



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ROBOT DE BATALLA 12
LIBRAS UTILIZANDO UN SISTEMA DE GUARDA MOTORES
PARA LA ETAPA DE POTENCIA.”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Dispositivo Tecnológico

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORES: Pamela Estefanía Chávez Toscano

Michael Steep Vallejo Valle

DIRECTOR: Ing. José Luis Morales MSc.

Riobamba – Ecuador

2021

@2021, Pamela Estefanía Chávez Toscano; & Michael Steep Vallejo Valle.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, PAMELA ESTEFANÍA CHÁVEZ TOSCANO Y MICHAEL STEEP VALLEJO VALLE, declaramos que el presente trabajo de titulación y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 4 de marzo de 2021



Pamela Estefanía Chávez Toscano

CI: 1803710449



Michael Steep Vallejo Valle

CI: 0603859497

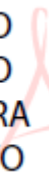
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; tipo: Dispositivo Tecnológico, “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ROBOT DE BATALLA 12 LIBRAS UTILIZANDO UN SISTEMA DE GUARDA MOTORES PARA LA ETAPA DE POTENCIA**”, de responsabilidad de la Señorita **PAMELA ESTEFANÍA CHÁVEZ TOSCANO** y el señor **MICHAEL STEEP VALLEJO VALLE**, ha sido minuciosamente revisado por los miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE

FIRMA

FECHA

**FAUSTO
RAMIRO
CABRERA
AGUAYO**  Digitally signed by
FAUSTO RAMIRO
CABRERA AGUAYO
Date: 2021.09.23
11:19:55 -05'00'

17-09-2021

Ing. Fausto Cabrera MSc.

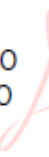
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

**Jose
Morales**  Firmado digitalmente por
Jose Morales
Fecha: 2021.10.14
19:06:46 -05'00'

17-09-2021

Ing. José Morales MSc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

**PAUL
PATRICIO
ROMERO
RIERA**  Firmado digitalmente por
PAUL PATRICIO
ROMERO RIERA
Fecha: 2021.10.07
23:01:33 -05'00'

17-09-2021

Ing. Paúl Romero Ph.D.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

El siguiente trabajo está dedicado a mi madre Martha, por su amor, su paciencia y apoyo incondicional; que a pesar de no compartir su misma ideología ella es quien ha sido mi fuente principal de inspiración, mi modelo a seguir, quien me ha enseñado que hay que trabajar duro para poder cumplir con las metas que nos hayamos planteado. A mi abuelita Anita, por su amor, por estar siempre pendiente de mí. A mi hermana Ivonne, por su apoyo, su cariño, su perseverancia y la fuerza que me ha brindado para recorrer este largo camino. A mi sobrino Carlos, que a pesar de su corta edad me ha enseñado que por más que haya momentos difíciles en la vida siempre habrá más razones para sonreír y ser feliz. A Michael, que me ha acompañado en toda esta travesía, quien ha sido también mi apoyo incondicional, que me ha enseñado que hay que equivocarse para poder aprender.

Pamela

Dedico el presente trabajo a mi madre Martha, ya que gracias a su responsabilidad y su arduo trabajo me ha inspirado para seguir adelante en mi carrera, a mi padre Carlos y su conocimiento que ha inspirado muchas de mis ideas y ha generado conocimiento en mi ser, a Pamela que gracias a su apoyo he podido cumplir con mis metas, a la familia de Pamela su madre Martha, su abuelita Anita, su hermana Ivonne y su sobrino Carlitos quienes me han brindado una familia y apoyo incondicional.

Michael

AGRADECIMIENTO

Agradezco de manera primordial a Dios, por permitirme despertar todas las mañanas para continuar con mi camino. A mi madre Martha, por brindarme su mano siempre de manera incondicional y por su paciencia a lo largo de mi carrera. A mi abuelita Anita, por siempre apoyarme y preocuparse por mí. A mi hermana Ivonne, por tener mucha paciencia conmigo, por estar siempre para mí cuando la necesito. A mi sobrino Carlos, por ser una chispa vital en mi vida. A Michael, por apoyarme, enseñarme y ayudarme en el transcurso de mi carrera. A mi padre Edgar, que de una u otra manera ha contribuido con un granito de arena para que esto sea posible. A la señora Martha Valle, por brindarme su apoyo y su cariño. Al Ing. José Luis Morales, por la paciencia y apoyo para obtener buenos resultados.

Pamela

Agradezco a mis padres ya que con su apoyo he podido llegar al momento en el cual me encuentro, a Pamela y su familia puesto que sin ellos muchas de mis metas jamás se hubieran podido cumplir, al Ing. José Morales, su paciencia y vocación para guiarme a lo largo de mi carrera y a los ingenieros docentes que supieron brindarme su conocimiento en esta etapa de mi vida.

