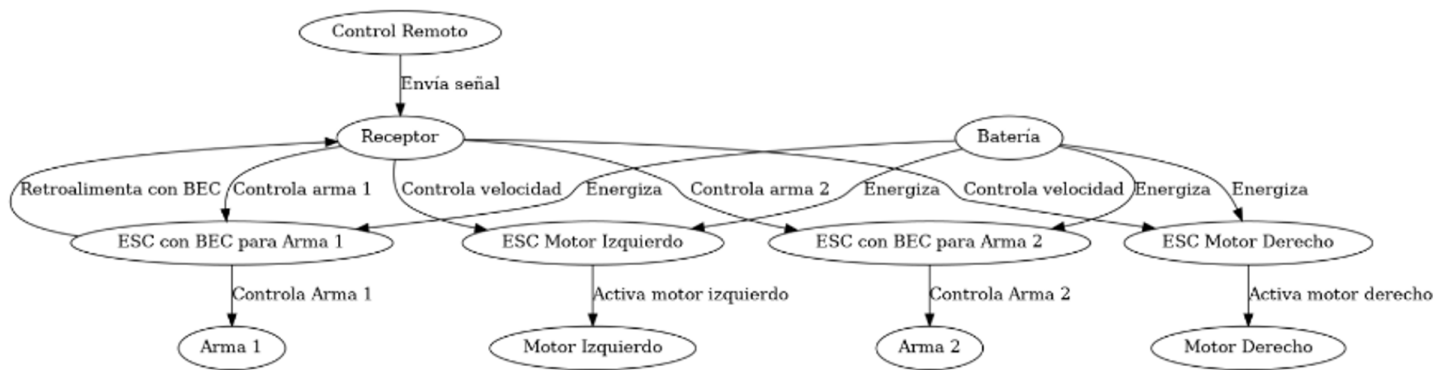


Figura 47. Diagrama del funcionamiento del robot. Fuente: Autores.

La secuencia de información se da a continuación:

- El control remoto, envía una señal de radiofrecuencia al receptor.
- El receptor, gestiona esta señal y envía señales PWM para controlar la velocidad de los motores del robot, además de activarlos.
- La ESC que tienen integrado un BEC (Battery Eliminator Circuit) permitirá retroalimentar el receptor con 5V, sin necesidad de energizarlo con una batería externa.
- La batería energizará los ESC correspondientes, que luego alimentan a los motores de las armas según las órdenes recibidas del receptor.

Este diagrama, ayudará ha comprender, cómo se distribuyen las señales de control y la energía dentro del sistema de un robot de batalla. Permitiendo identificar los elementos clave que requieren energía y señal de control.

VII. RESULTADOS

VII-A. Análisis Estructural de Componentes

VII-A1. Cubierta superior: En la Figura 48, se examina la cubierta inferior del robot, en el cual se le aplica una fuerza de 350 Newton, dando como resultado una deformación de 3,6283 URES. En la Figura 49, se visualiza el análisis de Von Mises con un limite de elasticidad de $2,482 \times 10^8$ Pascal.

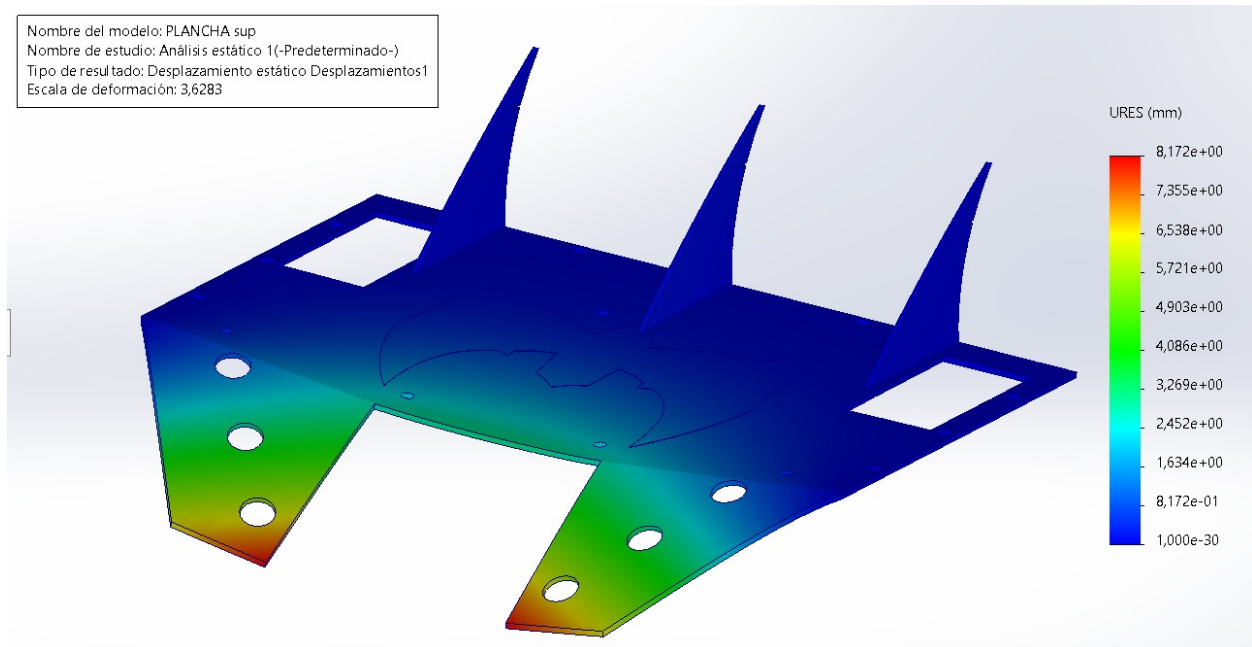


Figura 48. Resultado de deformación en la Cubierta Superior. Fuente: Autores.

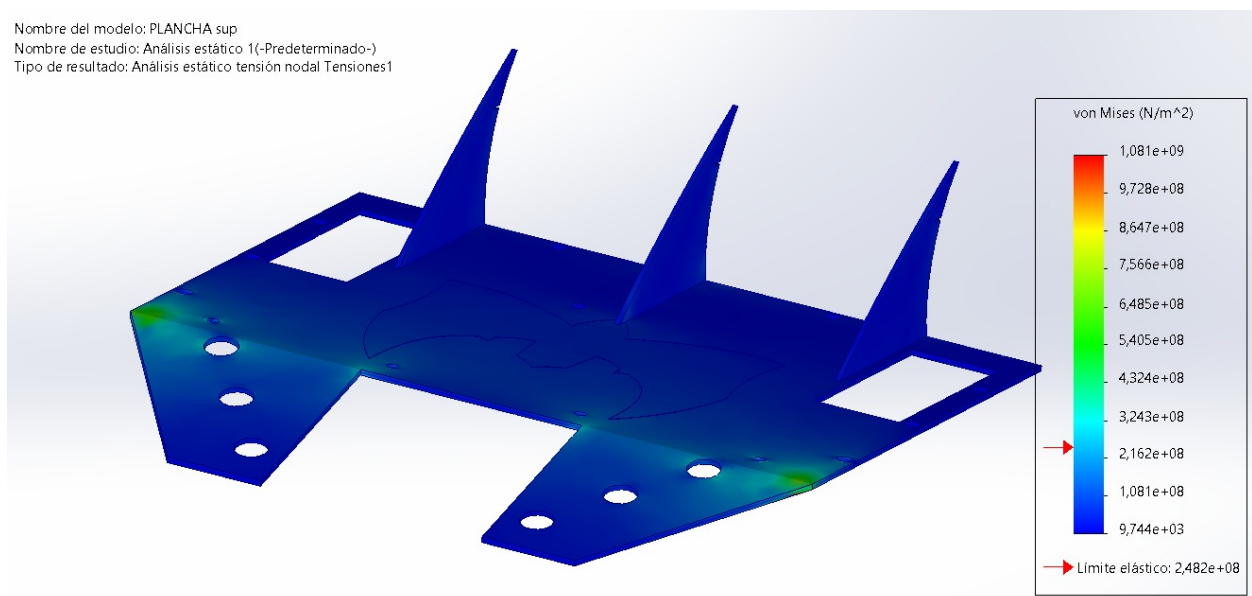


Figura 49. Resultado de Von Mises en la Cubierta Superior. Fuente: Autores.

VII-A2. **Cubierta Inferior:** En la Figura 50, se examina la cubierta inferior del robot, en el cual se le aplica una fuerza de 350 Newton, dando como resultado una deformación de 24,922 URES, el área central siendo la más afectada. En la Figura 51, se visualiza el análisis de Von Mises con un limite de elasticidad de 2,206e08 Pascal.

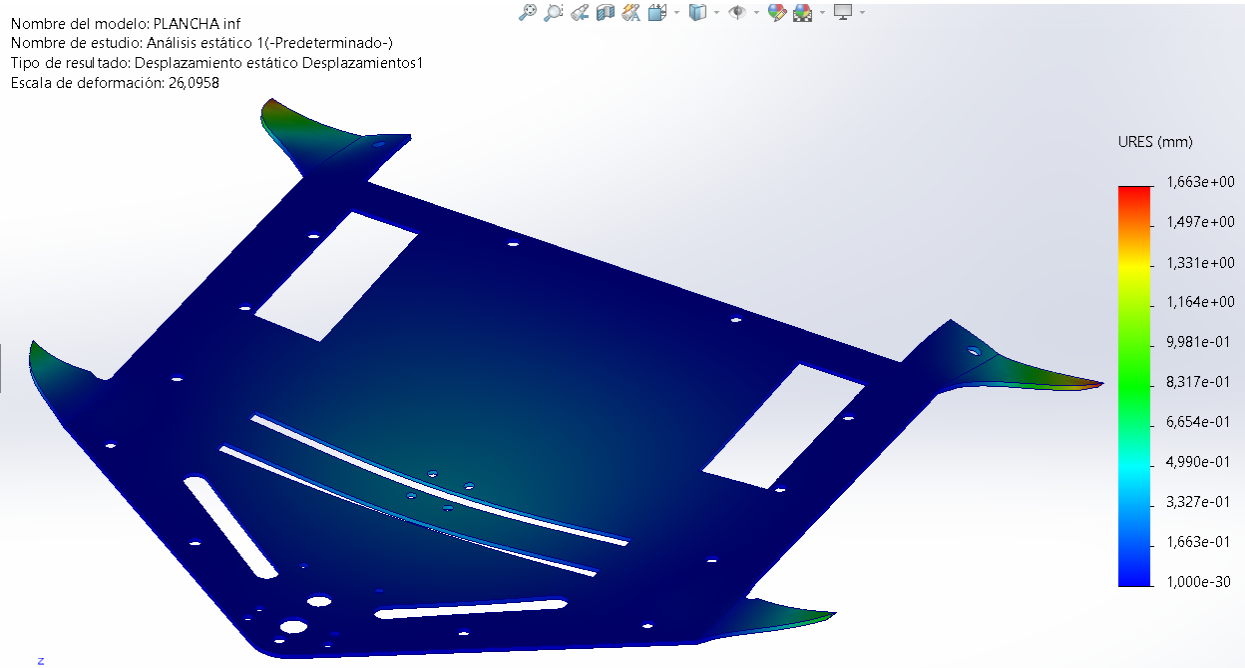


Figura 50. Resultado de deformación en la Cubierta Inferior. Fuente: Autores.

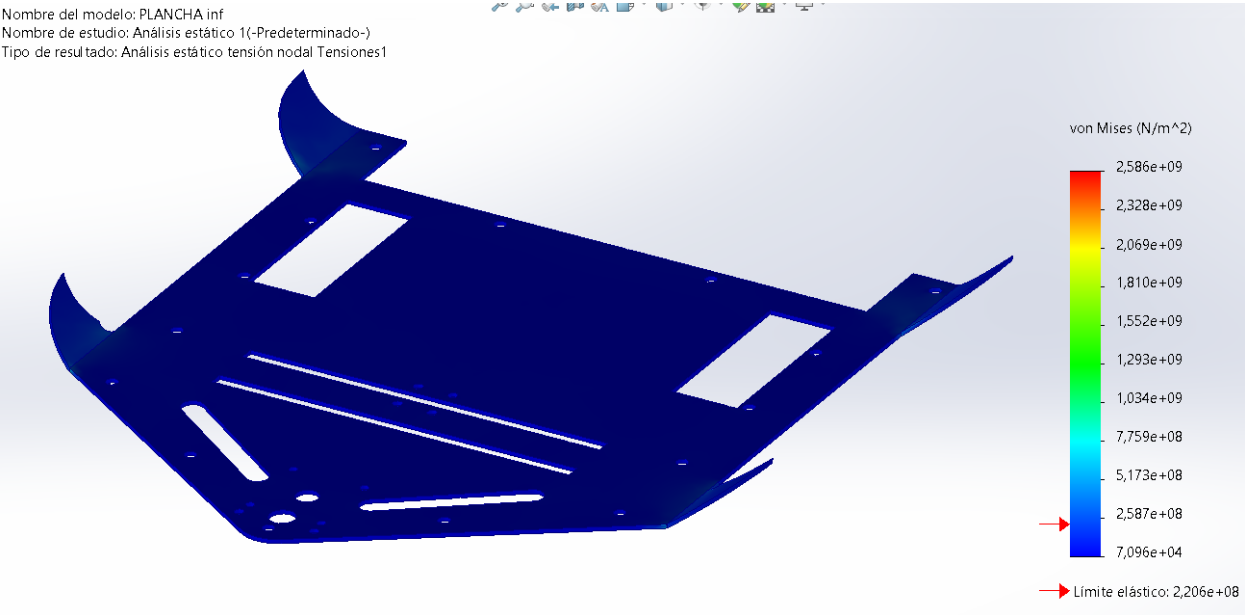


Figura 51. Resultado de Von Mises en la Cubierta Inferior. Fuente: Autores.

VII-A3. **Cubierta Lateral Interna:** En la Figura 52, se examina la cubierta lateral derecha del robot, en el cual se le aplica una fuerza de 350 Newton, dando como resultado una deformación de 2.270,21 URES, el área más afectada está ubicada en la parte superior izquierda de la pieza cerca del orificio. En la Figura 53, se visualiza el análisis de Von Mises con un límite de elasticidad de 5,515e+08 Pascal.

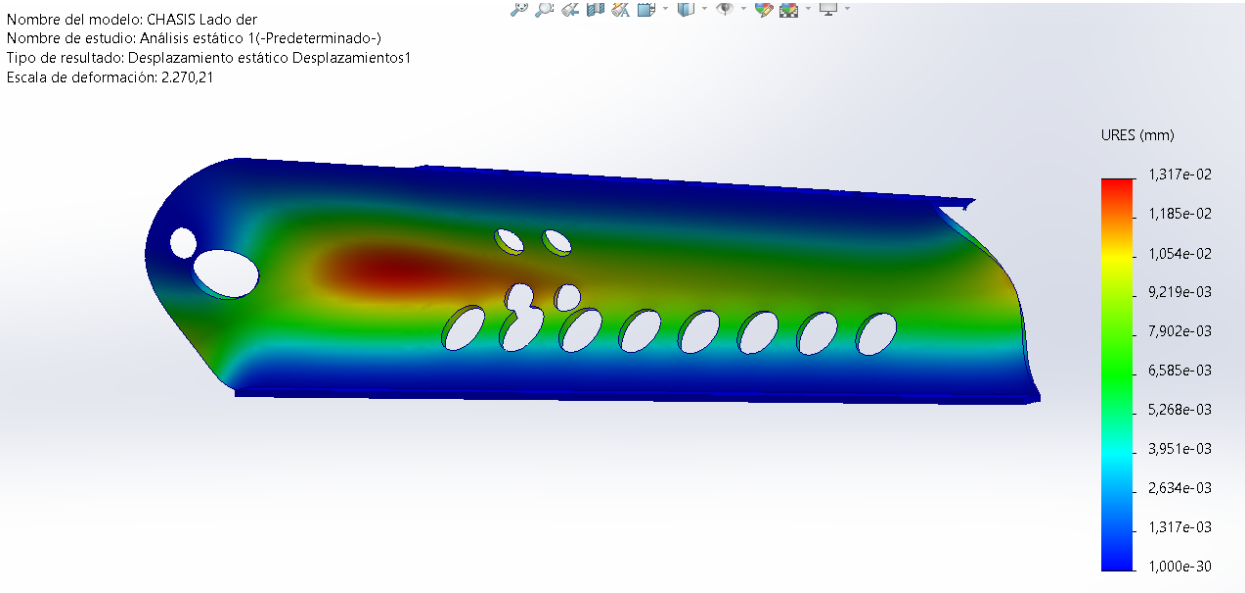


Figura 52. Resultado de deformación en la Cubierta Lateral Interna. Fuente: Autores.

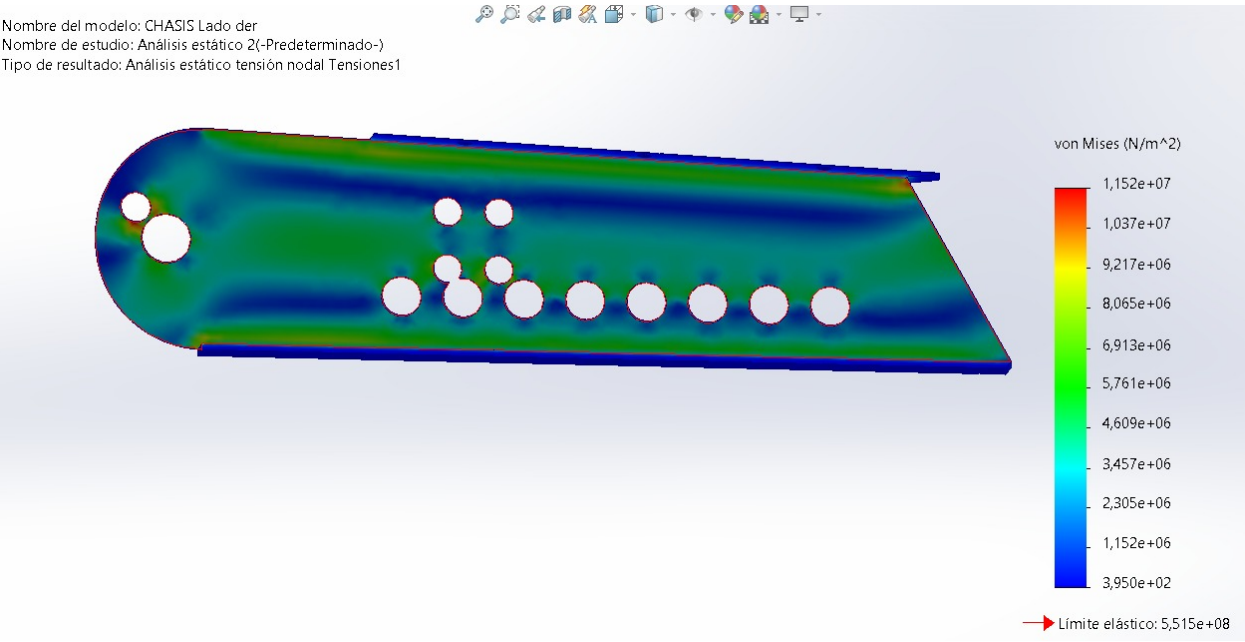


Figura 53. Resultado de Von Mises en la Cubierta Lateral Interna. Fuente: Autores.

VII-A4. **Cubierta Posterior:** En la Figura 54, se examina la cubierta posterior del robot, en el cual se le aplica una fuerza de 350 Newton, dando como resultado una deformación de 1.607,61 URES. En la Figura 55, se visualiza el análisis de Von Mises con un límite de elasticidad de 5,515e+08 Pascal.

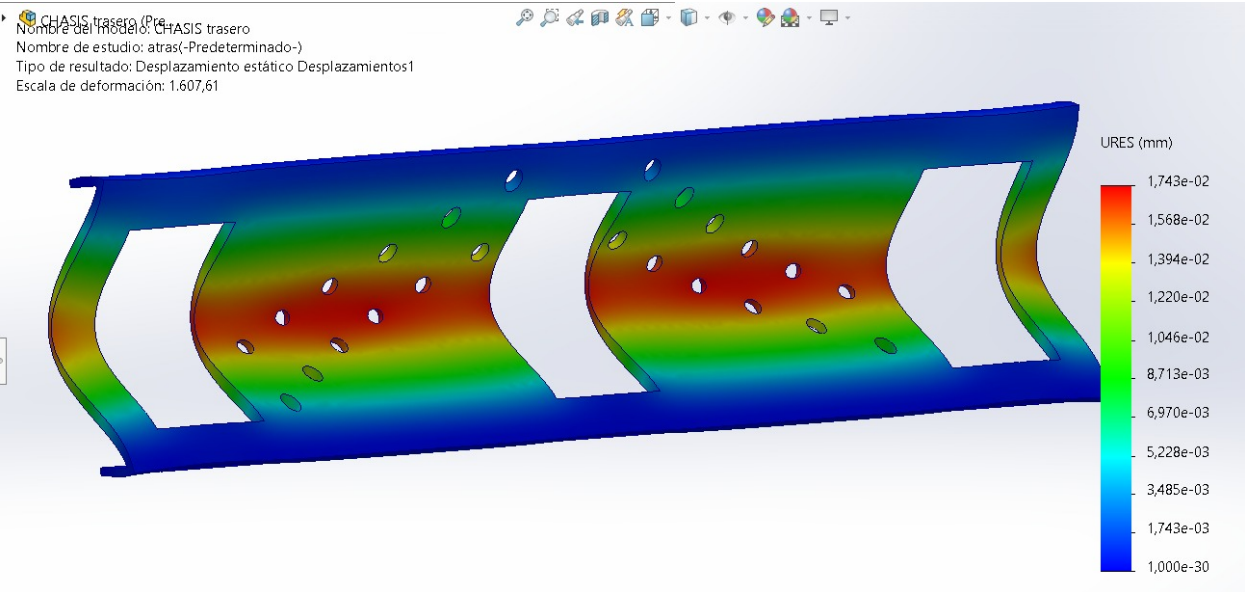


Figura 54. Resultado de deformación en la Cubierta Posterior. Fuente: Autores.