Michael

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xiv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
1.1. Reglamento de un robot de batalla de 12 libras.....	4
1.2. Robots de Batalla.....	5
1.2.1. <i>Robots de batalla activos</i>	5
1.3. Sistema de protección de Motores.....	12
1.3.1. <i>Guarda motor</i>	12

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO.....	17
2.1. Requerimientos del DIR12GMP.....	17
2.2. Concepción general de la arquitectura del DIR12GMP.....	17
2.3. Arquitectura de hardware del DIR12GMP.....	18
2.3.1. <i>Chasis del DIR12GMP</i>	19
2.3.2. <i>Módulo de Alimentación del DIR12GMP</i>	19
2.3.3. <i>Módulo de Comunicación del DIR12GMP</i>	20
2.3.4. <i>Módulo de Ataque del DIR12GMP</i>	20
2.3.5. <i>Sistema de Tracción del DIR12GMP</i>	21
2.3.6. <i>Sistema de Protección del DIR12GMP</i>	21
2.4. Descripción de los elementos hardware del DIR12GMP.....	22
2.4.1. <i>Tarjeta programable Arduino Nano</i>	22

2.4.2.	<i>Sabertooth dual 25A</i>	23
2.4.3.	<i>Controlador electrónico de velocidad Hornet 70 A</i>	23
2.4.4.	<i>Motor sin escobillas Turnigy XK3674 - 1900KV Inrunner</i>	24
2.4.5.	<i>Motor con caja reductora Banebots</i>	25
2.4.6.	<i>Relé de Estado Sólido FOTEK 40 DA</i>	26
2.4.7.	<i>Radio control Turnigy Evolution Modo 2 PRO Digital AFHDS 2A</i>	27
2.4.8.	<i>Receptor FS- iA6</i>	29
2.4.9.	<i>Baterías Li - Po</i>	29
2.4.10.	<i>Llantas Banebots 50 A</i>	30
2.4.11.	<i>Sensor de Corriente ACS712-30A</i>	31
2.5.	Esquema de conexión electrónica del DIR12GMP	32
2.6.	Herramientas de software de desarrollo	33
2.6.1.	<i>IDE Arduino 1.8.13</i>	34
2.7.	Diseño estructural del DIR12GMP	36

CAPÍTULO III

3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	39
3.1.	Validación de los Sensores de Corriente del Sistema de Tracción del DIR12GMP ...	39
3.1.1.	<i>Validación del Sensor de Corriente ACS712-30A del motor de tracción 1</i>	39
3.1.2.	<i>Validación del Sensor de Corriente ACS712-30A del motor de tracción 2</i>	40
3.1.3.	<i>Repetitividad de los Sensores de Corriente 1 y 2 de los motores de tracción</i>	41
3.2.	Prueba Cinemática del DIR12GMP	43
3.3.	Validación de la Autonomía de las Baterías del DIR12GMP	46
3.3.1.	<i>Consumo de la batería 2 con el DIR12GMP embancado</i>	47
3.3.2.	<i>Consumo de la batería 2 con el DIR12GMP en funcionamiento</i>	48
3.3.3.	<i>Consumo de la batería 1 con el DIR12GMP en funcionamiento</i>	49
3.4.	Prueba de Rango de Comunicación Inalámbrica del DIR12GMP	50
3.5.	Validación de daño del arma del DIR12GMP	51
3.6.	Validación del Sistema de Protección del DIR12GMP	53
3.6.1.	<i>Prueba del Rango de Corriente para el Control del Sistema de Protección</i>	53
3.6.2.	<i>Validación del Sistema de Protección con la batería 2 a plena carga</i>	54
3.6.3.	<i>Validación del Sistema de Protección con la batería 2 a media carga</i>	54
3.7.	Validación de Peso del DIR12GMP	55
3.8.	Análisis de Presupuesto del DIR12GMP	56