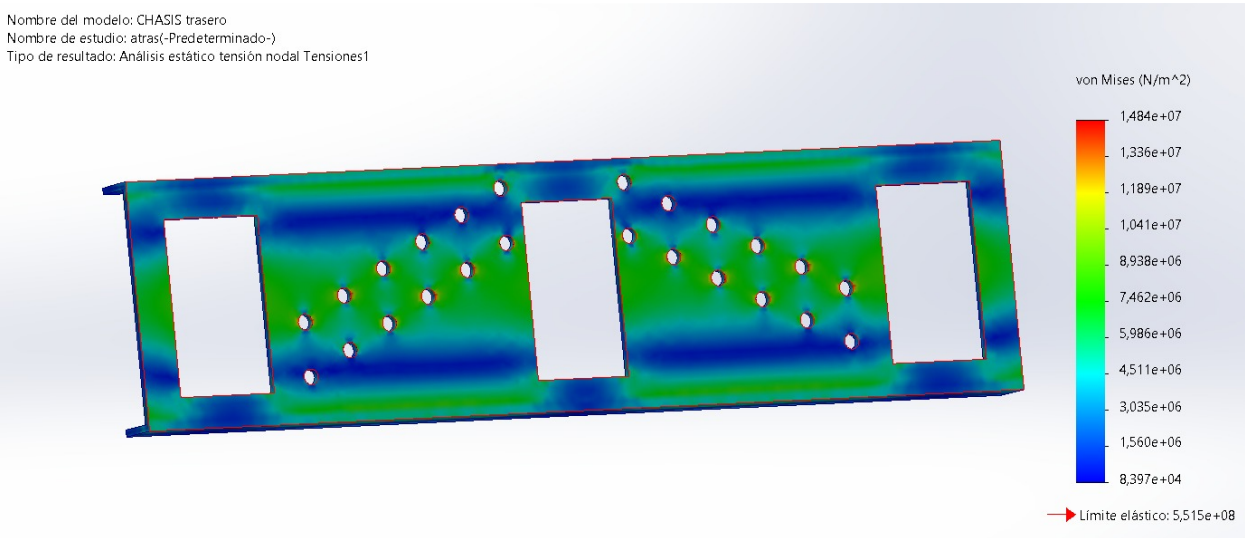


Figura 55. Resultado de Von Mises en la Cubierta Posterior. Fuente: Autores.

VII-A5. **Cubierta Frontal:** En la Figura 56, se examina la cubierta frontal del robot, en el cual se le aplica una fuerza de 350 Newton, dando como resultado una deformación de 31,9974 URES. En la Figura 57, se visualiza el análisis de Von Mises con un límite de elasticidad de 2,482e+08 Pascal.

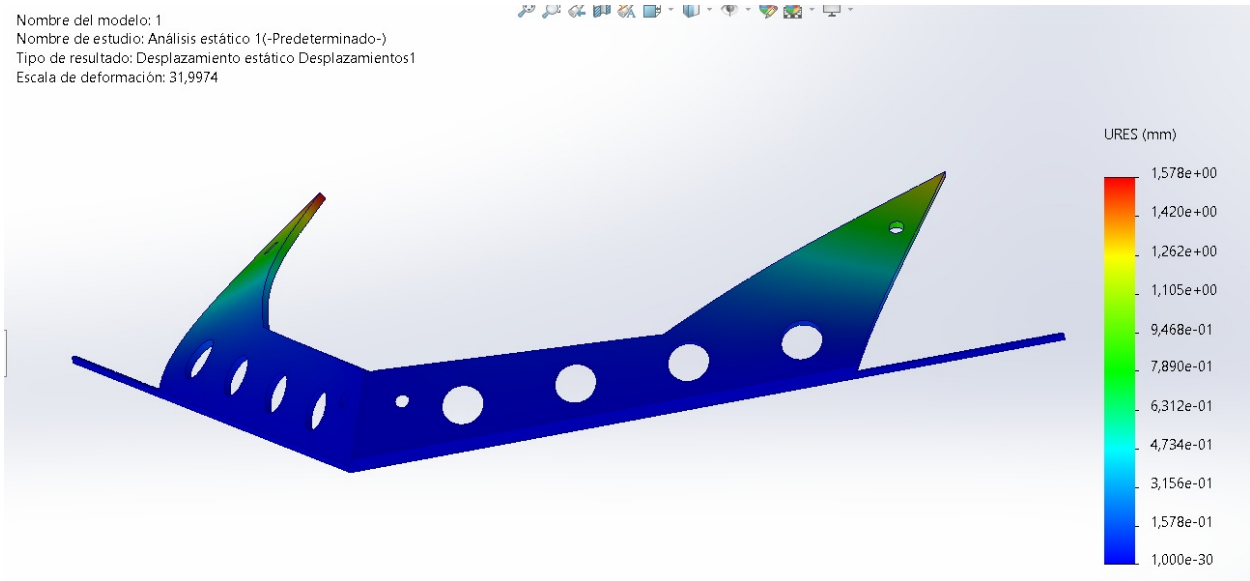


Figura 56. Resultado de deformación en la Cubierta Frontal. Fuente: Autores.

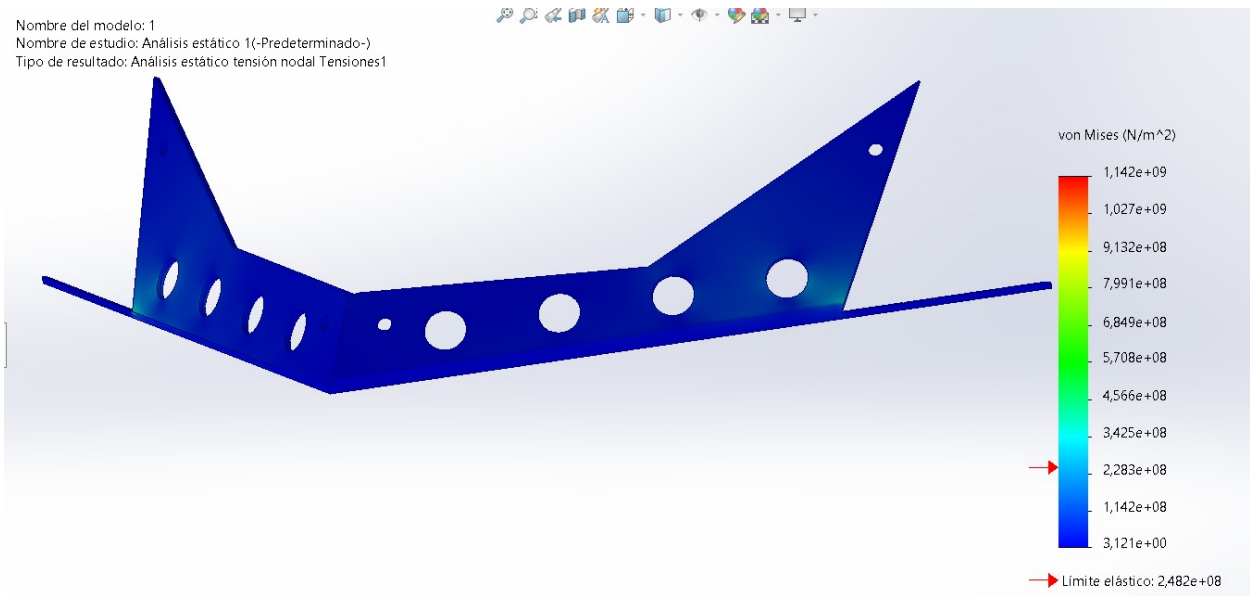


Figura 57. Resultado de Von Mises en la Cubierta Frontal. Fuente: Autores.

VII-A6. *Tapa frontal Superior:* En la Figura 58, se examina la tapa frontal superior del robot, en el cual se le aplica una fuerza de 350 Newton, dando como resultado una deformación de 12,0128 URES. En la Figura 59, se visualiza el análisis de Von Mises con un límite de elasticidad de 2,482e08 Pascal.

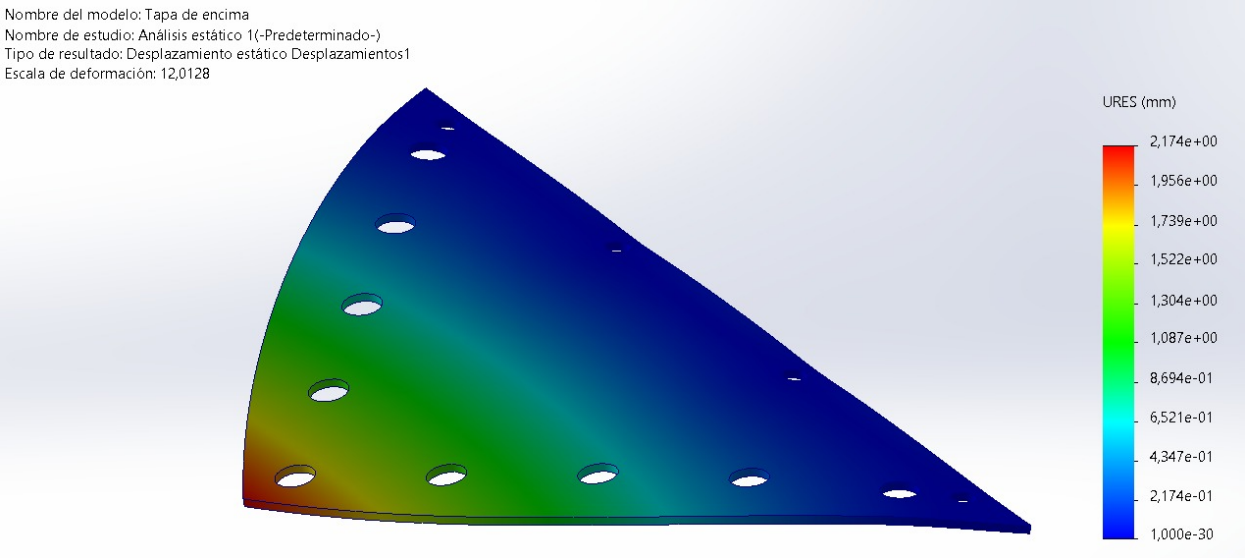


Figura 58. Resultado de deformación en la Tapa Superior. Fuente: Autores.

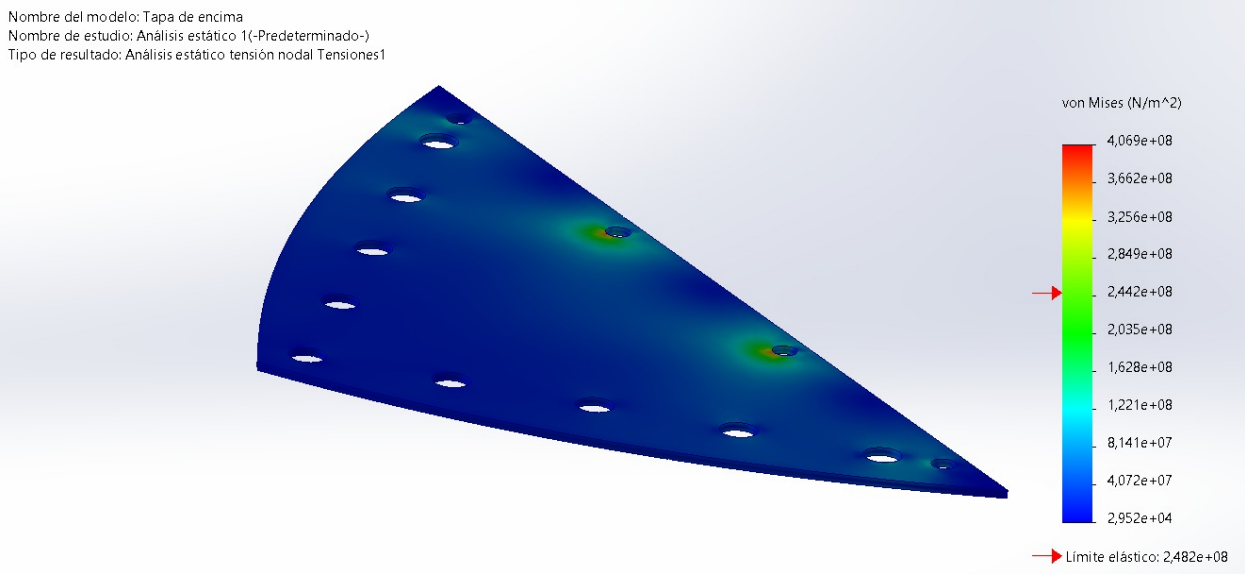


Figura 59. Resultado de Von Mises en la Tapa Superior. Fuente: Autores.

VIII. CRONOGRAMA

Tabla VI
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																														
	MES 1					MES 2					MES 3					MES 4					MES 5					MES 6				
ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
REDACCIÓN DEL ANTEPROYECTO																														
EXPOSICIÓN Y REVISIÓN DEL TEMA																														
ENTREGA DEL ANTEPROYECTO																														
PRESUPUESTO																														
DISEÑO DEL PROTOTIPO EN SOLIDWORKS																														
EMSAMBLADO DEL PROTOTIPO EN SOFTWARE																														
SELECCIÓN DE MATERIALES																														
COMPRA DE MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO PRELIMINAR																														
CONTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO PRELIMINAR																														
SELECCIÓN DE COMPONENTES ELECTRONICOS																														
COMPRA DE MATERIALES ELECTRÓNICOS																														
DISEÑO FINAL EN SOFTWARE																														
CONSTRUCCIÓN Y EMSAMBLE FINAL DEL PROTOTIPO																														
INSTALACIÓN Y CONEXIÓN DE COMPONENTES ELECTRONICOS																														
PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO																														
ELABORACIÓN DE DOCUMENTO FINAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN																														

IX. PRESUPUESTO

Tabla VII
PRESUPUESTO DE GASTOS GENERALES.

PRESUPUESTO DE GASTOS GENERALES			
Componentes electrónicos	Cantidad	Precio Unitario	Precio Final
Motor Fingertech brushless	2	\$ 85,00	\$ 170,00
Batería CHL 3S 1500mAh 100c	1	\$ 35,00	\$ 35,00
Radio Control Flysky FS-I6 6 canales 2,4 GHZ	1	\$ 110,00	\$ 110,00
Motor Brushless A2212 1000kv	1	\$ 12,00	\$ 12,00
Motor Brushless A2212 2450kv	1	\$ 12,00	\$ 12,00
Controladora de velocidad ESC Bidireccional Fingeretech 20a	2	\$ 25,00	\$ 50,00
Controladora de velocidad ESC 30a	2	\$ 10,00	\$ 20,00
Conector XT60	4	\$ 1,00	\$ 4,00
Switch Fingertech	1	\$ 13,00	\$ 13,00
5 Metros de cable AWG 18	1	\$ 2,50	\$ 2,50
Tira de bornera de 20A - 12 pines	1	\$ 1,00	\$ 1,00
Componentes mecánicos			
Cubiertas laterales internas	3	\$ 20,00	\$ 60,00
Cubierta superior	1	\$ 60,00	\$ 60,00
Cubierta inferior	1	\$ 60,00	\$ 60,00
Barras laterales de protección	2	\$ 12,00	\$ 24,00
Perno Allen Cilindrica #5	30	\$ 0,04	\$ 1,20
Alerón	1	\$ 7,00	\$ 7,00
Aletas	3	\$ 3,00	\$ 9,00
Acople banebots T81 Hubs 6mm	2	\$ 21,00	\$ 42,00
Ruedas Banebots 2 7/8	2	\$ 20,00	\$ 40,00
Disco de sierra circular	1	\$ 7,00	\$ 7,00
Set de accesorios para sierra	6	\$ 7,00	\$ 42,00
Tambor del rodillo	1	\$ 8,00	\$ 8,00
Set de accesorios para rodillo	5	\$ 6,30	\$ 31,50
Bandas para poleas	2	\$ 2,50	\$ 5,00
Seguros de montura	2	\$ 2,50	\$ 5,00
Pintura en spray	4	\$ 2,00	\$ 8,00
Presupuesto Final			\$ 839,20

X. CONCLUSIONES

- Uno de los logros más destacados de este estudio fue la implementación exitosa de dos armas: una sierra circular horizontal y un rodillo dentado trasero. Las pruebas realizadas confirmaron la alta efectividad de ambos sistemas de armamento, demostrando la capacidad del robot para desempeñar tanto funciones defensivas como ofensivas, lo que lo convierte en una máquina versátil y eficaz en el campo de batalla.
- Durante las pruebas del sistema, el diseño del control del robot fue optimizado gradualmente. Aunque inicialmente la manipulación del robot resultaba desafiante debido a la complejidad del control, el análisis constante y los ajustes realizados después de cada prueba permitieron alcanzar un manejo mucho más intuitivo y preciso. Esta mejora no solo simplificó la operación del robot en el campo de batalla, sino que también incrementó su eficacia y capacidad de respuesta durante las competencias.
- El desarrollo de este robot de batalla, utilizando exclusivamente componentes disponibles en el mercado local, constituye un avance considerable en el fortalecimiento de las capacidades tecnológicas y de diseño en la robótica de combate a nivel nacional. Este enfoque demuestra que es posible alcanzar altos estándares de calidad y funcionalidad con recursos locales, promoviendo la innovación y el crecimiento tecnológico en el país.

XI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda fabricar componentes preliminares de la estructura del robot, lo cual permite observar la relación entre peso y resistencia. Esto facilita el reemplazo de los componentes en caso de que el material seleccionado no cumpla con el propósito deseado.
- Es necesario realizar una revisión efectiva de los componentes electrónicos, asegurando su adecuado aislamiento para evitar cualquier posibilidad de cortocircuito o sobrecarga. Asimismo, se debe verificar que los sistemas de transmisión por polea funcionen correctamente. Finalmente, es importante ajustar cada seguro y perno en los puntos establecidos según el diseño CAD.
- Comprobar que el robot cumpla con las limitaciones de peso ya establecidas, inspeccionando que todas las partes mecánicas y electrónicas estén operativas.

XII. ANEXOS

XII-A. Anexo 1 - Cubierta superior

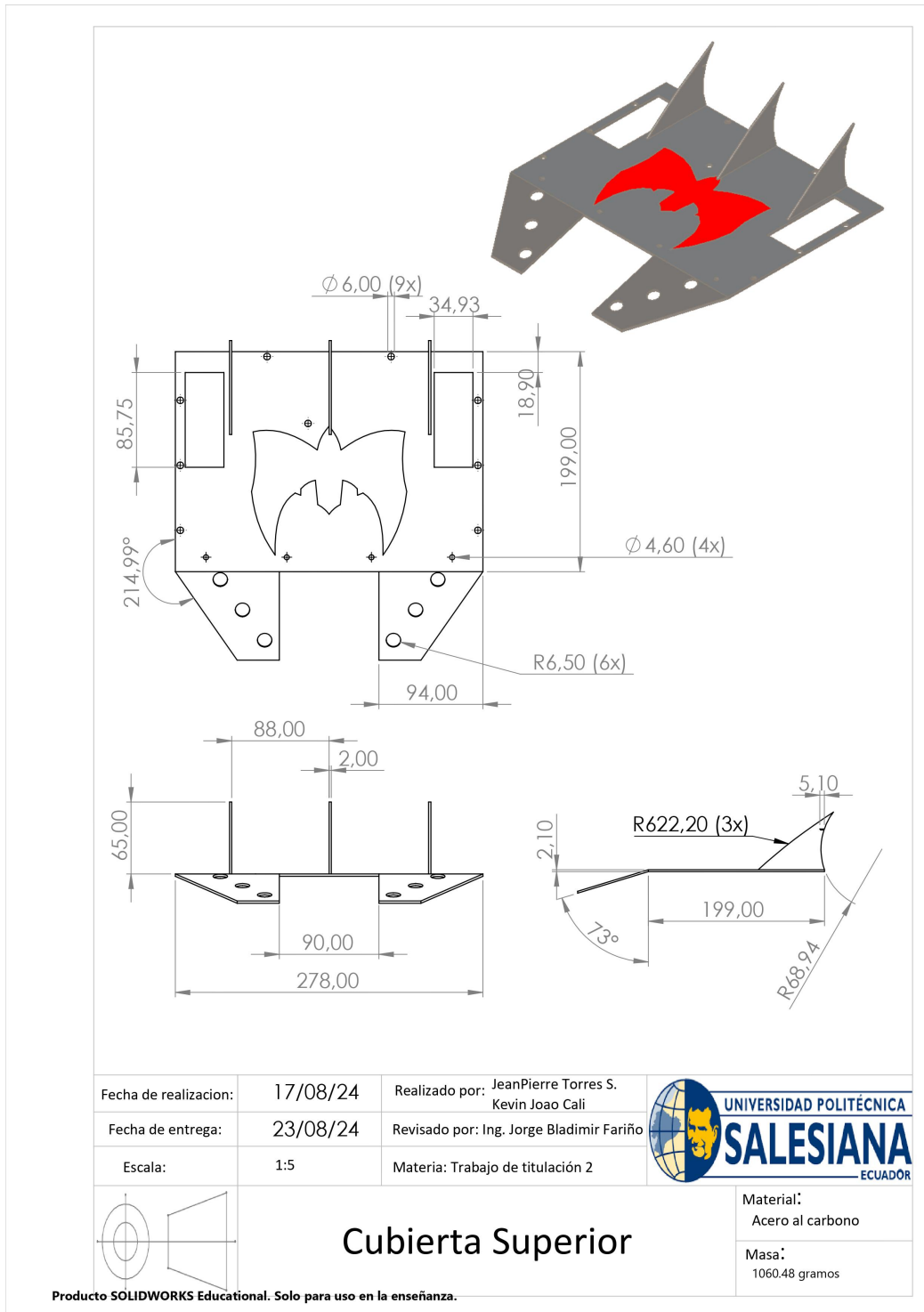


Figura 60. Plano Cubierta superior. Fuente: Autores.