CONCLUSIONES	58
RECOMENDACIONES	60
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1.	Parámetros para un Robot de Batalla de 12 libras.	4
Tabla 2-1.	Comparación de Materiales.	6
Tabla 3-1.	Comparación de características de motores.	8
Tabla 4-1.	Comparación entre las características de armas.	10
Tabla 5-1.	Comparación entre Baterías tipo Li Po y baterías secas.	11
Tabla 6-1.	Comparación entre los parámetros de dos tipos de radio control.	11
Tabla 7-1.	Comparación entre relés electromecánicos y de estado sólido.	13
Tabla 8-1.	Comparación entre las características de dos tipos de sensores de corriente.	15
Tabla 9-1.	Comparación entre las distintas características de Arduino UNO REV 3 y Arduino NANO.	15
Tabla 10-2.	Principales características del Arduino Nano	22
Tabla 11-2.	Principales características del Sabertooth dual 25 A	23
Tabla 12-2.	Principales características del Controlador electrónico de velocidad Hornet 70 A.	24
Tabla 13-2.	Principales características del Motor sin escobillas Turnigy XK3674 - 1900KV Inrunner	25
Tabla 14-2.	Principales características del Motor con caja reductora Banebots	26
Tabla 15-2.	Principales características del Relé de estado sólido FOTEK 40 DA.	27
Tabla 16-2.	Principales características del Radio control Turnigy Evolution Modo 2 PRO Digital AFHDS 2A.	28
Tabla 17-2.	Principales características del Receptor FS – iA6.	29
Tabla 18-2.	Principales características de las baterías Li Po.	30
Tabla 19-2.	Principales características de las llantas Banebots 50 A.	31
Tabla 20-2.	Principales características del sensor de corriente	32
Tabla 21-3.	Mediciones obtenidas para la validación del sensor de corriente 1.	40
Tabla 22-3.	Mediciones obtenidas para la validación del sensor de corriente 2.	41
Tabla 23-3.	Mediciones aleatorias obtenidas del sensor de corriente 1 y 2	42
Tabla 24-3.	Datos obtenidos de la prueba de rango de comunicación inalámbrica	50
Tabla 25.3	Rangos de Corriente obtenidos con el monitor serial.	53
Tabla 26-3.	Datos de peso tomados de cada componente	56
Tabla 27-3.	Costo Total del DIR12GMP	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.	Componentes de un robot de batalla activo.....	5
Figura 2-1.	Funcionamiento de un Relé.....	13
Figura 3-2.	Concepción general del DIR12GMP.....	18
Figura 4-2.	Arquitectura del hardware del DIR12GMP.....	19
Figura 5-2.	Diagrama de bloques del Módulo de Comunicación del DIR12GMP.....	20
Figura 6-2.	Diagrama de bloques del Módulo de Ataque del DIR12GMP.....	20
Figura 7-2.	Diagrama de bloques del Sistema de Tracción del DIR12GMP.....	21
Figura 8-2.	Diagrama de bloques del Sistema de Protección del DIR12GMP.....	21
Figura 9-2.	Tarjeta programable Arduino Nano.....	22
Figura 10-2.	Sabertooth dual 25 A.....	23
Figura 11-2.	Controlador electrónico de velocidad Hornet 70 A.....	24
Figura 12-2.	Motor sin escobillas Turnigy XK3674 - 1900KV Inrunner.....	25
Figura 13-2.	Motor con caja reductora Banebots.....	26
Figura 14-2.	Relé de estado sólido FOTEK 40 DA.....	27
Figura 15-2.	Radio control Turnigy Evolution Modo 2 PRO Digital AFHDS 2 A.....	28
Figura 16-2.	Receptor FS- iA6.....	29
Figura 17-2.	Batería Li Po 2200 mAh.....	30
Figura 18-2.	Batería Li Po 3000 mAh.....	30
Figura 19-2.	Llantas Banebots 50 A.....	31
Figura 20-2.	Sensor de Corriente ACS712-30 A.....	32
Figura 21-2.	Esquema de conexión electrónica del DIR12GMP.....	33
Figura 22-2.	Diagrama de flujo del sistema de protección del DIR12GMP.....	35
Figura 23-2.	Vista superior del chasis del DIR12GMP.....	36
Figura 24-2.	Tapa frontal de la estructura del DIR12GMP.....	37
Figura 25-2.	Diseño del arma del DIR12GMP.....	37
Figura 26-2.	Ensamblaje del DIR12GMP con sus componentes.....	38
Figura 27-2.	El DIR12GMP implementado.....	38
Figura 28-3.	Toma de valores del sensor de corriente 1.....	39
Figura 29-3.	Toma de valores del sensor de corriente 2.....	40
Figura 30-3.	Toma de valores aleatorios de los sensores de corriente 1 y 2.....	42
Figura 31 3.	Amperaje Vs N° de muestra en Microsoft Excel 2016.....	43
Figura 32-3.	Mediciones de consumo en la batería 2 con el DIR12GMP embancado.....	47

Figura 33-3.	Mediciones de consumo en la batería 2 con el DIR12GMP en funcionamiento.	48
Figura 34-3.	Mediciones de consumo en la batería 1 con el DIR12GMP en funcionamiento.	49
Figura 35-3.	Proceso de prueba de comunicación inalámbrica del DIR12GMP.	50
Figura 36-3.	Evidencia del objeto con el que se desarrolló la prueba y su peso de 12 lb.	51
Figura 37-3.	Desarrollo de la prueba de daño del arma.	53
Figura 38-3.	Desarrollo de la prueba del Sistema de Protección con la batería 2 a plena carga. .	54
Figura 39-3.	Desarrollo de la prueba del Sistema de Protección con la batería 2 a media carga. .	55
Figura 40-3.	Peso del DIR12GMP.	55

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** Especificaciones Técnicas Arduino Nano
- ANEXO B:** Hoja de Datos Sabertooth 2x25A
- ANEXO C:** Manual de Usuario ESC Hornet 70 A
- ANEXO D:** Hoja de datos ACS712 30 A
- ANEXO E:** Hoja de datos SSR 40 DA FOTEK
- ANEXO F:** Manual de Usuario Turnigy Evolution Digital Proportional Radio Control System
- ANEXO G:** Diagrama esquemático Robot de Batalla de 12 libras
- ANEXO H:** Diseño en Solidwork Robot de Batalla de 12 libras
- ANEXO I:** Evidencia Fotográfica

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

°C	Grados Centígrados
A	Amperios
ACS712	Allegro Current Sensor 712
A FHDS	Automatic Frequency Hopping Digital System
ARM	Advanced RISC Machines
Aux	Auxiliar
BEC	Battery Eliminator Circuit
BT	Bluetooth
C	Tasa de descarga
CER	Concurso Ecuatoriano de Robótica
CPPM	Channel Pulse Position Modulation
DA	Amperaje en corriente directa
DC	Corriente Directa
ESC	Electronic Speed Control
g	Gramos
Gb	Gigabytes
GFSK	Gaussian Frequency Shift Keying
GHz	Giga Hercios
GND	Tierra
h	Hora
HB	Dureza de Brinell
HDMI	High Definition Multimedia Interface
IBUS	Interconnected Bus
IDE	Integrated Drive Electronics
Kb	Kilobytes
KgF	Kilogramo Fuerza
kg/m³	Kilogramo/metro cúbico
KHz	Kilo Hercios
KV	Kilo Voltios
KVAC/min	Kilo Voltios en corriente alterna/ minutos
lb	Libras
LCD	Liquid Crystal Display