XII-B. Anexo 2 - Cubierta inferior

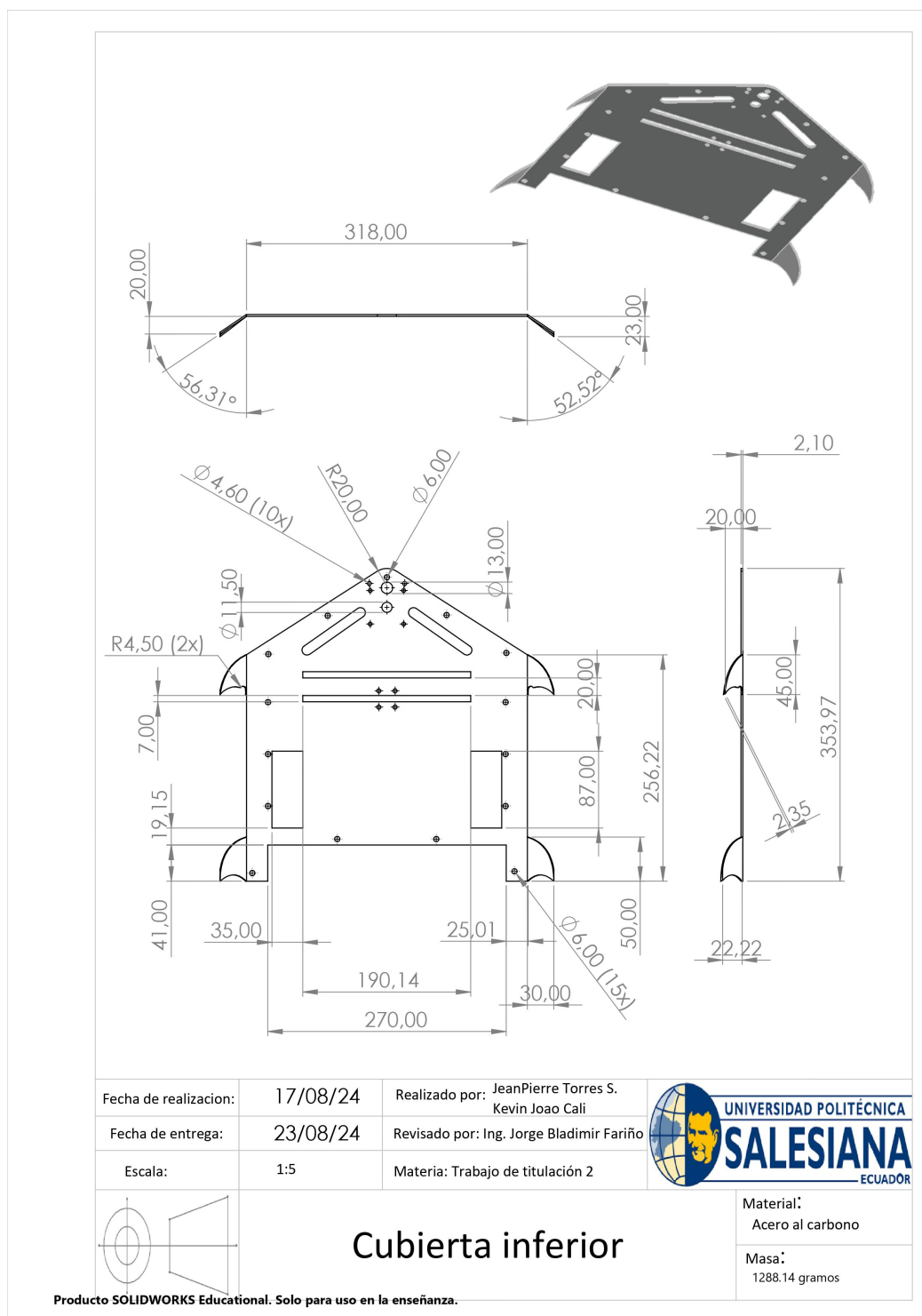


Figura 61. Plano Cubierta inferior. Fuente: Autores

XII-C. Anexo 3 - Cubiertas laterales internas

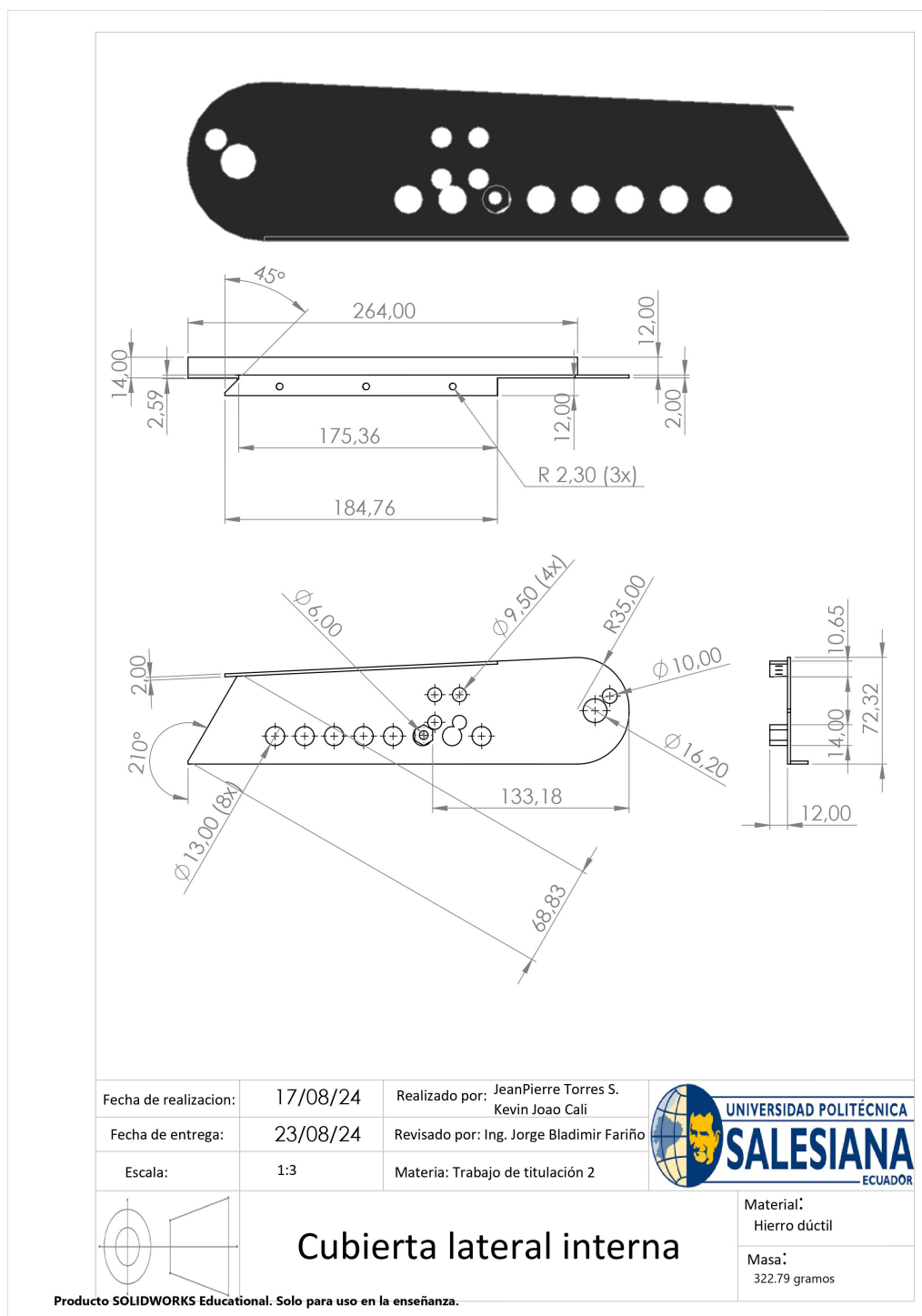


Figura 62. Plano de las Cubiertas laterales internas. Fuente: Autores.

XII-D. Anexo 4 - Cubierta posterior

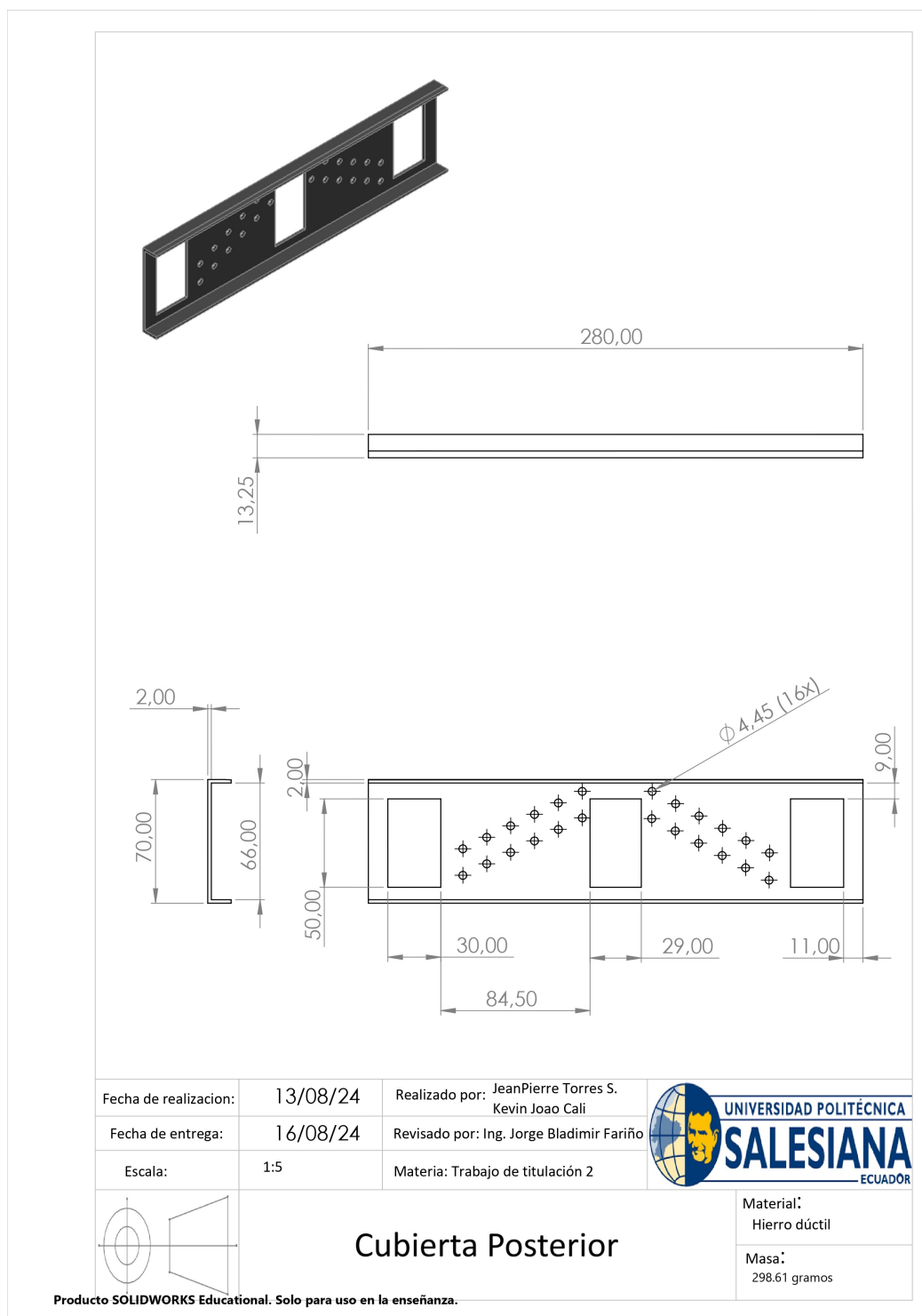


Figura 63. Plano de la cubierta posterior. Fuente: Autores.

XII-E. Anexo 5 - Rodamiento de soporte para brida

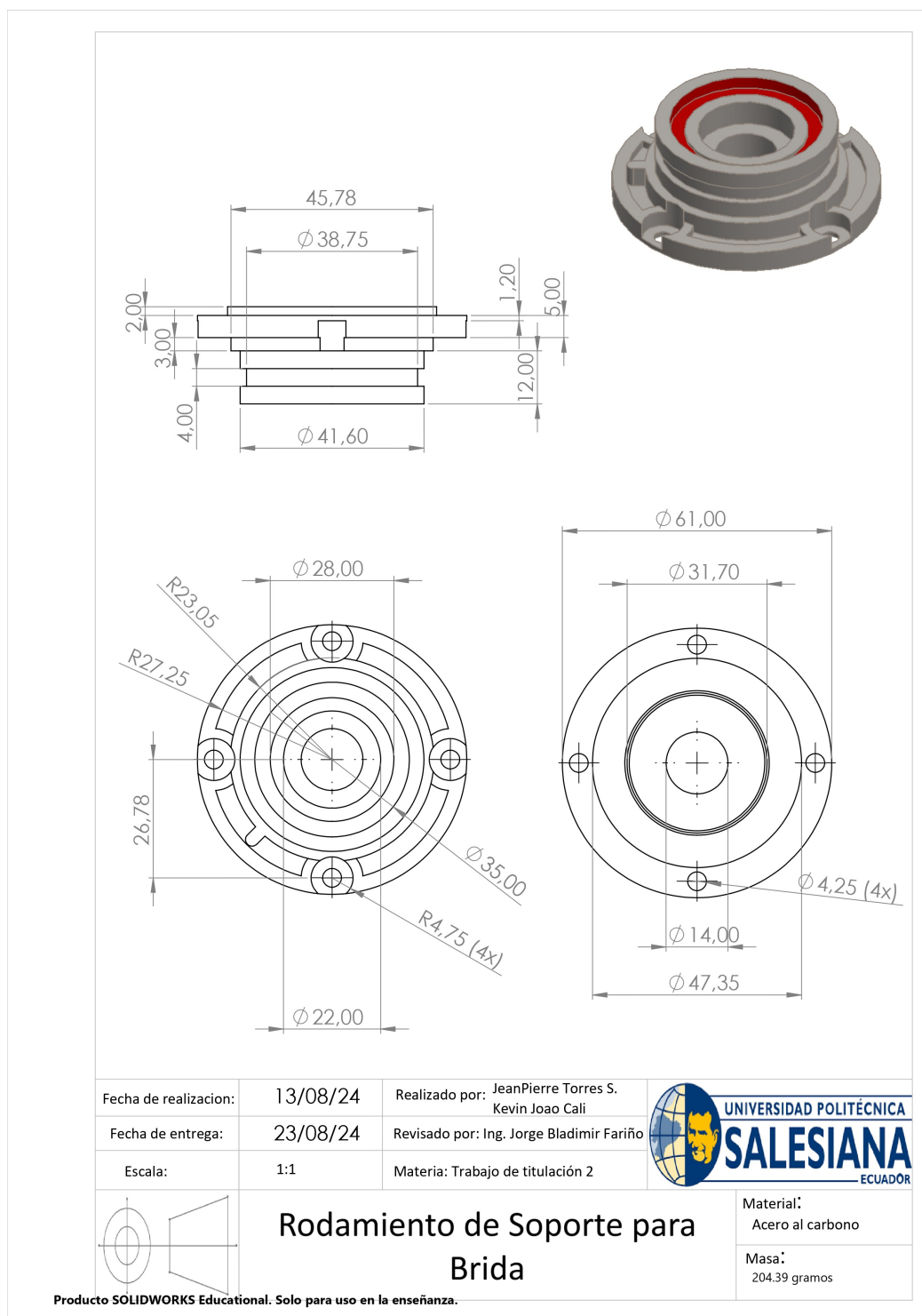


Figura 64. Plano del rodamiento de soporte para brida. Fuente: Autores.

XII-F. Anexo 6 - Eje para soporte de brida

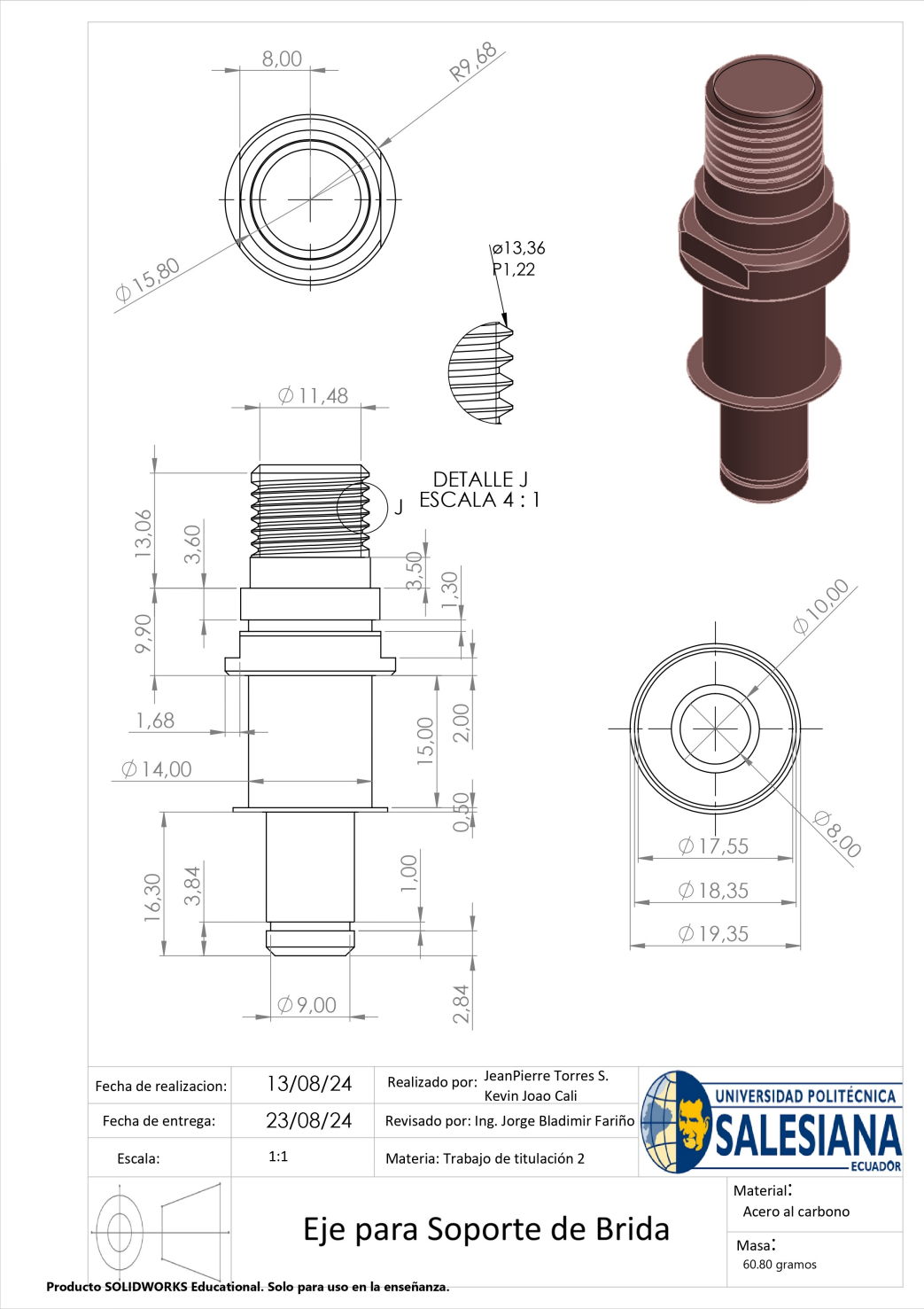


Figura 65. Plano del Eje para soporte de brida. Fuente: Autores.

XII-G. Anexo 7 - Disco de Sierra Circular

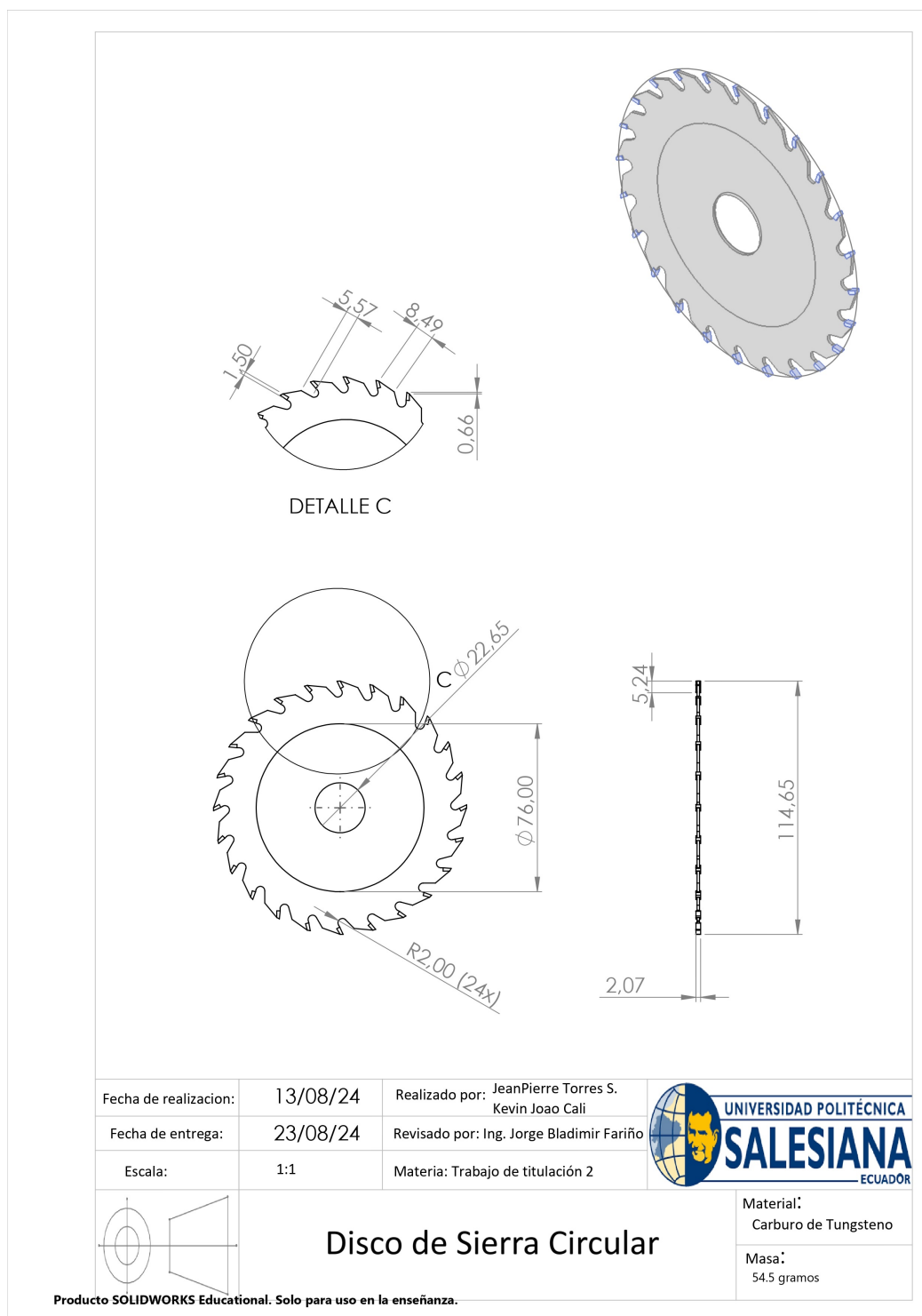


Figura 66. Plano del Disco de Sierra Circular. Fuente: Autores.

XII-H. Anexo 8 - Brida de sujeción superior

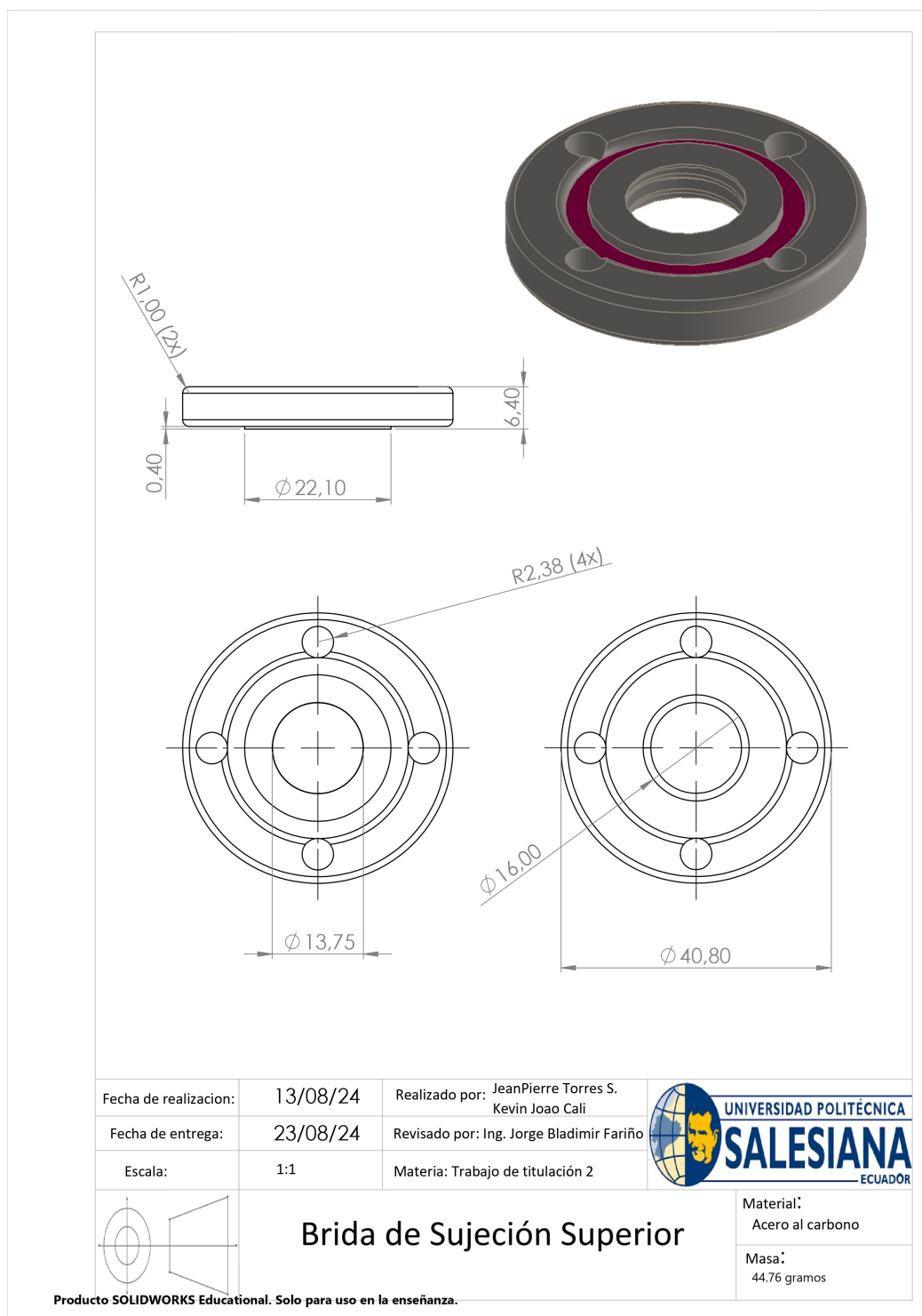


Figura 67. Plano de la brida de sujeción superior. Fuente: Autores.

XII-I. Anexo 9 - Brida de sujeción inferior

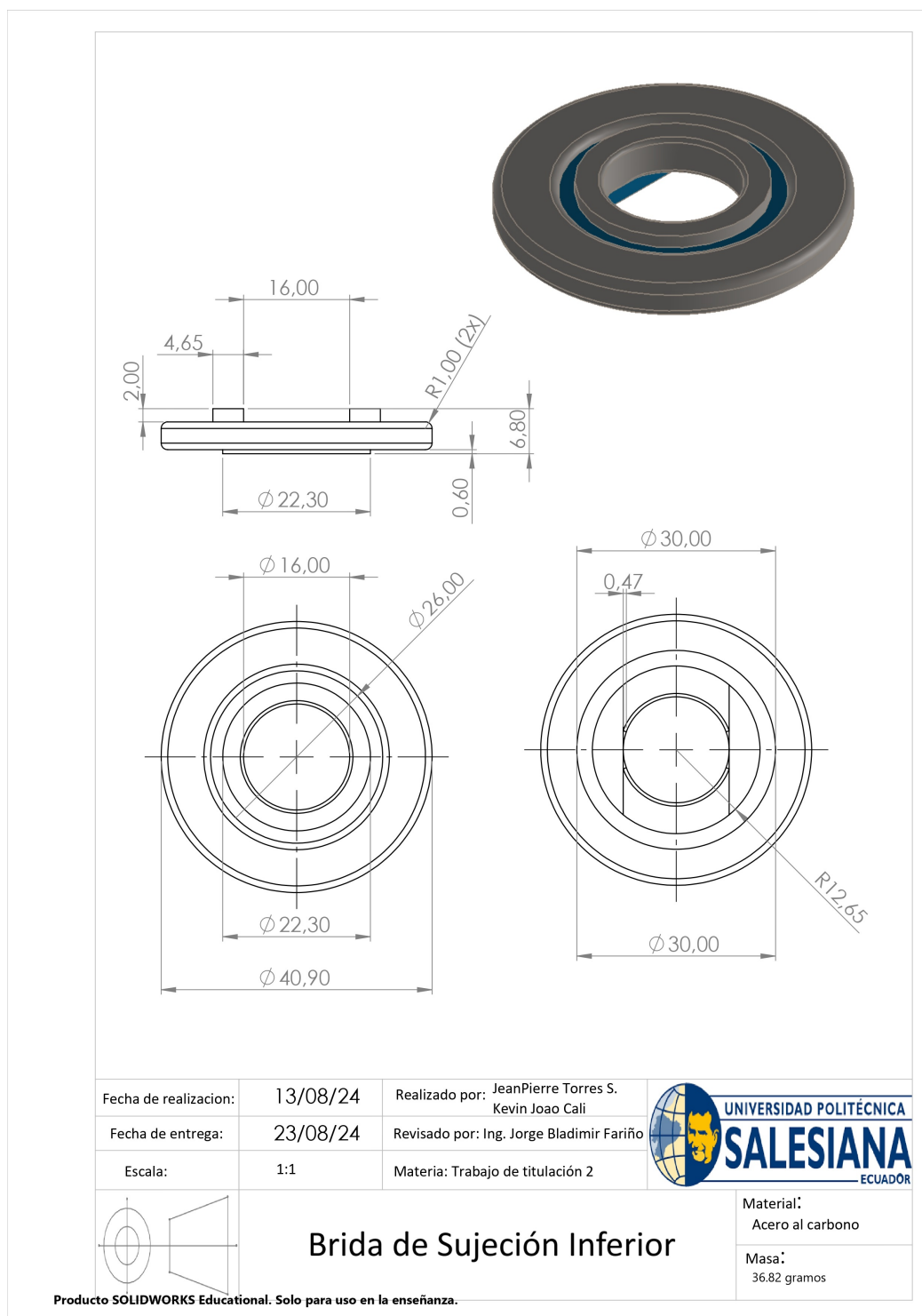


Figura 68. Plano de la brida de sujeción inferior. Fuente: Autores.

XII-J. Anexo 10 - Polea tipo “v”

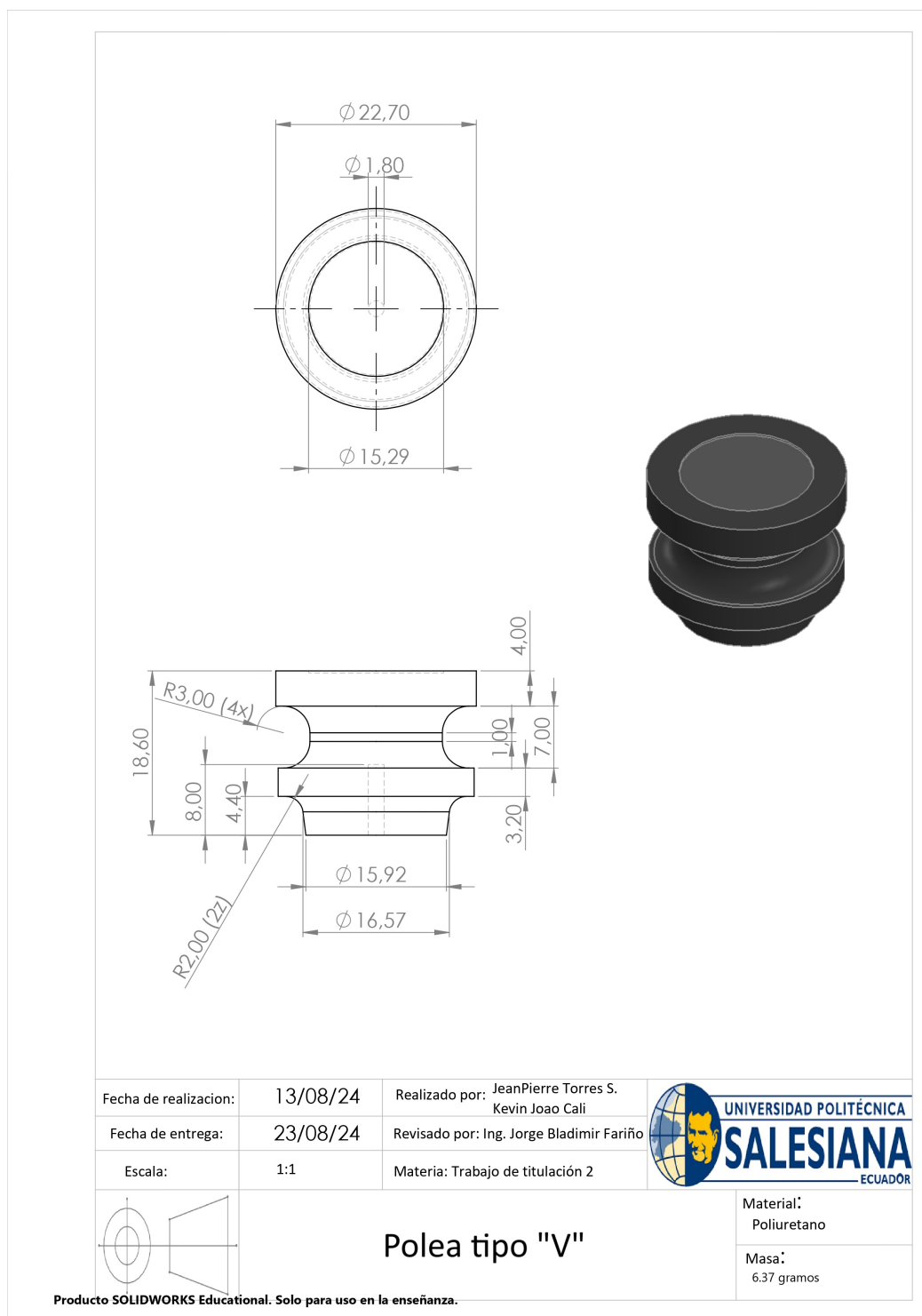


Figura 69. Plano de la Polea tipo “v”. Fuente: Autores.

XII-K. Anexo 11 - Polea escalonada

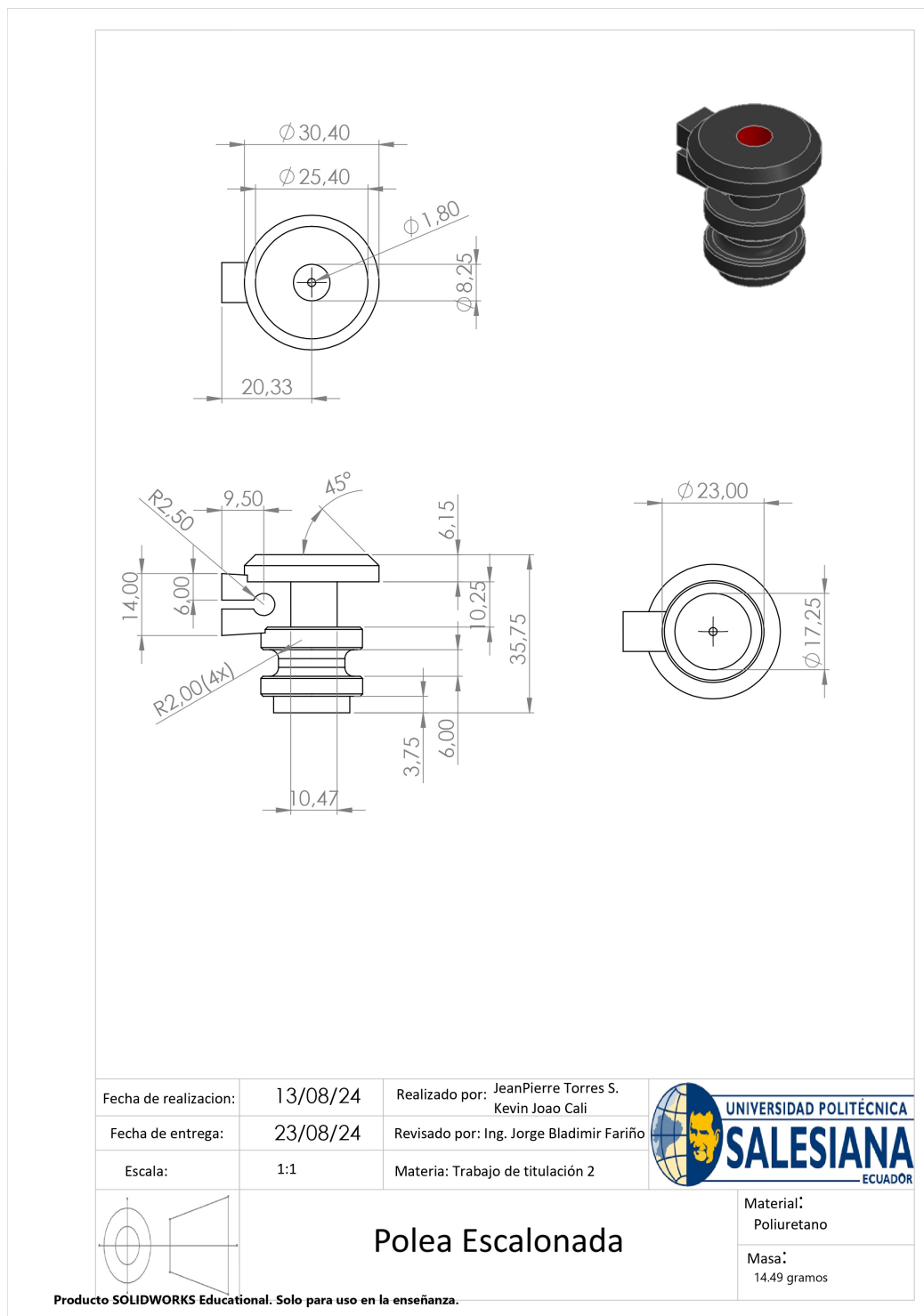


Figura 70. Plano de la Polea escalonada. Fuente: Autores.

XII-L. Anexo 12 - Barras laterales de protección

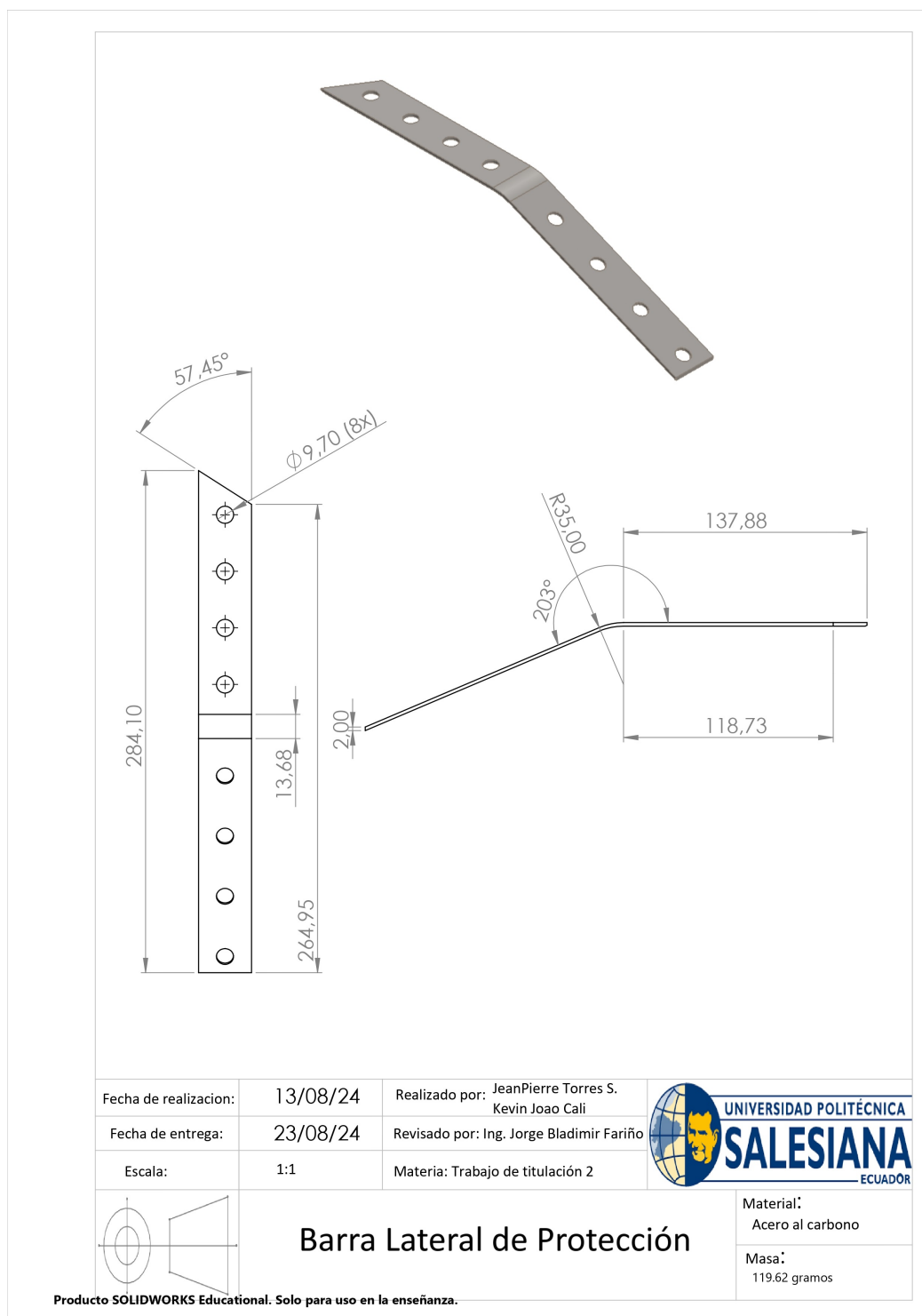


Figura 71. Plano de las barras laterales de protección. Fuente: Autores.