LED	Light Emitting Diode
Li Po	Polímero de Litio
MΩ/VDC	Mega Ohmios/Voltaje en corriente directa
mA	Mili Amperios
mAh	Mili Amperios hora
mA/v	Mili Amperios / Voltios
MHz	Mega Hercios
Mg/m³	Mega gramo/ metro cúbico
mm	Milímetros
MPa	Mega Pascales
ms	Milisegundos
N	Newton
ON	Encendido
OFF	Apagado
PWM	Pulse Width Modulation
RCO	Compuesto Orgánico - Amida
RF	Radio Frecuencia
RPM	Revoluciones por minuto
s	Segundos
SBEC	Switching Battery Eliminator Circuit
SBUS	Serial Bus
SD	Secure Digital
SSR	Solid State Rele
USB	Universal Serial Bus
USD	United State Dollars
V	Voltios
VAC	Voltaje en corriente alterna
VCC	Voltaje en corriente continua
VDC	Voltaje en corriente directa
W	Vatios
Wh/kg	Vatio hora/ kilogramo
Wi – Fi	Wireless Fidelity

RESUMEN

Se diseñó e implementó un robot de batalla de 12 libras utilizando un sistema de guarda motores para la etapa de potencia según el reglamento del Concurso Ecuatoriano de Robótica CER; el diseño e implantación del robot de batalla se dio debido a que es una de las categorías con mayor atracción dentro de las competencias de robótica, mientras que la implementación del sistema de guarda motor es esencial para salvaguardar los componentes del sistema de tracción dentro de una competencia. Los sensores utilizados para implementar un sistema de guarda motor fueron de tipo efecto Hall; con base en las pruebas realizadas se determinó que existe un error de $\pm 0.44\%$ para el caso del sensor 1 y un error de $\pm 0.29\%$ para el sensor 2; estos sensores además tienen un coeficiente de variación de 0.273 y 0.189 de forma respectiva, debido a esto, se determinó que los valores obtenidos fueron estables. El módulo de alimentación está conformado por dos baterías, una batería se encarga de alimentar al módulo de ataque y la otra al sistema de tracción, sistema de protección y módulo de comunicación. De las pruebas realizadas, se determinó para ambas baterías una autonomía de 15 minutos de funcionamiento sin necesidad de una recarga inmediata. La comunicación entre el teleoperador y el robot está dada por un radio control que brinda una conexión dentro de los 15 metros con buena visibilidad del robot sin que el radio control emita alguna alerta de señal de error e interferencias. El módulo de ataque cuenta con un arma tipo leva elaborada en acero genera una fuerza aproximada de 159.79 N, capaz de causar daños a un oponente. El sistema de protección tiene una respuesta de 4.75 segundos a partir de una detección elevada de corriente; gracias a su respuesta inmediata se puede proteger a los componentes del sistema de tracción y módulo de comunicación.

PALABRAS CLAVE: <ROBÓTICA>, <ROBOT DE BATALLA>, <GUARDA MOTOR>, <RELÉ DE ESTADO SÓLIDO>, <SENSOR DE CORRIENTE>, <SENSOR DE EFECTO HALL>, <RADIO CONTROL>, <BATERÍAS>.



Firmado electrónicamente por:
**JHONATAN RODRIGO
PARRENO UQUILLAS**



17-08-2021

1573-DBRA-UTP-2023

ABSTRACT

The objective of this research project was to design and implement a 12-pound battle robot using a motor guard system for the power stage according to the regulations of the Ecuadorian CER Robotics Contest. The design and implementation of the battle robot was chosen because it is one of the categories that attracts the most attention within robotics competitions; while the implementation of the motor guard system is essential to safeguard the components of the traction system during a competition. Hall effect sensors were used to implement the engine guard system. Based on the tests carried out, it was determined that there is an error of $\pm 0.44\%$ in the case of sensor 1 and an error of $\pm 0.29\%$ for sensor 2; these sensors also have a coefficient of variation of 0.273 and 0.189 respectively, due to this, it was determined that the values obtained were stable. The power module is made up of two batteries, one battery is responsible for feeding the attack module and the other for feeding the traction system, protection system and communication module. From the tests carried out, an autonomy of 15 minutes of operation was determined for both batteries without the need for immediate recharging. Communication between the teleoperator and the robot is facilitated via a radio control that connects within a 15-meter range with good visibility of the robot without any radio control error signals or interference alerts. The attack module consists of a cam-type weapon made of steel that generates an approximate force of 159.79 N, capable of causing damage to an opponent. The response time of the protection system is 4.75 seconds from a high current detection. Thanks to the immediate response, the traction system and communication module components can be successfully protected.

KEYWORDS: <ROBOTICS>, <BATTLE ROBOT>, <ENGINE GUARD>, <SOLID STATE RELAY>, <CURRENT SENSOR>, <HALL EFFECT SENSOR>, <RADIO CONTROL>, <BATTERIES>.