XII-M. Anexo 13 - Montura de motor para tracción

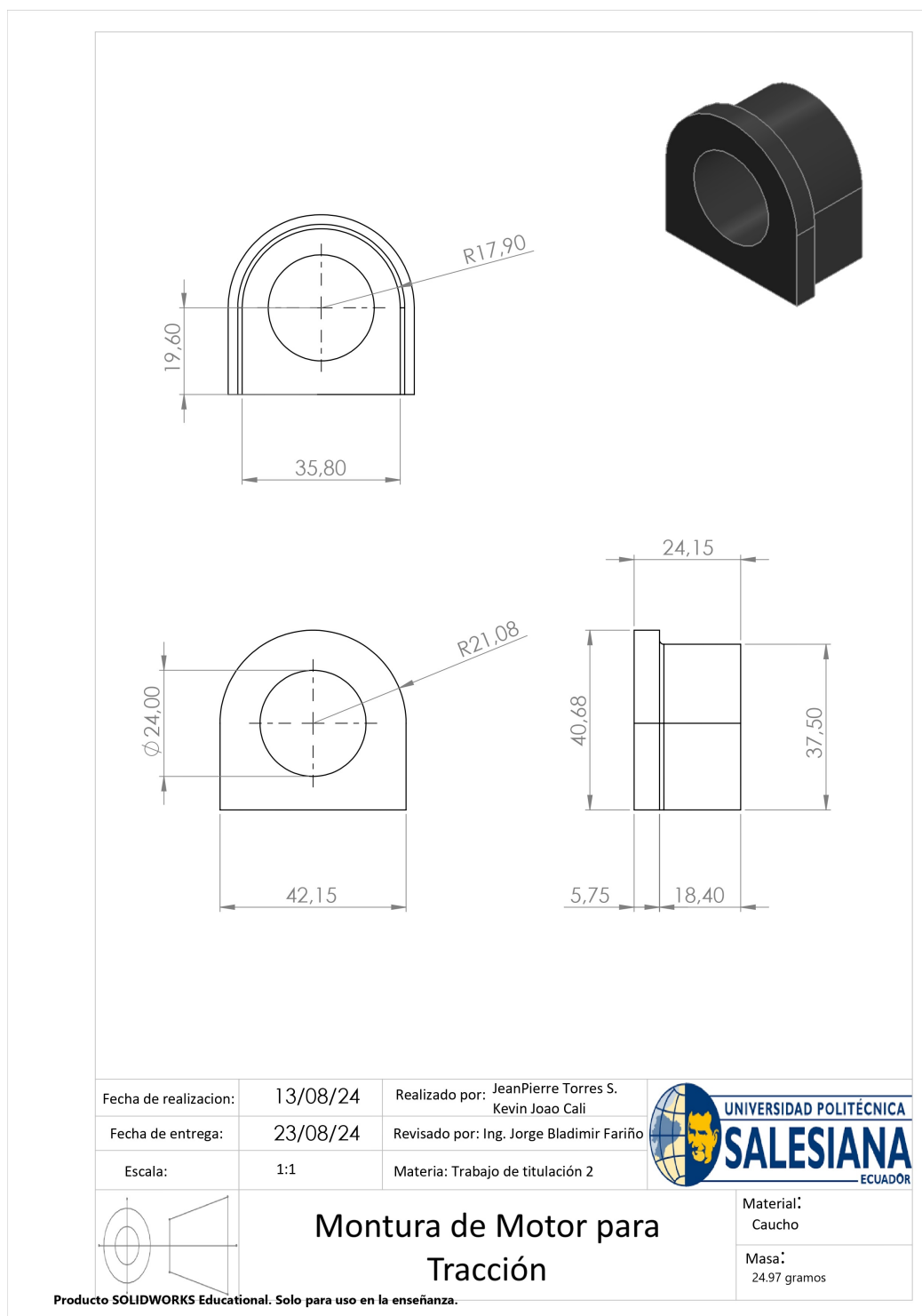


Figura 72. Plano de montura de motor para tracción. Fuente: Autores.

XII-N. Anexo 14 - Seguro para montura de la tracción

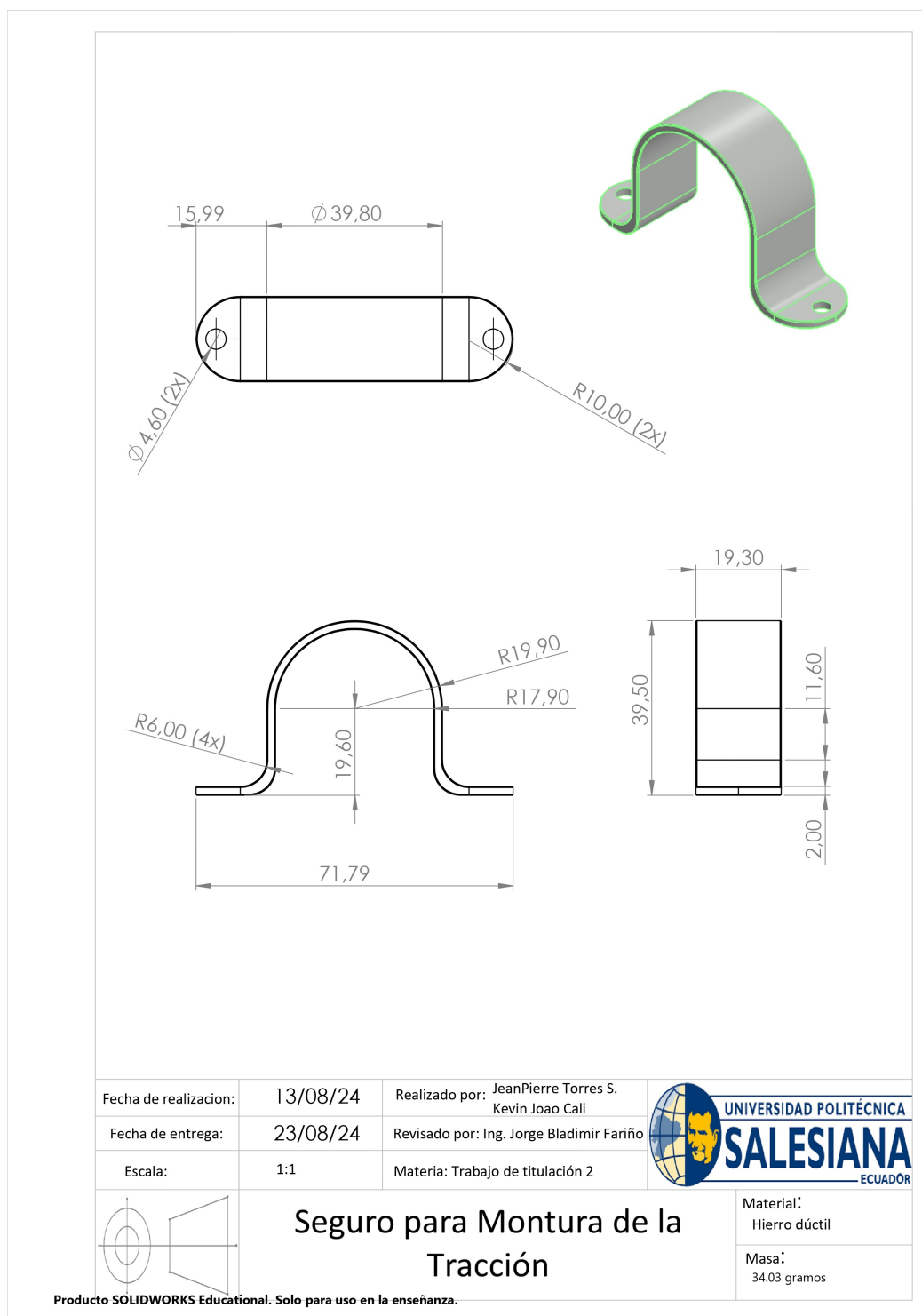


Figura 73. Plano de seguro para montura de la tracción. Fuente: Autores.

XII-Ñ. Anexo 15 - Rodamiento para el eje posterior

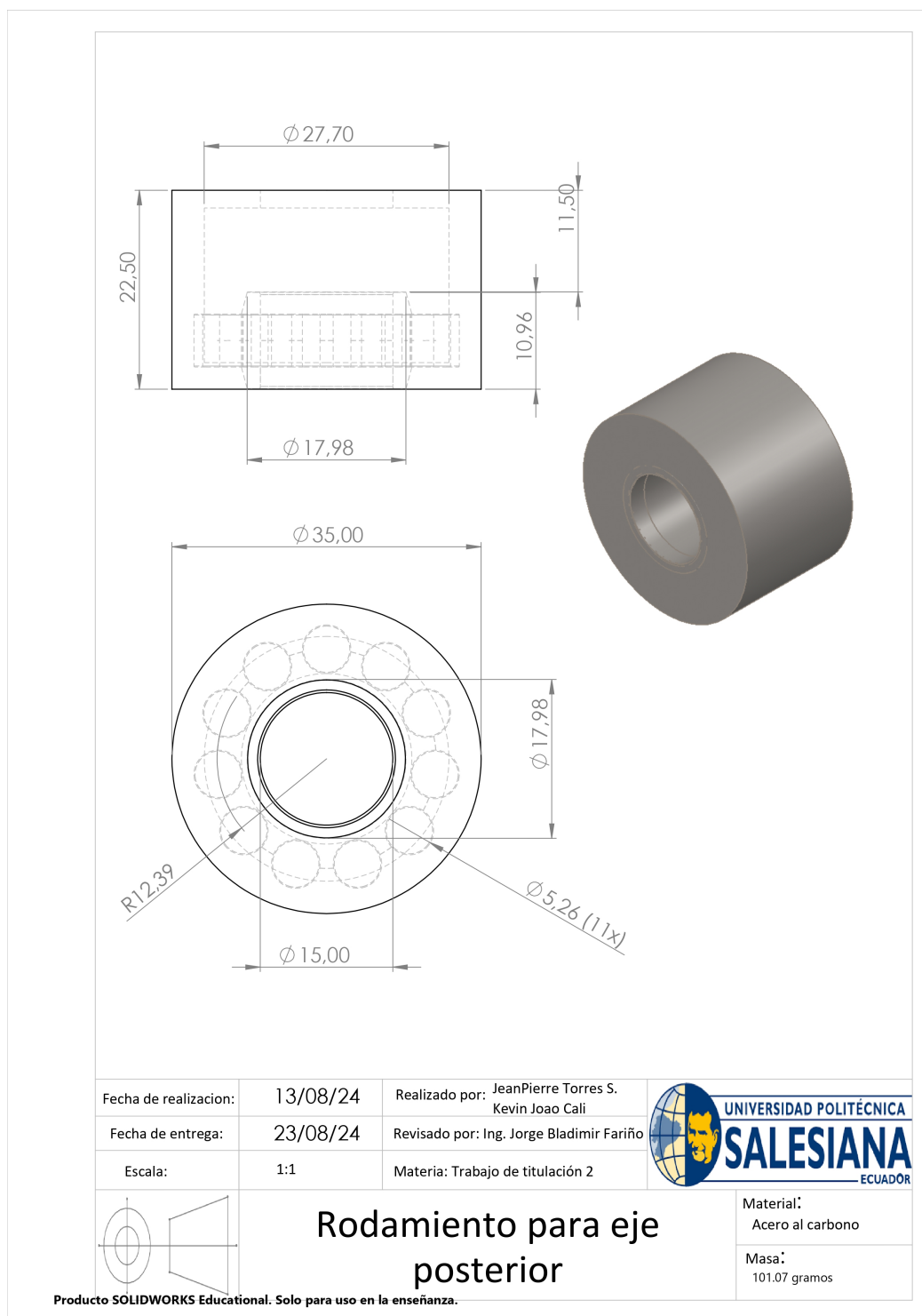


Figura 74. Plano del Rodamiento para el eje posterior. Fuente: Autores.

XII-O. Anexo 18 - Llanta del robot

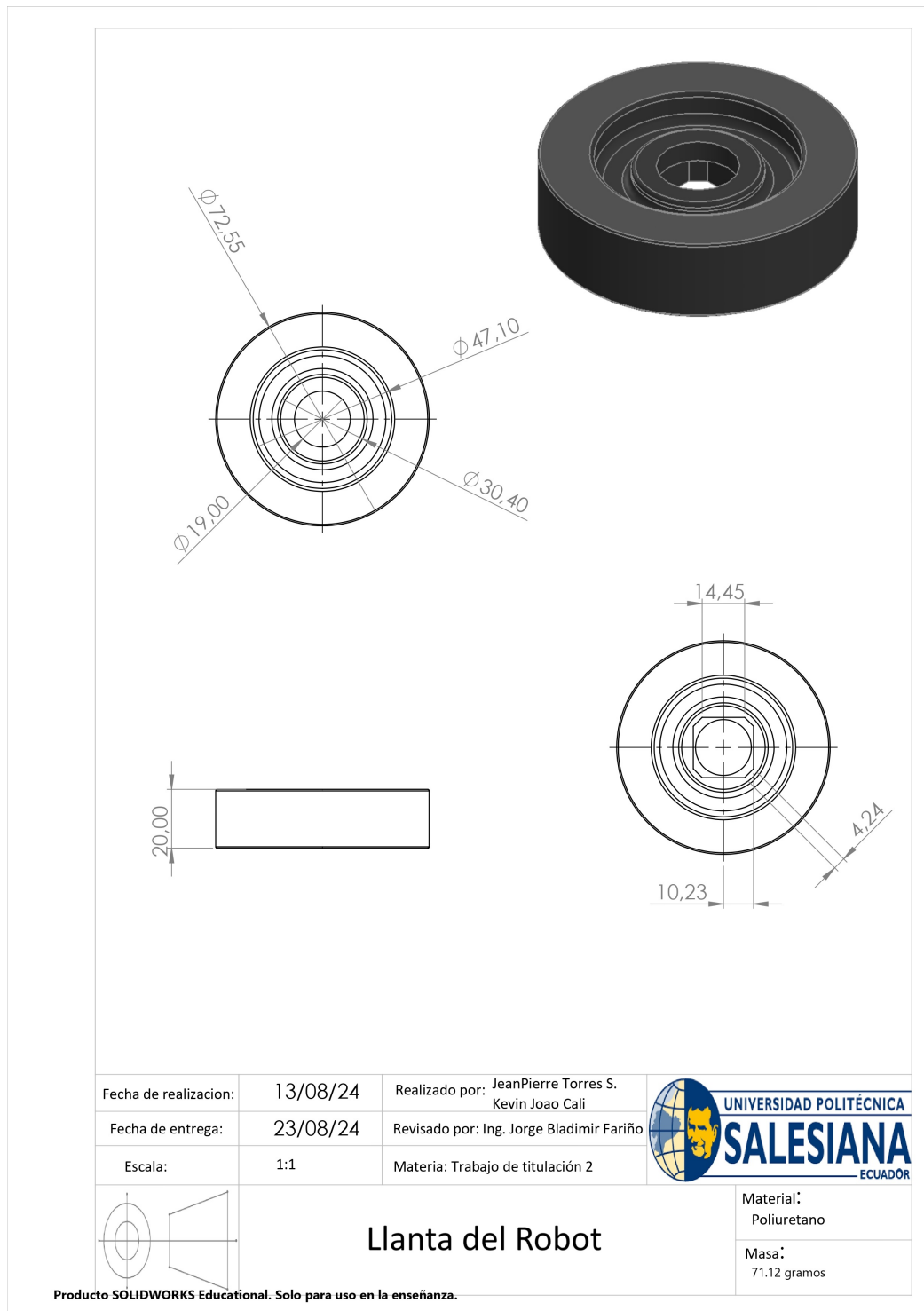


Figura 75. Plano de la Llanta del robot. Fuente: Autores.

XII-P. Anexo 19 - Acoples de llantas

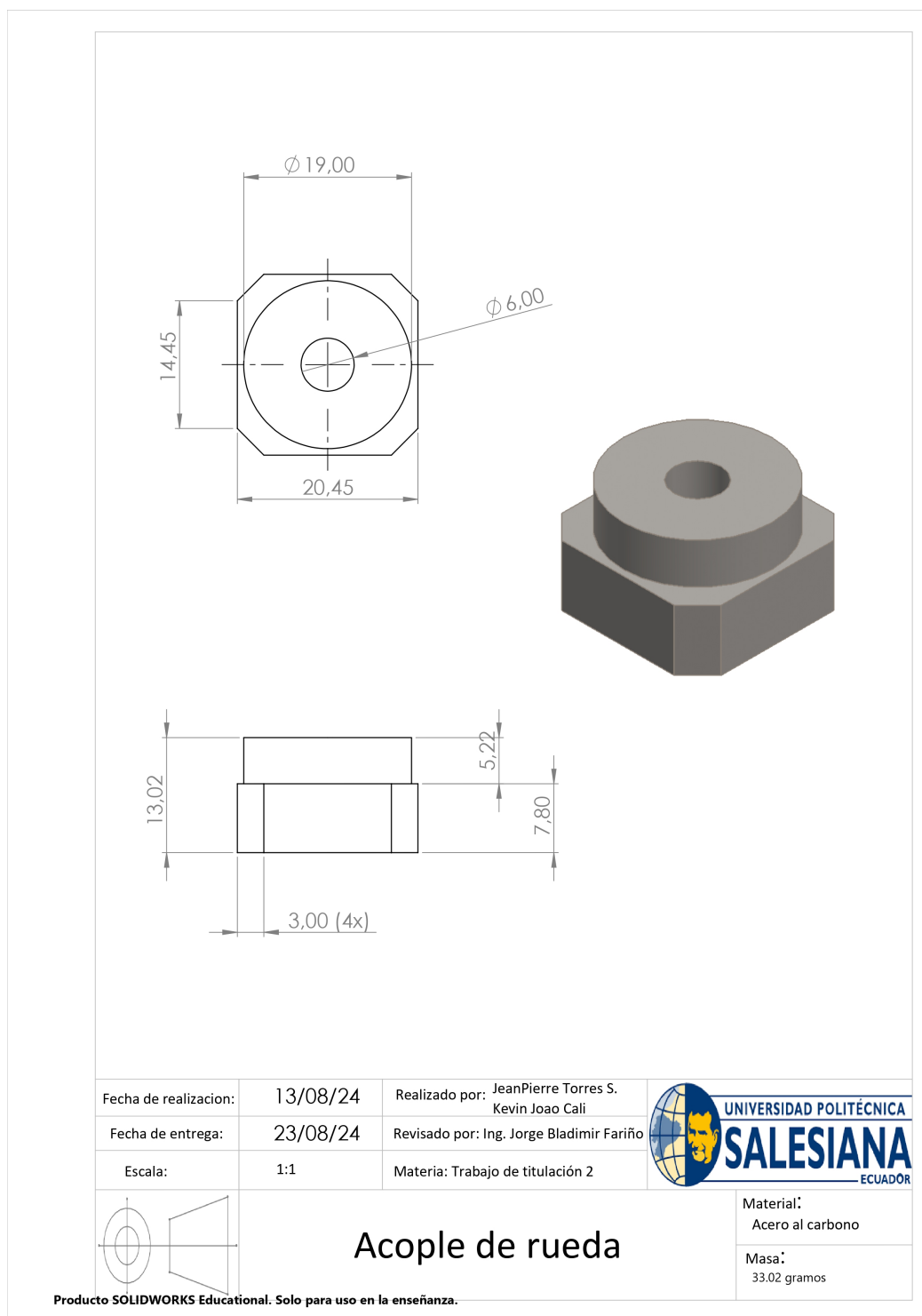


Figura 76. Plano del Acople de la llanta. Fuente: Autores.

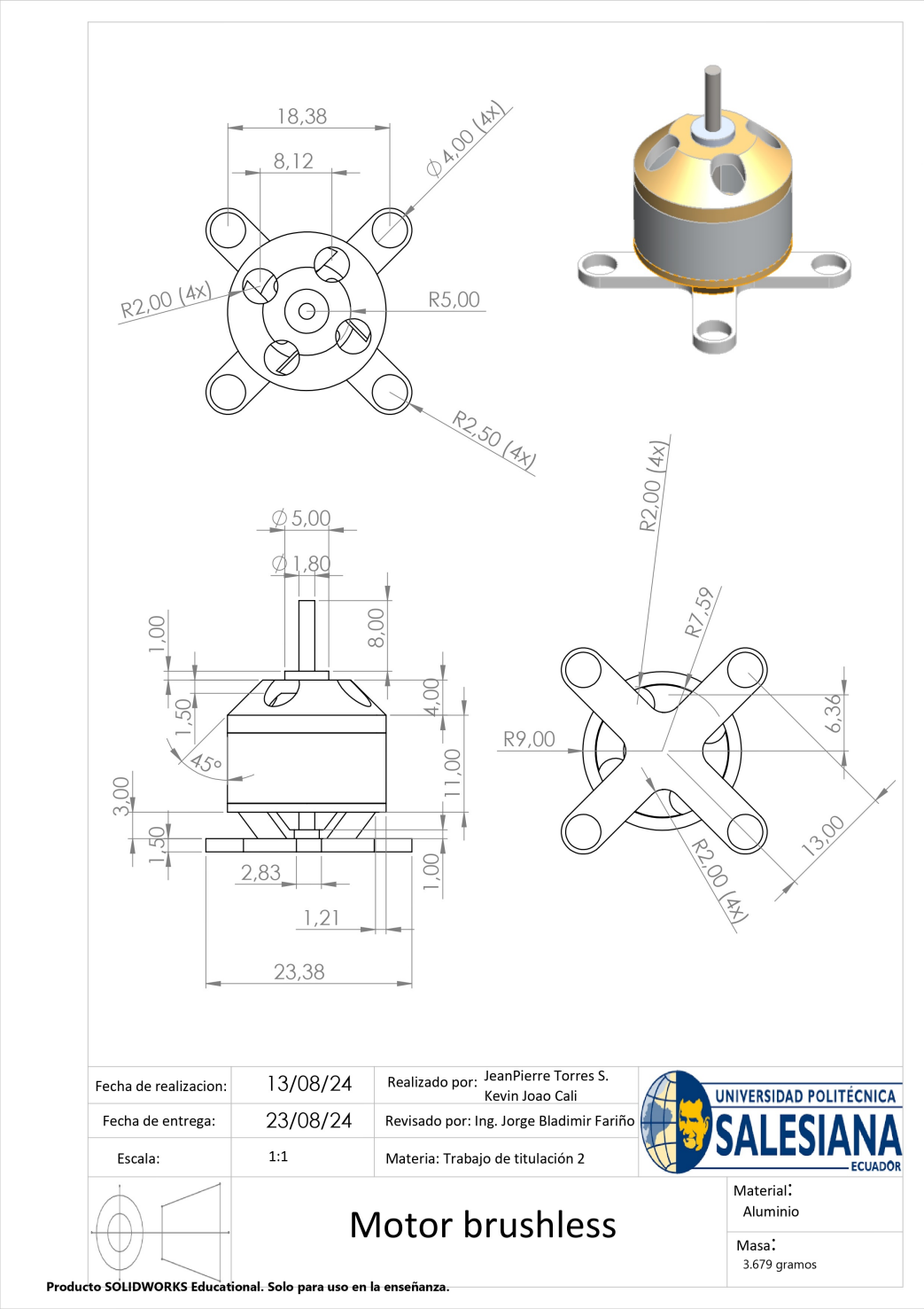


Figura 77. Plano del motor brushless. Fuente: Autores.