 Firmado electrónicamente por:
LENIN
IVAN LARA

INTRODUCCIÓN

La robótica es una de las expresiones de la tecnología cuya aplicación se ha extendido a diversos contextos de la vida del hombre. Además de sus diversas aplicaciones en la industria, facilita y mejora actividades como: los vuelos no tripulados, el estudio del mundo submarino, la limpieza de piscinas, la exploración del espacio exterior con robots como el Opportunity, el Spirit, el Rocky IV, la Misión Robótica Juno y el Curiosity; en el ámbito del entretenimiento: la creación de robots, como Aibo de Sony que simulan características de una mascota, robots que pueden jugar fútbol, robots móviles, humanoides y muchos otros en los cuales se aplican los últimos adelantos tecnológicos en sonido, reconocimiento y síntesis de voz, e inteligencia artificial (López y Andrade, 2013).

En la actualidad los robots se utilizan en el área de la educación tanto en niveles académicos inferiores como superiores; como consecuencia de esto se originaron eventos a nivel nacional e internacional en los que participan robots contruidos desde cero, robots humanoides o impacto tecnológico y muchas categorías más. Los concursos de robótica se han organizado desde los años 70 y 80. En 1979, el IEEE organizó un concurso de Micromouse, tal como se muestra en la revista Spectrum. Aunque es difícil identificar la primera competencia robótica en la historia, dos eventos son bien conocidos hoy en día por su longevidad: el All Japan Sumo de Japón y el Trinity College International Fire Fight Robot Contest. En las competencias tenemos numerosas categorías como: velocistas, seguidores de línea, laberinto, sumo, carrera de bípedos y además destacan los robots de batalla de varios pesos de forma general con: ½ libra, 1 libra, 3 libras, 12 libras, 120 libras de peso, esto acorde al tipo de evento. Esta batalla consiste en que suben a la arena dos contrincantes y ambos deben luchar de maneras que se pueda ganar la batalla mediante puntos por impacto o por inmovilización. Todo depende del mecanismo o diseño que tenga cada robot. (HiSoUR, 2019).

Al hablar de diferentes concursos en los que se ha podido participar tales como: CER (Concurso Ecuatoriano de Robótica), CHASQUIBOTS, TALENT LAND (México), UTABOT, RIOTRONIC, etc. se puede denotar que uno de los comunes denominadores presentes en la mayoría de estos son fallas en los controladores de los motores o en los motores como tal; esto se debe a que la mayoría de estos robots no están contruidos con las debidas protecciones que evitarían que muchos de estos motores que constituyen tanto la tracción como el ataque se dañaran a causa de impactos o sobrecalentamientos. De modo que, como consecuencia de este tipo de fallas o averías en los motores muchas de las competencias no se han podido culminar de manera exitosa, al tener que abandonar la zona de batalla con varios daños en los diferentes elementos principales que constituyen al robot, puesto que no solo existen daños en los motores sino también en sus controladores y demás partes del robot.

La categoría de batalla es una de las más atractivas en el desarrollo de una competencia de robótica, por lo tanto, es necesario que la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo tenga presencia en la misma. Por lo cual, el diseño e implementación debe ser óptimo para obtener los mejores resultados. Debido a que en varias de las competencias se han suscitado malos resultados por cuestiones referentes a fallas en los motores que conllevan incluso a fallos en los mismos controladores se prevé implementar un sistema que proteja a la circuitería interna del robot y evite daños en los demás componentes electrónicos que forman parte de un robot de batalla.

Dentro de esta perspectiva, uno de los problemas más comunes que se presentan en los motores es el calentamiento en el bobinado. Al darse este tipo de problemas en un motor eléctrico la alerta más evidente en el calentamiento de un motor se da porque este emite humo. Sin embargo, es necesario el uso de las herramientas adecuadas para comprobar el mal funcionamiento o avería del motor y tener así en cuenta todos los errores, fallos y daños que este pueda poseer de forma más general (Rename, 2019).

Como una de las soluciones se estipula la implementación de fusibles; no obstante, al ser un robot de batalla, este requiere un monitoreo constante de su funcionamiento, por lo que se decide optar por un sistema de guarda motor, el cual permitirá ajustar los diferentes rangos de protección acorde a su punto de funcionamiento. La visión que se espera obtener dentro de la comunidad electrónica que compite en este tipo de eventos es que se pueda acoplar un módulo de protección para que menos componentes sufran averías, y de esta manera reducir costos en reparaciones o fuertes inversiones por pérdidas de elementos.

Bajo la concepción de lo expresado de forma anterior, dentro de las competencias de robótica en la categoría de batalla, esta tiene gran impacto dentro de la sociedad de electrónica, debido a la complejidad que esta representa al momento de su diseño, construcción y por último en el respectivo funcionamiento dentro del desarrollo de la batalla. Además, es original, pues el diseño a implementarse en los motores del robot de batalla de 12 libras aún no se ha estudiado ni desarrollado en otros prototipos en Ecuador. Asimismo, es importante el estudio y diseño del sistema de guarda motores, debido a la protección que este brinda tanto a los motores como al resto de circuitería interna del robot.

Del mismo modo, es novedoso ya que su estudio ha sido mínimo en el contexto de diseño e integración del sistema de guarda motores dentro de un robot de batalla de 12lbs. Por consecuente como se dijo de manera previa, tiene como beneficiarios directos de este proyecto tecnológico a la

sociedad electrónica que es parte activa de las competencias de robótica, de forma esencial para los participantes de la categoría de batalla. Por último, este proyecto es relevante y generará gran aporte a la comunidad educativa y profesional de las áreas de electrónica y afines, para su progreso y desarrollo.

El **objetivo general** del trabajo de titulación es diseñar e implementar un robot de batalla de 12 libras utilizando un sistema de guarda motores para la etapa de potencia.

Los **objetivos específicos** planteados para el siguiente proyecto son:

- Realizar una investigación acerca de las características que conforman a los robots de batalla de 12 libras.
- Determinar lineamientos o requerimientos de un robot de competencia de 12 libras para la categoría de batalla.
- Diseñar el modelo estructural del robot además del sistema de guarda motores que protegerá la etapa de potencia del robot de batalla de 12 libras.
- Programar el control del sistema de guarda motores para la etapa de potencia del robot.
- Desarrollar los distintos módulos tanto *hardware* como *software* requeridos que conformarán el robot final.
- Realizar diversas pruebas y obtener resultados para garantizar que el robot cumpla con los objetivos planteados en este tema de investigación.

Para la realización del proyecto de titulación el siguiente documento detalla en tres capítulos el proceso del mismo. El Primer capítulo conocido también como Marco Referencial Teórico, refiere todos los aspectos teóricos como su nombre lo dice, acerca de un robot de batalla de 12 libras, componentes y define al sistema de protección para motores. En el Segundo capítulo llamado Marco Metodológico trata sobre los requerimientos del robot, su concepción general, el desarrollo de sus etapas y se describe cada uno de los componentes tanto *hardware* como *software* que fueron empleados, además del sistema de protección para los motores del robot. En el Tercer capítulo citado como Pruebas y Resultados, se lleva a cabo la certificación mediante la experimentación y observación de los resultados de cada una de las pruebas, de igual manera se hace un estudio de costos de construcción. Para finalizar, se determinan las conclusiones y recomendaciones con base en los resultados obtenidos del proyecto de titulación.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL TEÓRICO

En el siguiente capítulo se examina el reglamento de un robot de batalla que es utilizado en las competencias de robots, así como los tipos de robots de batalla de 12 libras. De manera subsiguiente, se estudia sobre la arquitectura completa del mismo, además de los sistemas de protección que se utilizan en los motores.

1.1. Reglamento de un robot de batalla de 12 libras

Dentro del reglamento que exhibe el Concurso Ecuatoriano de Robótica (CER) existen varios requerimientos que tiene un robot con estas características, en la Tabla 1-1 se detalla los diferentes parámetros que debe cumplir el robot (CEDIA, s.f.).

Tabla 1-1. Parámetros para un Robot de Batalla de 12 libras.

PARÁMETROS GENERALES	REQUERIMIENTOS
Peso	12 libras sin ninguna tolerancia.
Dimensiones	No existe restricción.
Alimentación	Batería de corriente continua, totalmente interna.
Interruptor de Emergencia	Llave “ON/OFF”, externa y de fácil acceso.
Motores a combustión	Prohibidos.
PARÁMETROS OPCIONALES PARA MECANISMOS NEUMÁTICOS	REQUERIMIENTOS
Tipo de Gas	Únicamente aire comprimido.
Presión Máxima	6 bares.
Volumen de Aire Comprimido	No existe límite.
Válvulas y Tanques	Totalmente comerciales, sin ninguna modificación y completamente salvaguardados.
PARÁMETROS OPCIONALES PARA MECANISMOS HIDRÁULICOS	REQUERIMIENTOS
Tipo de Fluido	Aceite mineral industrial, prohibido utilizar líquidos inflamables, corrosivos o altamente tóxicos.
Presión Máxima	10 bares.
Volumen de fluido	No hay restricción.

Fuente: <https://cer.cedia.edu.ec/es/>

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

1.2. Robots de Batalla

Según Escobar, Arroba, Pozo y Choto (2019) es un sistema o máquina compleja cuyo propósito es utilizar varias armas y equipos permitidos por reglas específicas del juego para luchar. Las peleas de robots se basan en la competencia entre los robots diseñados, construidos o programados por diferentes participantes que se desarrollan de acuerdo con un conjunto específico de reglas, antes mencionadas. Existen 2 tipos de robots: los pasivos que no cuentan con arma, puesto que su método de ataque se basa en embestir al oponente y los activos que tienen arma (Escobar et al., 2019). El grupo de objeto de esta investigación es el de los robots activos, de estos se hará un estudio a continuación.

1.2.1. Robots de batalla activos

Son aquellos que poseen un arma como método de ataque. Su arma debe estar construida por un material que se caracterice por su dureza, y de esta manera pueda infringir un daño en el oponente. Al seguir los mismos requerimientos de un robot de batalla de cualquier peso, es importante tener en cuenta sus diferentes sistemas, sean estos tracción, potencia, ataque y defensa (Miles y Carroll, 2002). Este tipo de robot activo tiene diferentes componentes que lo constituyen como se muestra en la Figura 1-1:

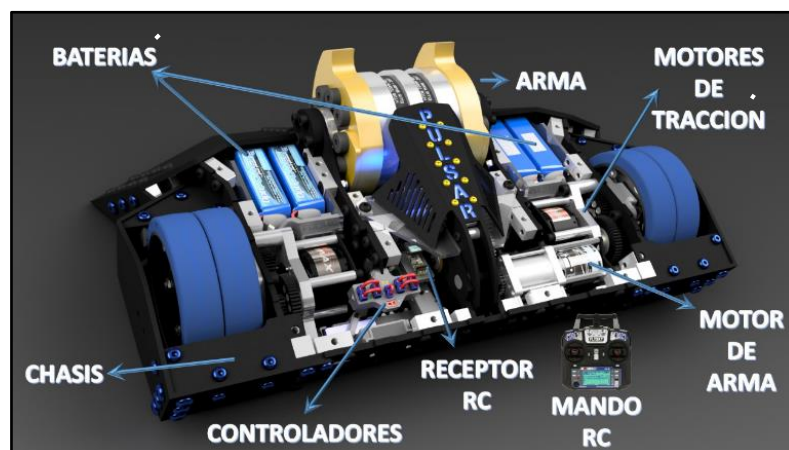


Figura 1-1. Componentes de un robot de batalla activo.