XII-R. Anexo 21 - Motor Fingertech

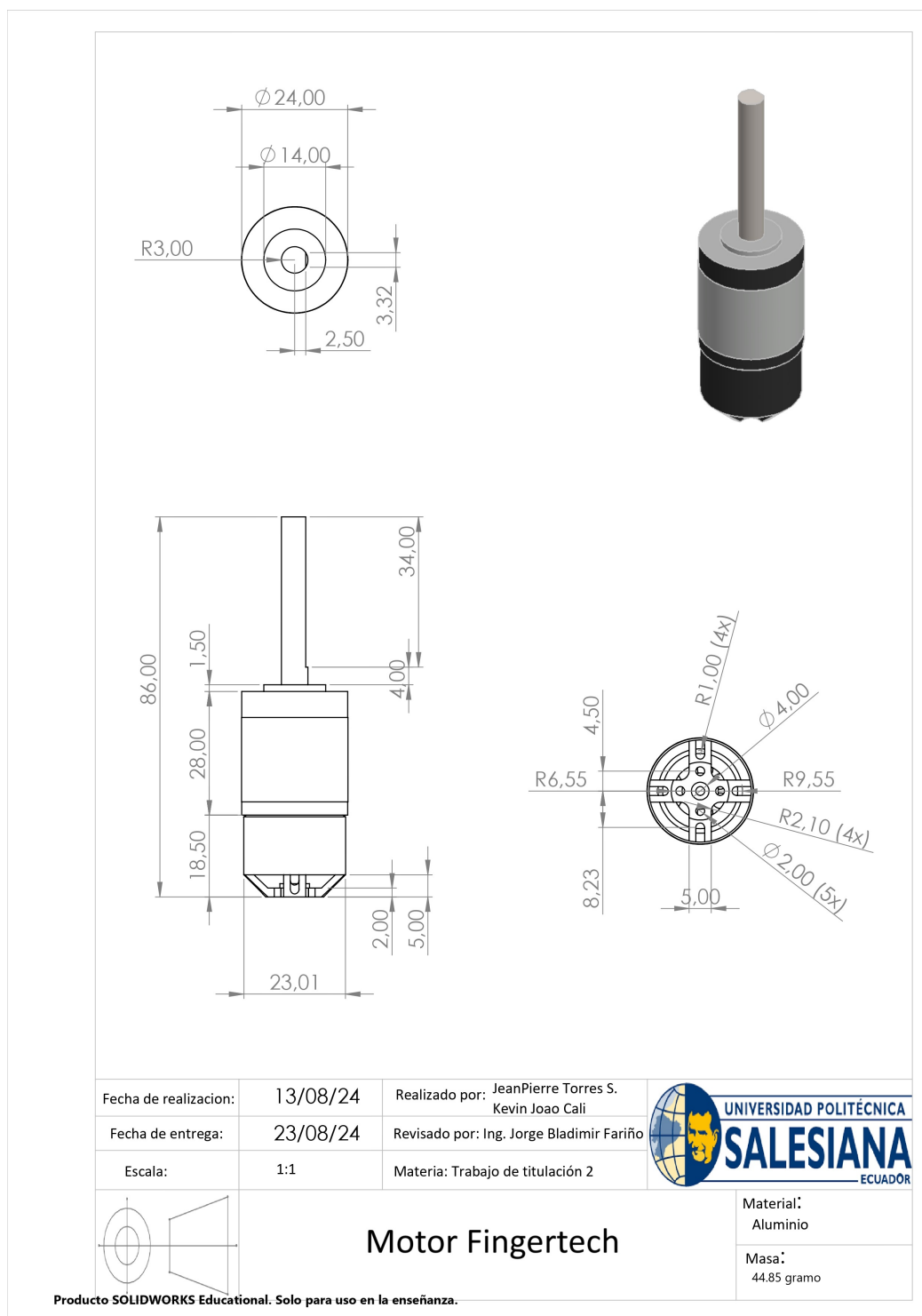


Figura 78. Plano del motor Fingertech. Fuente: Autores.

XII-S. Anexo 22 - Casco de motor brushless A2212

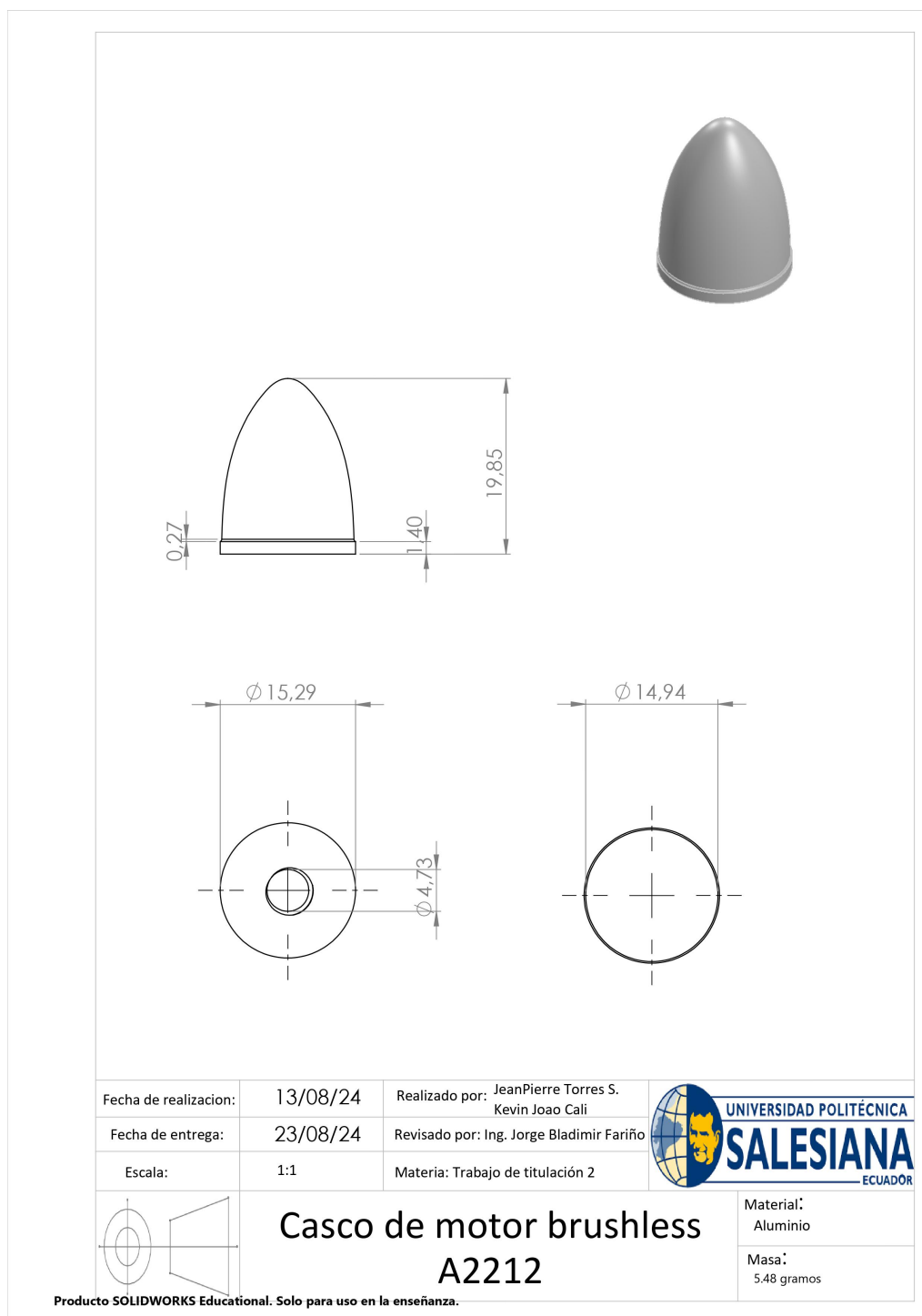


Figura 79. Plano de casco de motor brushless. Fuente: Autores.

XII-T. Anexo 23 - Rueda loca

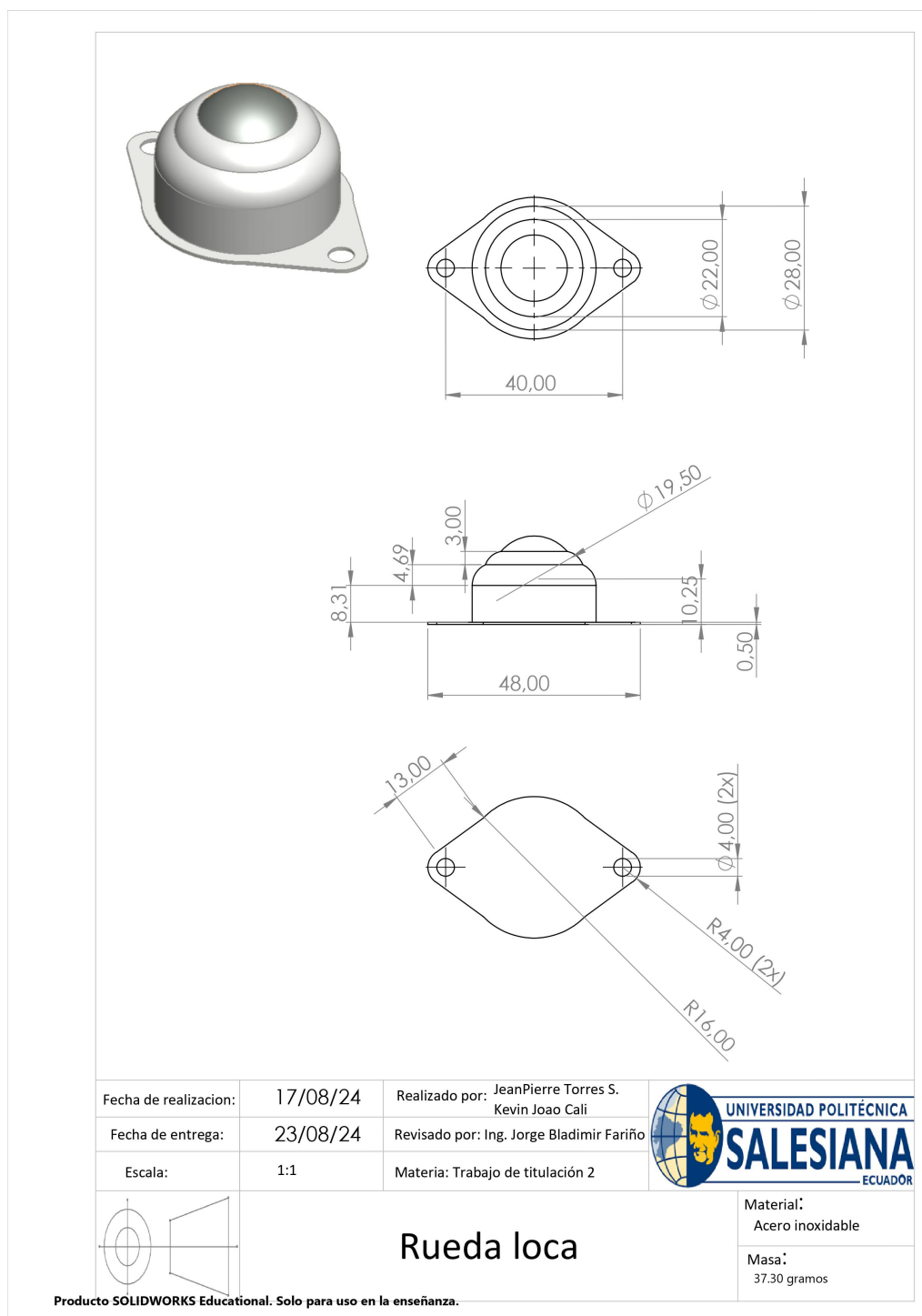


Figura 80. Plano de la rueda loca. Fuente: Autores.

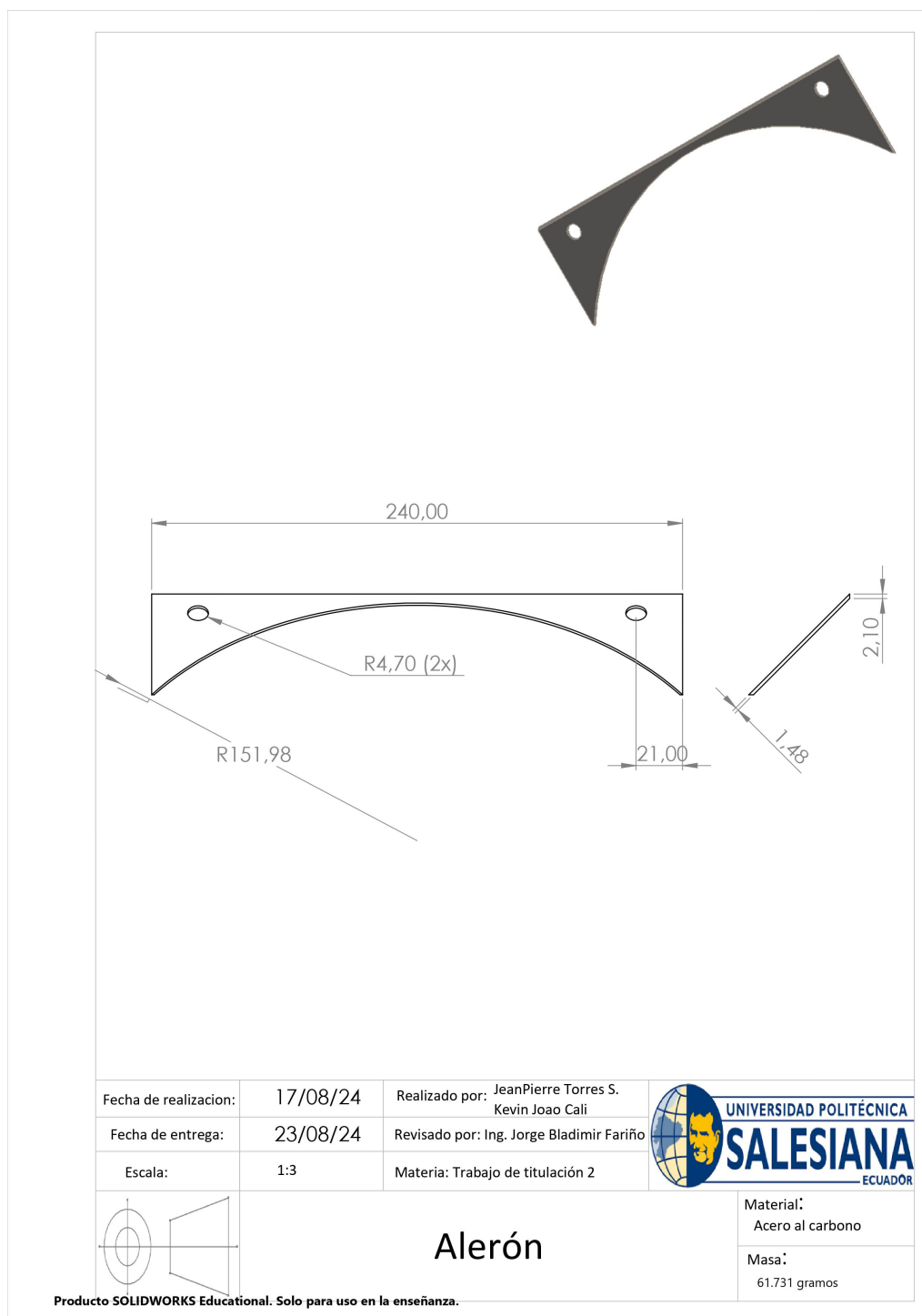


Figura 81. Plano del alerón. Fuente: Autores.

XII-V. Anexo 25 - Anillo para banda

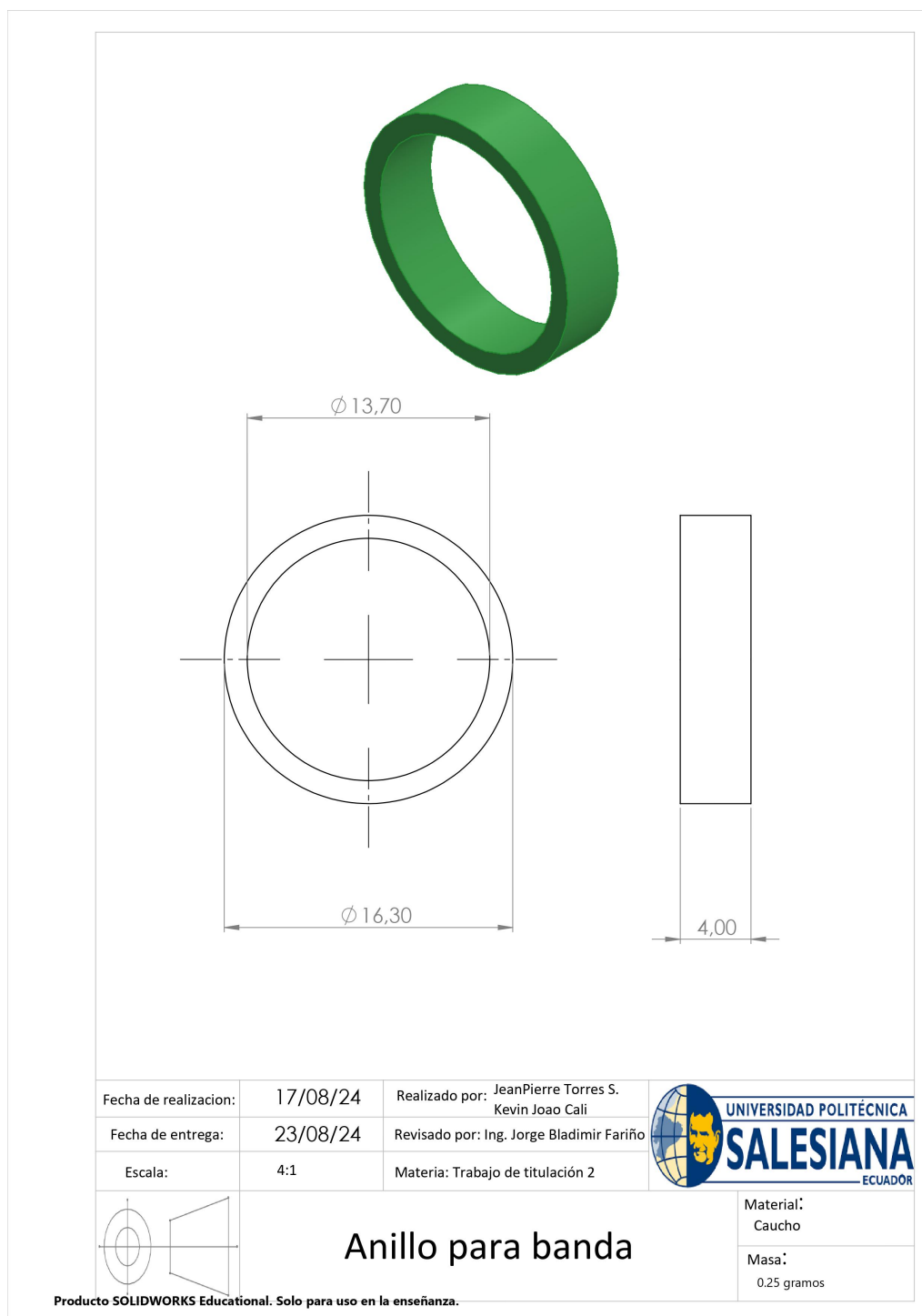


Figura 82. Plano del anillo para banda. Fuente: Autores.

XII-W. Anexo 26 - Soporte del motor posterior

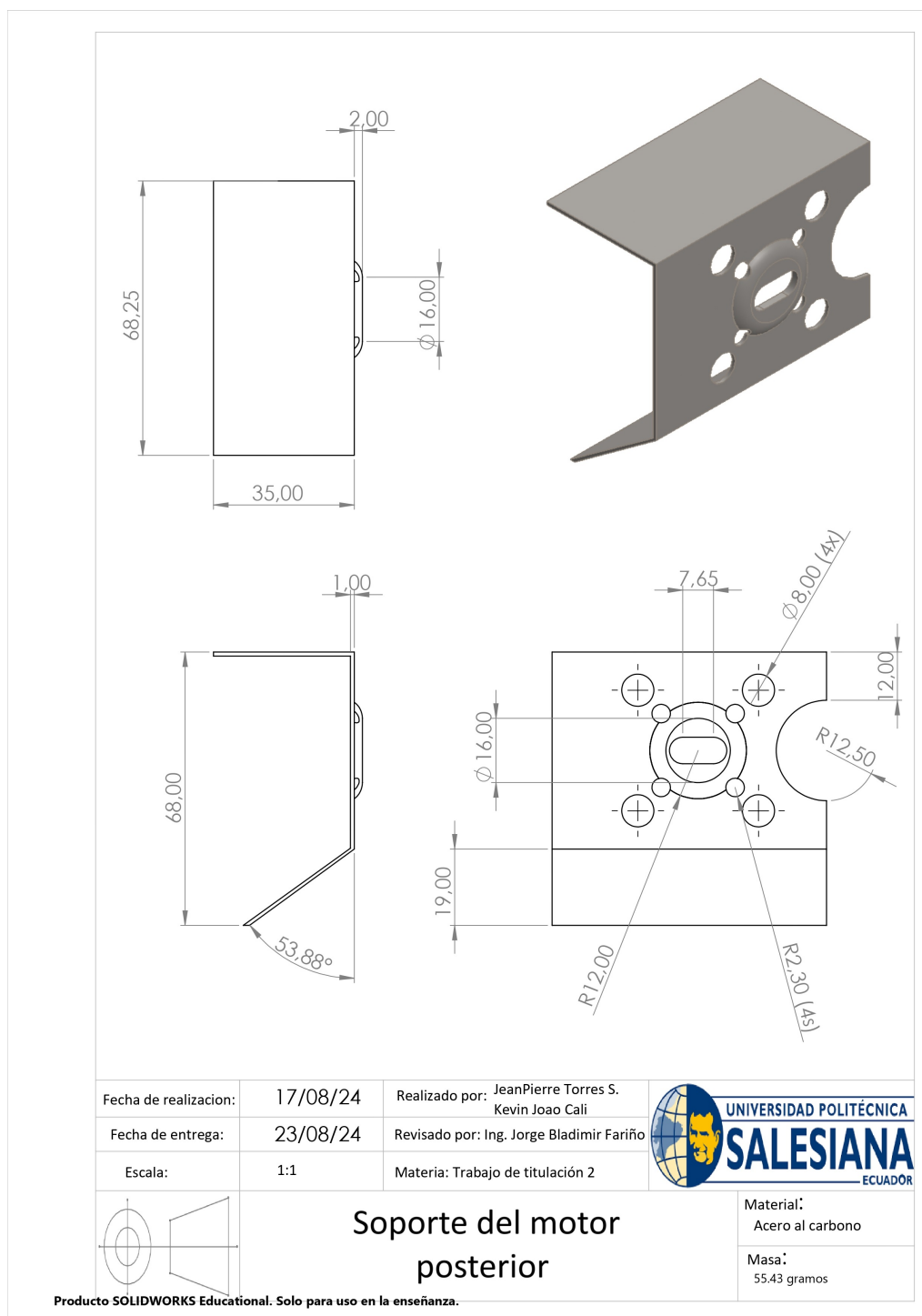


Figura 83. Plano del soporte para motor posterior. Fuente: Autores.

XII-X. Anexo 27 - Eje del arma posterior

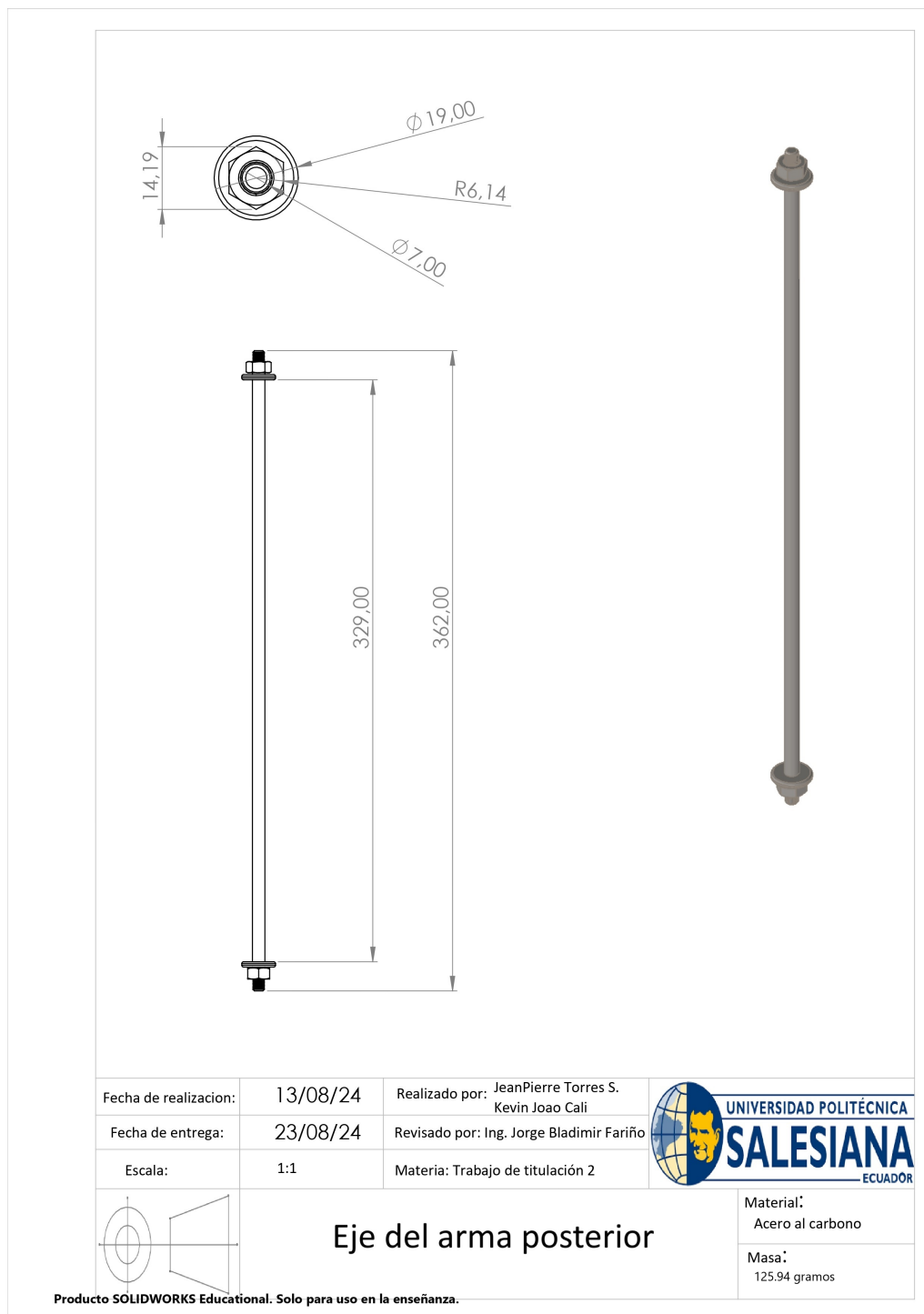


Figura 84. Plano del eje del arma posterior. Fuente: Autores.

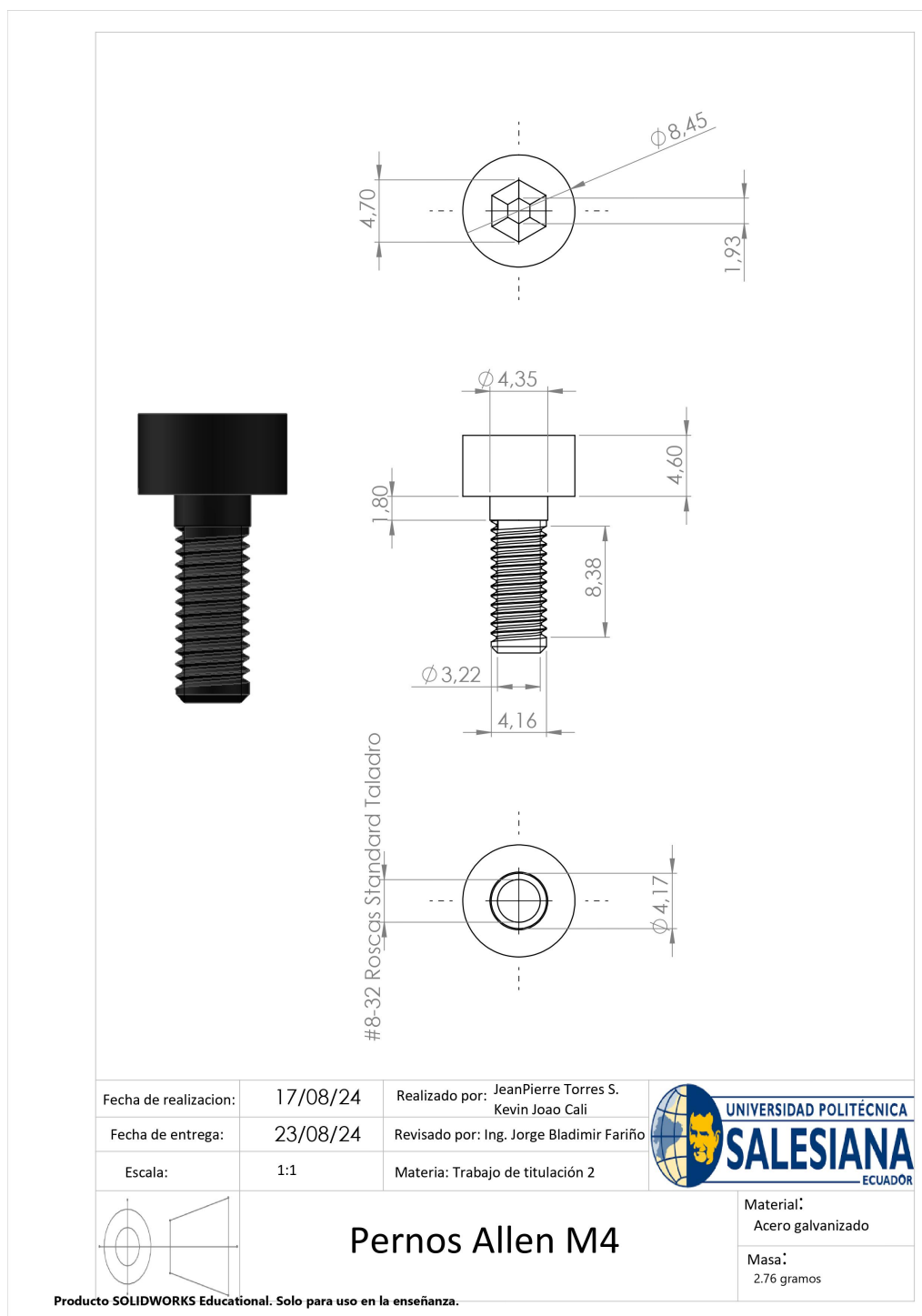


Figura 85. Plano del Perno Allen M4. Fuente: Autores.

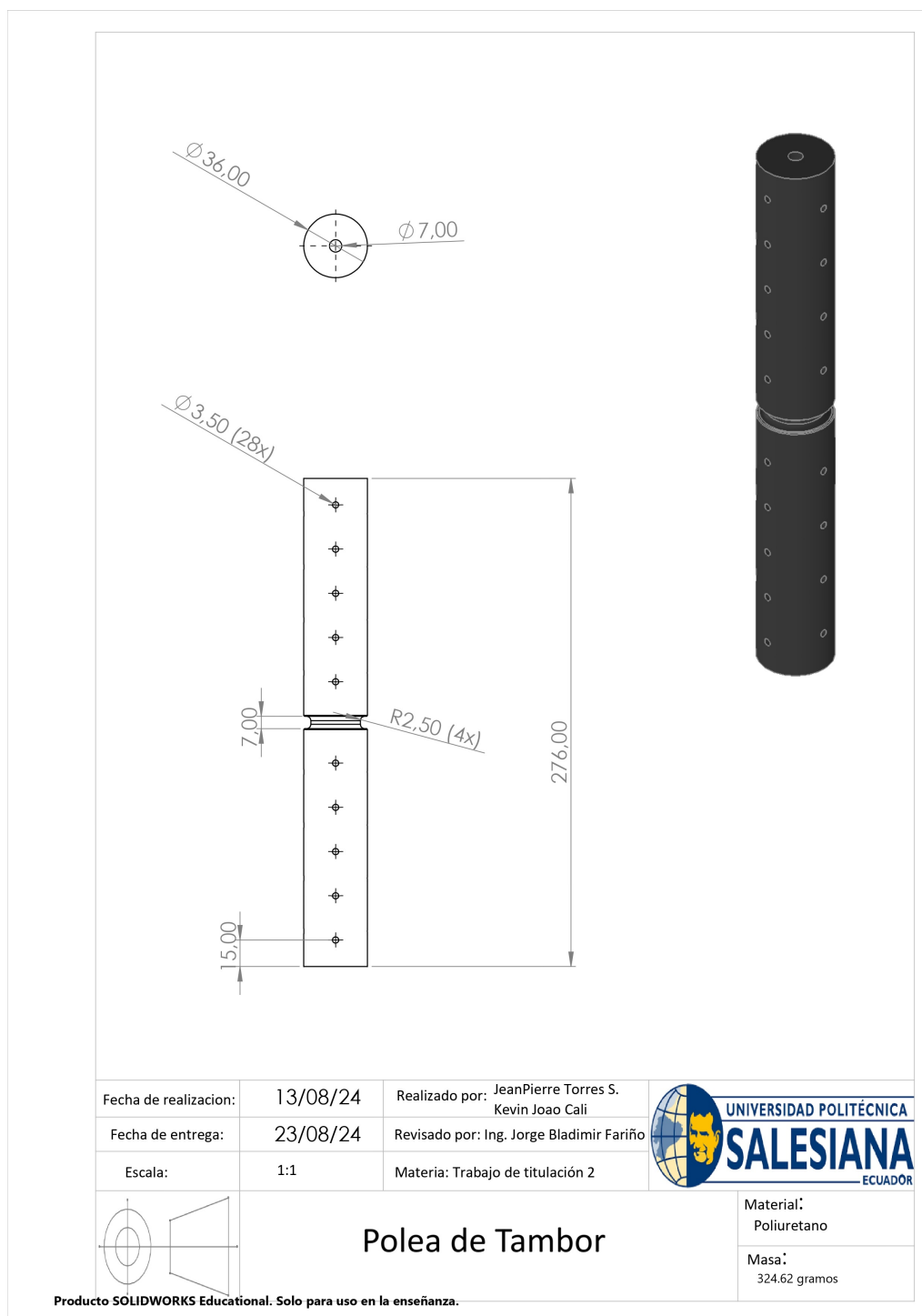


Figura 86. Plano de la polea de tambor. Fuente: Autores.

XII-. Anexo 30 - Banda para sierra

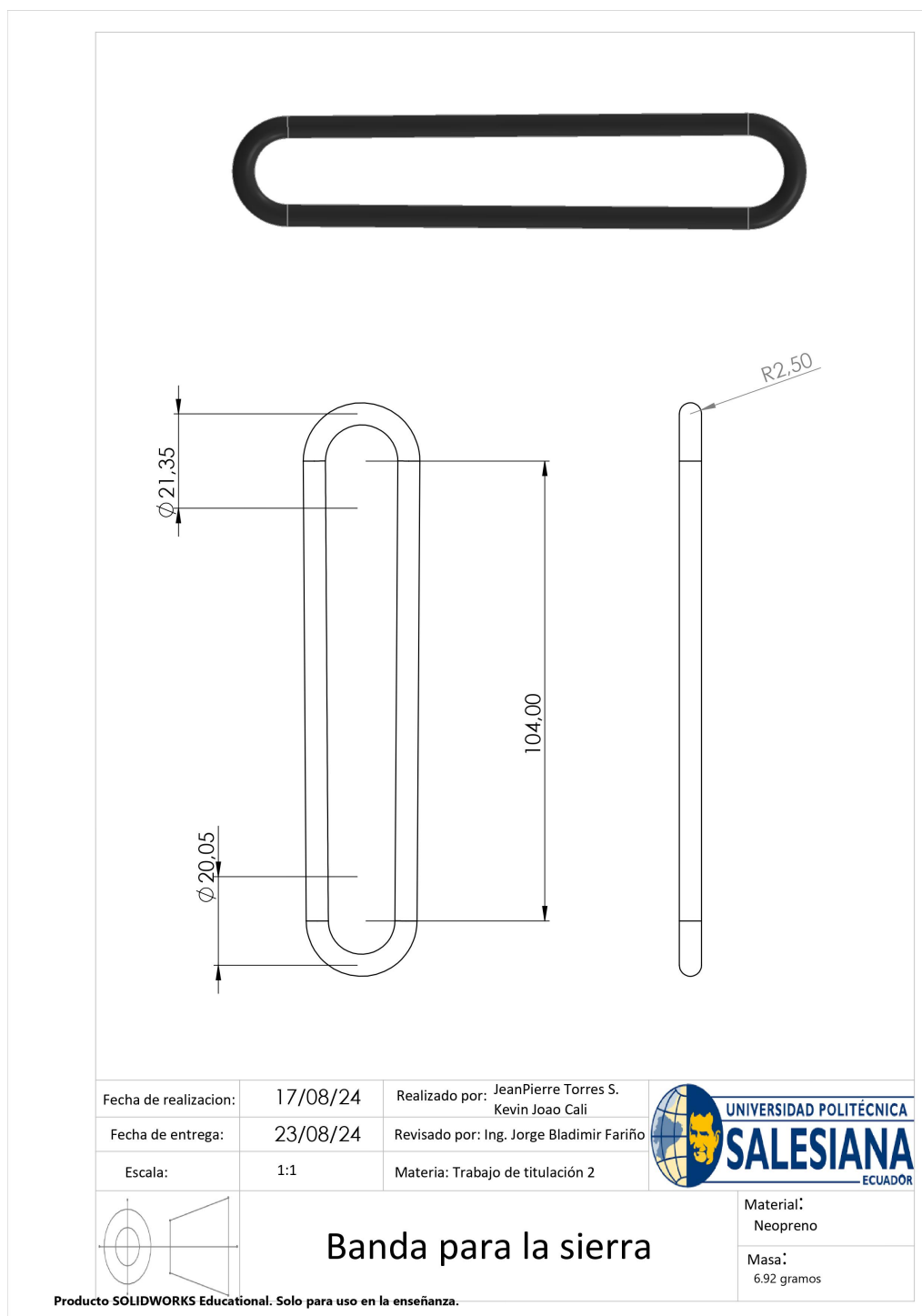


Figura 87. Plano de la banda para sierra. Fuente: Autores.

XII-. Anexo 31 - Tapa Frontal Superior

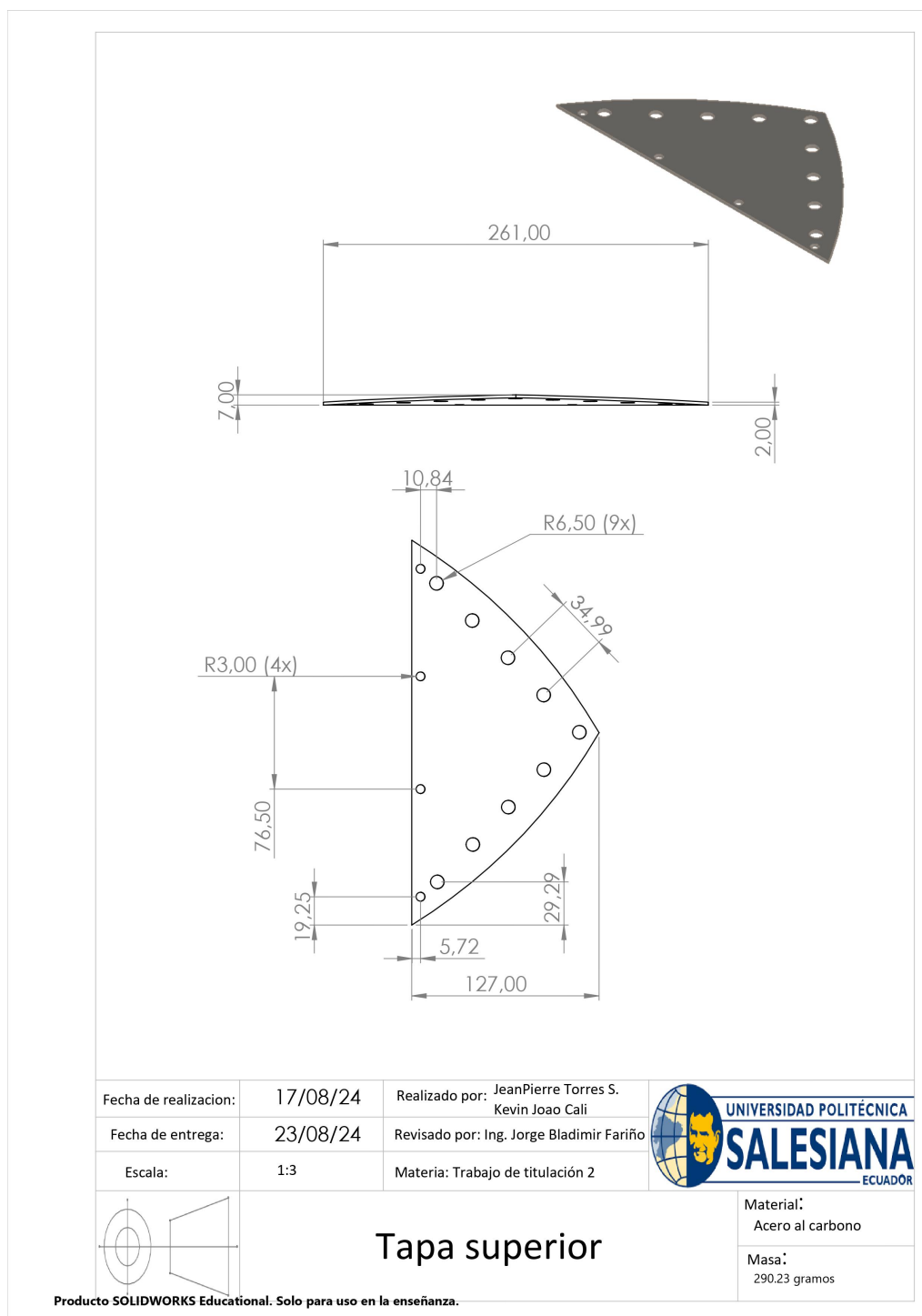


Figura 88. Plano de la tapa frontal superior. Fuente: Autores.

XII-. Anexo 32 - Tornillo “tripa de pato”

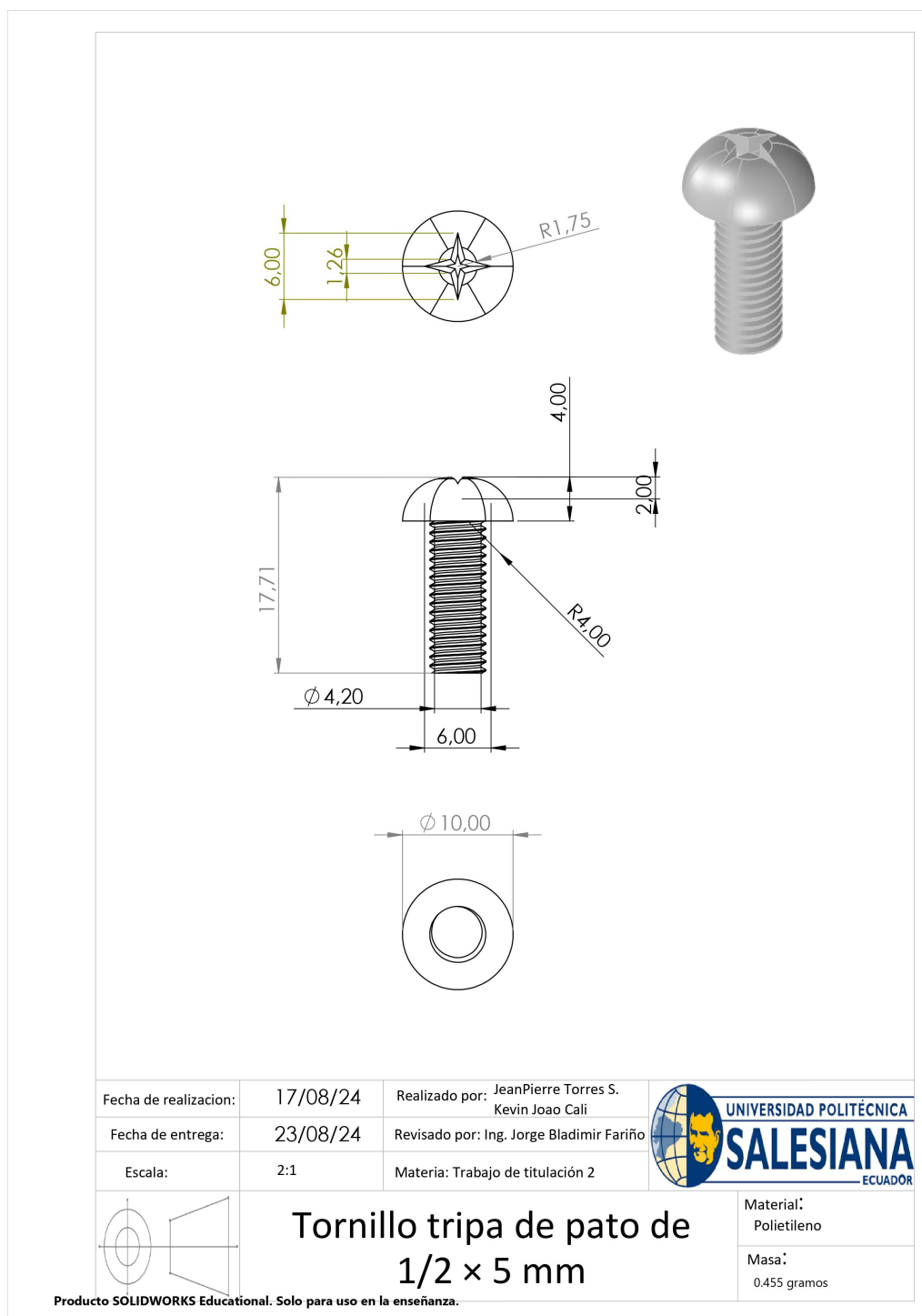


Figura 89. Plano del tornillo “tripa de pato”. Fuente: Autores.