Fuente: <https://imgur.com/r/battlebots/FF5zr>

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

- **Chasis.** – Esta parte del robot es la base que soporta cada una de las partes del mismo. Al igual que los vehículos, los robots requieren una estructura rígida en la que se puedan colocar diferentes partes, como sensores, servomotores, controladores, baterías de energía y otros componentes. (Robotsyrobotica, s.f.). Es decir, debe contener la circuitería interna del robot y además debe ser capaz de soportar los impactos provocados por el oponente. Este componente requiere dureza, peso y elasticidad; generalmente para desarrollarlo se usan diferentes materiales como:
 - **Acero.** - Es una aleación de hierro y su contenido de carbono puede representar del 0.03% al 1.075% (peso) de su composición, según el grado. El acero mantiene las propiedades metálicas del hierro en estado puro, pero la adición de carbono y otros elementos metálicos y no metálicos puede mejorar sus propiedades físicas y químicas (Alacero, s. f.).
 - **Nylon.** - El nylon es una poliamida, es decir, un polímero que contiene grupos químicos amida (RCONR'R"), tiene propiedades físicas especiales, de manera específica en cuanto a resistencia eléctrica, elasticidad y transparencia (S, 2020)
 - **Aluminio.** - Es un metal ligero, cuya densidad es de 2700 kg/m³, esta es 2.7 veces la densidad del agua y un tercio de la del acero. Tiene un punto de fusión bajo: 660 °C. Es de color blanco brillante, con buenas propiedades ópticas y un alto poder de reflexión de radiaciones luminosas y térmicas (EcuRed, s.f.).
 - **Análisis comparativo de los materiales para el chasis.** - En la Tabla 2-1 se realiza la comparación de tres materiales que se usan de forma general para realizar la estructura o chasis del robot.

Tabla 2-1. Comparación de Materiales.

CARACTERÍSTICAS	ACERO	ALUMINIO	NYLON
Dureza (HB)	207	75	155
Elasticidad (MPa)	340	170	3800
Densidad (Mg/m³)	7.85	2.70	1.15

Fuente: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.3/36844/9788498804065.pdf>

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

De la información recogida en la Tabla 2-1, las características óptimas para el diseño son las que presenta el nylon debido a su dureza media, alta elasticidad y cabe recalcar que por

su baja densidad ayuda a que el peso de la estructura sea ligero pero resistente al mismo tiempo. Se acota además que para propósitos de resistencia el acero y el aluminio sirven para diferentes partes en la estructura.

- **Sistema de tracción.** – Ayuda con el movimiento del robot en cualquier dirección, por lo general, se clasifican según el método de dirección y la técnica de instalación. Los dos tipos de dirección utilizados por las ruedas son la dirección Ackerman que consta de 4 ruedas, dos de ellas brindan la dirección mediante un motor servo y dos que prestan la tracción con un solo eje; y la dirección diferencial que utiliza dos ruedas que se detalla a continuación (Miles y Carroll, 2002).
 - **Dirección diferencial.** - A veces llamada dirección "tipo tanque", no debe confundirse con las orugas de un tanque. La similitud es que el operador puede controlar la velocidad de las ruedas izquierda y derecha por separado para provocar un cambio en la dirección de movimiento del robot. Cada una de las dos ruedas laterales accionadas por separado tiene su propio motor eléctrico y no se requiere un motor para girar las ruedas para direccionar (Miles y Carroll, 2002a).
 - **Motores para tracción.** – Son una máquina eléctrica que transforma a la corriente continua en movimiento (McGrady, 2020). Los motores de corriente continua son usados de forma típica para este campo de la robótica, este proceso lo hacen debido a la alineación de dos campos magnéticos. Los más comunes son los motores con caja reductora, puesto que proporcionan mejor control en la dirección del robot (Robotsyrobotica, s.f.a). Según Llamas (2016), esta caja hace que aumente el par del motor y reduzca su velocidad. Se tiene 2 tipos que se detallan a continuación:
 - **Motores con escobillas.** - Son motores de corriente continua, que cuando se conecta a las escobillas, las bobinas en el armazón se energizan, se convierten en electroimanes y giran para que sus polos norte y sur se alineen con los polos del estator, respectivamente. Cuando el conmutador gira, este movimiento invierte la polaridad de la corriente en la bobina del armazón y la dirección de su campo magnético. El marco gira a la nueva alineación, la corriente se invierte nuevamente y el marco continúa su giro (McGrady, 2020a).
 - **Motores sin escobillas.** - Denominado también brushless, es otra forma de motor de corriente continua, que elimina la escobilla como sistema de rectificación de corriente.