XII-. Anexo 33 - Brida cabezal

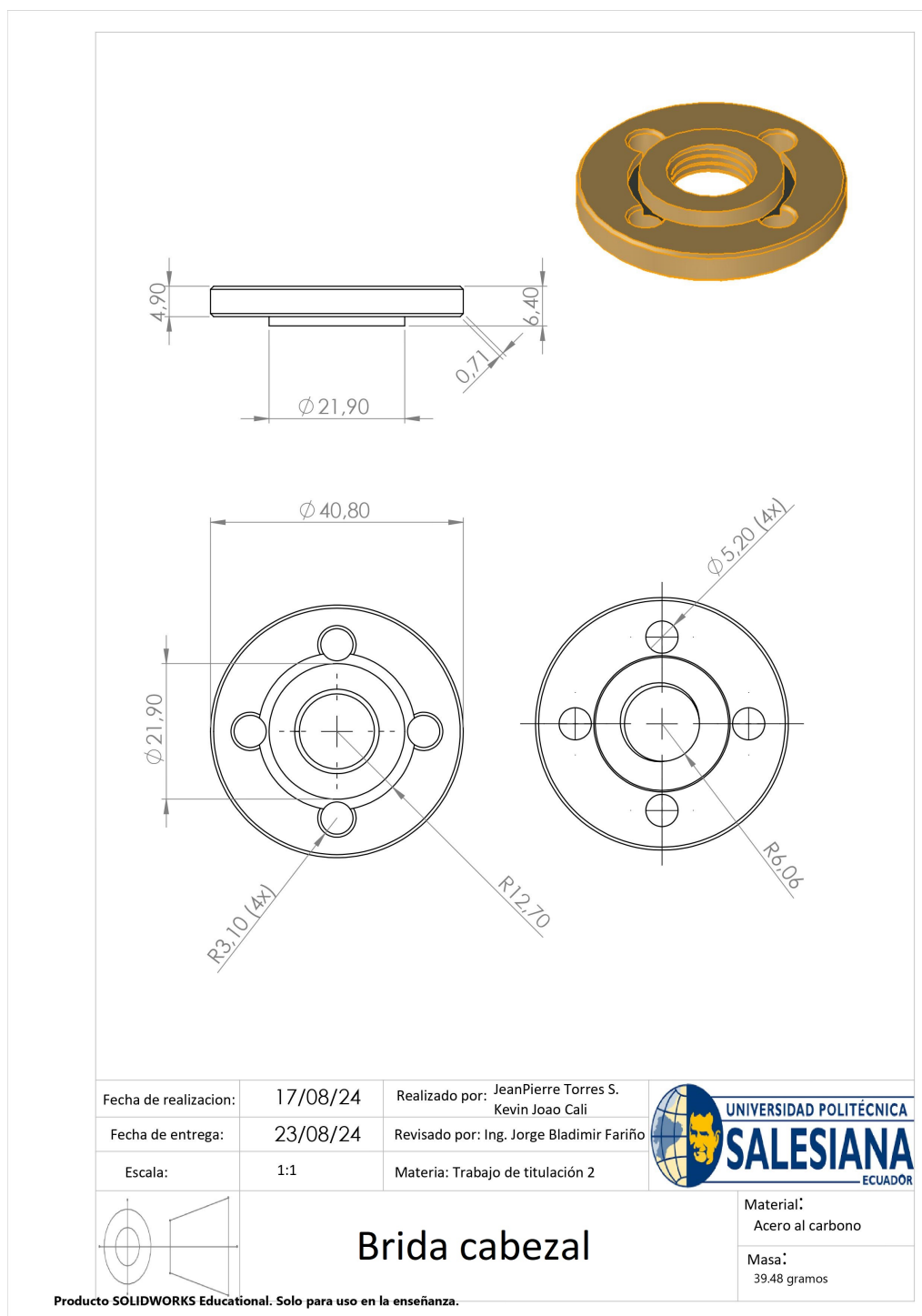


Figura 90. Plano de la brida cabezal. Fuente: Autores.

XII-. Anexo 33 - Dientes del rodillo

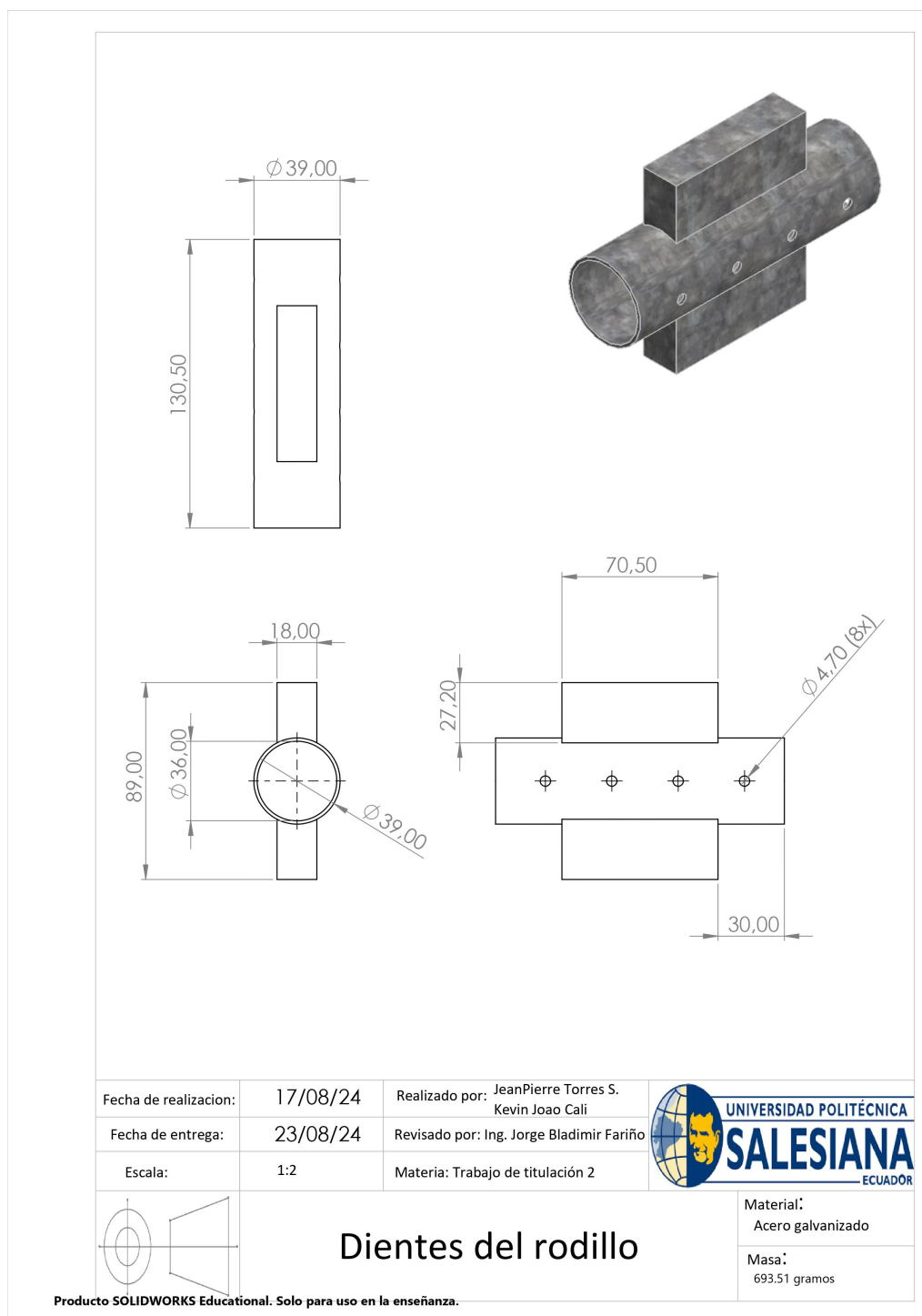


Figura 91. Plano de los dientes del rodillo. Fuente: Autores.

XII-. Fotografías del montaje preliminar y final



Figura 92. Prueba preliminar de diseño. Fuente: Autores.



Figura 93. Pintado de la cubierta superior de prueba. Fuente: Autores.



Figura 94. Pruebas preliminares. Fuente: Autores.



Figura 95. Fabricación de partes del diseño final. Fuente: Autores.



Figura 96. Montaje del arma principal. Fuente: Autores.



Figura 97. Montaje rueda loca. Fuente: Autores.

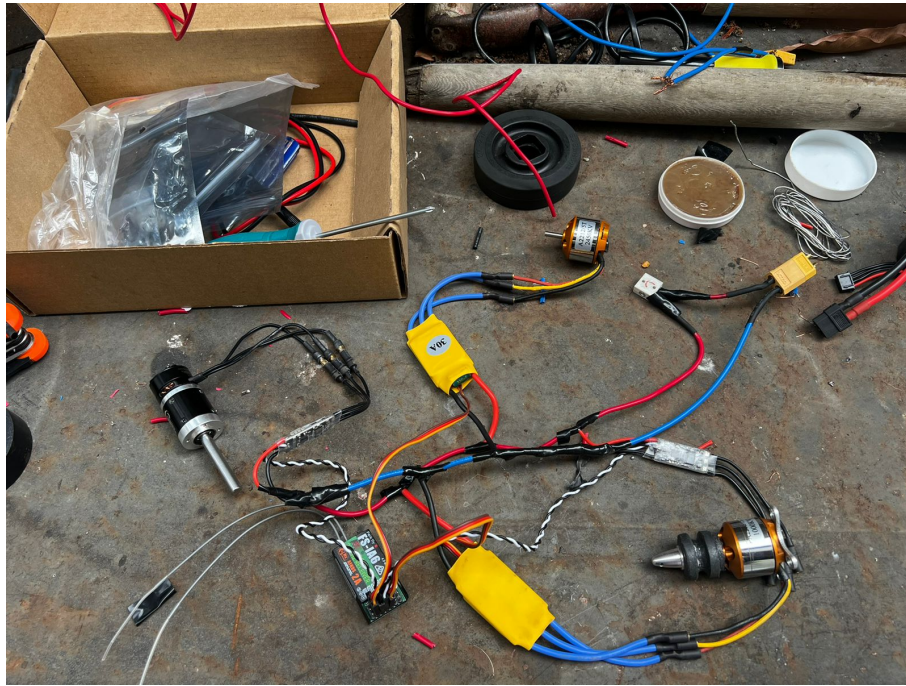


Figura 98. Prueba de conexiones. Fuente: Autores.



Figura 99. Ajuste de piezas del diseño final. Fuente: Autores.



Figura 100. Montaje final de diseño. Fuente: Autores.

REFERENCIAS

- [1] E. A. Aguirre y S. G. Gil, «Articulación de la robótica como eje de la formación interdisciplinar en el programa de Tecnología en Electrónica de la UNIMINUTO Sede Principal,» *UNIMINUTO*, feb. de 2014. DOI: <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.9.16.2014.26-32>.
- [2] G. X. P. Acosta y M. Á. M. Moreno, «Robótica educativa: propuesta curricular para Colombia,» *Educación y Educadores*, vol. 23, págs. 577-595, 4 mar. de 2021, ISSN: 01231294. DOI: 10.5294/edu.2020.23.4.2.
- [3] C. Luévano, *Equipo de robótica fomenta el aprendizaje de la ciencia y tecnología*, Spanish, Copyright - Milenio, Mexico - Distributed by ContentEngine LLC; Última actualización - 2022-10-06. dirección: <https://bibliotecas.ups.edu.ec:2247/newspapers/equipo-de-rob%C3%B3tica-fomenta-el-aprendizaje-la/docview/2721542487/se-2>.
- [4] J. Spalten, *Battlebots Electrical Approach*, ago. de 2021. dirección: <https://robojackets.org/2021/08/02/battlebots-electrical-approach/>.
- [5] P. Butala, R. Vrabčič, G. Škulj y G. A. Oosthuizen, «Robotics Competitions as Motivator for Project Oriented Learning in Mechatronics,» 2013, pág. 149, ISBN: 9781479915187.
- [6] J. O. S. Andrade y J. J. M. Simisterra, «DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE DOS ROBOTS DE BATALLA DE 3 LIBRAS PARA EL CLUB DE ROBÓTICA DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA,» Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, inf. téc., 2020. dirección: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19594>.
- [7] V. Choca y Á. Rodrigo, *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ROBOT DE BATALLA DE 30 LIBRAS*, mar. de 2022. dirección: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22825>.
- [8] T. Ollie, *Have you played Robot Wars: Arenas Of Destruction?* Ago. de 2019. dirección: <https://www.rockpapershotgun.com/have-you-played-robot-wars-arenas-of-destruction>.
- [9] *Reglamento de Batalla de Robots*, <https://robotica.uta.edu.ec/reglamentos/REGLAMENTO-BATALLA.pdf>, Consultado: 25 de junio de 2024.
- [10] U. P. Salesiana, *La Salesiana se destaca en competencia internacional de robótica*, Accedido: 18-jun-2024, 2020. dirección: <http://blog.ups.edu.ec/ups-noticia-13135217-la-salesiana-se-destaca-en-competencia-internacional-de-robotica/?pdf=4791>.
- [11] C. Guillermo, M. Machado, I. O. B. González, A. Manuel, R. Rivera y V. M. Vega, *Implementación de sistema operativo robótico en una plataforma de robot móvil*, dic. de 2020.
- [12] F. L. Chernousko, «Locomotion Principles for Mobile Robotic Systems,» vol. 103, Elsevier B.V., feb. de 2017, págs. 613-617. DOI: 10.1016/j.procs.2017.01.081.
- [13] M. Arias-Montiel, *Prototipo virtual de un robot móvil multi-terreno para aplicaciones de búsqueda y rescate*. oct. de 2016, ISBN: 9786079394073. dirección: <https://www.researchgate.net/publication/309398090>.
- [14] Fictiv, *How to Build a BattleBot Like a Pro, Part One: Rules and Combat Styles*, abr. de 2022. dirección: <https://www.fictiv.com/articles/build-a-battlebot-like-a-pro-rules-and-combat-styles>.
- [15] A. Conn, *AI Companies, Researchers, Engineers, Scientists, Entrepreneurs, and Others Sign Pledge Promising Not to Develop Lethal Autonomous Weapons*, jun. de 2018. dirección: <https://futureoflife.org/fli-projects/ai-companies-researchers-engineers-scientists-entrepreneurs-and-others-sign-pledge-promising-not-to-develop-lethal-autonomous-weapons/>.
- [16] Thenrc, «THE BEST WAY TO PREDICT THE FUTURE IS TO EVENT IT,» National Robotics Challenge 2023.
- [17] Altair, *PIAP Gryf dla SG w Katowicach*, ene. de 2021. dirección: https://www.altair.com.pl/news/view?news_id=32398.
- [18] RioBotz, *RioBotz Combat Robot Tutorial*, Accedido: 18-jun-2024, 2020. dirección: http://www.riobotz.com/riobotz_combot_tutorial.pdf.

- [19] P. Chapues, S. Vanessa, R. Delgado y A. María, *SOLDABILIDAD Y ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA SOLDADURA BLANDA AL HORNO ENACERO AISI 1045 Y ASTM A36*, ago. de 2014. dirección: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/8212>.
- [20] O. L. H. Dussán, «Efecto del tiempo de nitruración en las propiedades mecánicas y microestructurales del acero 4340,» jul. de 2023. dirección: <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/8362>.
- [21] P. M. C. A. Graciela y E. Gómez, «DESARROLLO DE ALEACIONES ALUMINIO COBRE DE ALTO DESEMPEÑO PARA LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ,» mayo de 2018. dirección: <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/16848>.
- [22] T. Becker y K. Lepkova, *Carbon steel corrosion: a review of key surface properties and characterization methods*, ene. de 2017. DOI: 10.1039/C6RA25094G. dirección: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2017/ra/c6ra25094g>.
- [23] L. F. Berrio-Betancur, M. Echeverry-Rendón, E. Correa-Bedoya et al., «Desarrollo de la industria de aleaciones de magnesio en Colombia - una oportunidad,» *DYNA (Colombia)*, vol. 84, págs. 55-64, 203 dic. de 2017, ISSN: 00127353. DOI: 10.15446/dyna.v84n203.66440. dirección: <https://hdl.handle.net/10495/13109>.
- [24] M. S. Hernández y V. N. Moreno, «Análisis comparativo de una sección estructural del fuselaje de una aeronave entre material compuesto ortogonal simétrico balanceado y aluminio Normalizado 6061 T6,» nov. de 2013. dirección: <https://hdl.handle.net/20.500.12930/3170>.
- [25] R. Allain, *The Terrifying Technological Tactics Behind BattleBots*, abr. de 2018. dirección: <https://www.wired.com/story/the-terrifying-technological-tactics-behind-battlebots/>.
- [26] J. C. P. Gil, *Robot de combate 1Lb Colombia*, ago. de 2019. dirección: <http://juankpena.blogspot.com/>.
- [27] K. D. Atherton, *A Brief History Of The Demise Of Battle Bots*, jun. de 2013.
- [28] R. Shulski, D. Tisza, M. Rouse, M. Birkel y A. Cuti, *DeadLif*, 2020. dirección: <https://battlebots.com/robot/deadlift-2020/>.
- [29] Denksbot, *ComBot Archetypes*, feb. de 2016.
- [30] Tombstone, *The KillDozer*, 2016. dirección: battlebots.fandom.com.
- [31] Large, *Definición, características y construcción del paquete de baterías Lipo*, ene. de 2020. dirección: <https://es.large.net/news/8fu43n5.html>.
- [32] Megatronica, *Batería de Lipo litio ANERA 7.4V 2S 2600mAh 25C*, 2024.
- [33] A. Mezquita, *Tutorial LiPos*, Accedido: 18-jun-2024, 2024. dirección: <https://aeroclubmezquita.es/tutorial-lipos.pages>.
- [34] J. E. J. Tacuri, *Caracterización del funcionamiento de un motor eléctrico de corriente continua sin escobillas Brushless con 1000 watts de potencia*, feb. de 2015. dirección: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7891>.
- [35] ElectricalTechnology, *Brushless DC Motor (BLDC) – Construction, Working Applications*, mayo de 2016. dirección: <https://www.electricaltechnology.org/2016/05/bldc-brushless-dc-motor-construction-working-principle.html>.
- [36] ElecCircs, *Brushless Motor ESC Wiring*, Accessed: 2024-08-20, 2023. dirección: <https://eleccircs.com/brushless-motor-esc-wiring>.
- [37] D. A. Norman, R. H. M. III, C. L. Chitwood et al., *Managing communications between robots and controllers*, 2013.
- [38] Battlebots, *Design Rules*, 2015.
- [39] A. González, *Metales ferrosos, Explicamos qué son los materiales ferrosos, sus características, tipos y varios ejemplos*, Última edición: 13 de abril de 2021, 2021. dirección: <https://www.lifeder.com/metales-ferrosos/>.
- [40] Fly Sky, *Fly Sky FS-i6 User Manual*, Accessed: 2024-06-25.

- [41] A. Electronics, *What is a Brushless DC Motor?* <https://www.arrow.com/es-mx/research-and-events/articles/what-is-a-brushless-dc-motor>, Accessed: 2024-06-25, 2024.
- [42] F. Robotics, *Mega Spark Brushless Motor - 2300KV*, Accedido en agosto de 2024, 2024. dirección: <https://www.fingertechrobotics.com/proddetail.php?prod=ft-mega-spark-bl-2300KV>.
- [43] F. Robotics, *FingerTech Mini Power Switch*, Accessed: 2024-08-16, 2024. dirección: <https://www.fingertechrobotics.com/proddetail.php?prod=ft-mini-switch>.
- [44] F. Robotics, *FingerTech TinyESC v2*, Accedido en agosto de 2024, 2024. dirección: <https://www.fingertechrobotics.com/proddetail.php?prod=BL20A>.
- [45] HobbyKing, *HobbyKing 30A BlueSeries Brushless Speed Controller*, https://hobbyking.com/es_es/hobbyking-30a-blueseries-brushless-speed-controller.html?__store=es_es, Último acceso: 28 de agosto de 2024, 2024.
- [46] Chinahobbyline, *Baterías Lipo, CNHL Black Series 1500mAh*, <https://chinahobbyline.com/es/products/cnhl-black-series-1500mah-14-8v-4s-100c-lipo-battery-with-xt60-plug>, Último acceso: 28 de agosto de 2024, 2024.