Estos recurrieron a dispositivos electrónicos para cambiar el campo magnético. Debido a su naturaleza, estos motores tienen mayor velocidad, menor peso y mayor durabilidad que los motores de corriente continua tradicionales (Llamas, 2016a).

- **Análisis comparativo de los motores de tracción:** De este estudio se realiza una comparación en la Tabla 3-1, entre las distintas características que tienen los motores mencionados de forma previa.

Tabla 3-1. Comparación de características de motores.

CARACTERÍSTICAS	MOTORES CON ESCOBILLAS	MOTORES SIN ESCOBILLAS
Tipo de Conmutación	Mecánica por medio de las escobillas.	Eléctrica
Bobinado de la armadura	Rotor.	Estator.
Imanes Fijos	A cada lado del electroimán giratorio.	Rotor.
Distribución de Corriente	Por medio de escobillas.	Emplea circuitos de control en lugar de usar escobillas.
Tipo de Controlador	Puente H.	<i>ESC (Electronic Speed Control)</i>
Mantenimiento	Mayor mantenimiento	No requiere mantenimiento.
Velocidad	Rango medio de velocidad.	De alta velocidad y bajo ruido de funcionamiento.
Costo	Bajo costo debido al cableado simplificado.	Costo un poco elevado.

Fuente: <https://es.sawakinome.com/articles/physics/unassigned-2403.html>

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

Del análisis realizado en la Tabla 3-1, se deduce que el motor con escobillas con caja reductora es el adecuado para el sistema de tracción, puesto que cuenta con un rango de velocidad media, el cual es idóneo para la maniobrabilidad del robot; además de que con respecto a su controlador existe en el mercado una variada gama, muchos de los cuales cuentan con dos canales independientes, de esta manera se abarata el costo.

- **Caja reductora.** - Se trata del mecanismo de entrega. Consiste en una serie de piezas mecánicas que pueden reducir de manera adecuada la velocidad y aumentar la transmisión de par. Todos sus elementos son importantes en la misma magnitud, y se requiere una

geometría y composición perfectas para garantizar que el sistema funcione de forma correcta. Hablamos de engranajes, casquillos, coronas, arandelas, poleas, piñones (Compañía Levantina de Reductores, 2020).

Existen varios tipos de cajas reductoras como: los reductores de engranajes rectos que son muy comunes, se caracterizan porque sus dientes están montados en ejes paralelos y se usan para emitir movimiento de un eje a otro cercano o paralelo; se tienen también a los reductores con engranajes helicoidales que tienen un funcionamiento más silencioso y de manera suave, se pueden colocar en paralelo o cruzarse a 90 grados. Como último tipo existe el reductor planetario que será objeto de investigación como siguiente punto (Compañía Levantina de Reductores, 2020a).

- **Reductores Planetarios.** – Se utilizan debido a su precisión y fiabilidad, la mayoría de transmisiones automáticas usan este tipo de sistemas. Se componen de un eje central o sol que tiene un tamaño superior y rueda en torno al eje central; el porta planetas o *carrier* que sujeta hasta 3 engranes satélites del mismo tamaño y que se acoplen con el engrane central y por último se compone de una corona o anillo con dientes en la parte interna del mismo que engrana con los satélites y sella todo el tren epicicloidal; este eje central también puede transformarse en centro de giro para el anillo exterior y de esta manera cambiar con facilidad la dirección (Compañía Levantina de Reductores, 2020b).
- **Llantas.** - Una de las partes del sistema de tracción son las llantas, puesto que estas brindan acorde a sus características una favorable movilidad, así también se debe tener en cuenta su robustez, debido a que pueden sufrir daños en una competencia. Es una pieza metálica, que se asienta en un neumático que forma parte de la rueda (Quinde y Ulloa, 2012).

Estas ruedas incluyen gomas elásticas flexibles que se pueden adaptar a la superficie. La goma verde de modelo 30A más suave se aplanará sobre la superficie o se doblará alrededor de objetos con relativa facilidad, mientras que la goma negra de modelo 60A más dura proporcionará una resistencia significativa, mientras que la goma naranja 40A y azul 50A caerá. Estas ruedas se pueden utilizar como ruedas de tracción para robots ligeros o como ruedas de transporte o entrada para transportar objetos (BaneBots, s.f.).

- **Arma.** - Es aquella que se utiliza para atacar al oponente, para la construcción de este componente el material más óptimo con base en la Tabla 2-1 es el acero debido a su

característica de dureza. Se tiene varios tipos de arma acorde a su forma, entre las más usadas son: en forma de un martillo horizontal, en forma de disco de corte y en forma de leva (Miles y Carroll, 2002b). Al tener en cuenta estos 3 tipos de arma sobresalientes, se realiza una comparativa acerca de sus características en la Tabla 4-1.

Tabla 4-1. Comparación entre las características de armas.

TIPO DE ARMA	MARTILLO HORIZONTAL	DISCO	LEVA
Ataque	Eficiente.	Requiere mayor contacto.	Eficiente
Peso	Necesidad de una estructura más amplia para su montaje.	Peso ligero.	Peso medio.

Fuente: CER 2016, CER 2017, CER 2018, TALENT LAND – México 2019, Riotronic 2018, Riotronic 2019, Chasquibot 2019.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

De acuerdo al análisis de los datos recopilados en las distintas competencias, se determina que algunos robots con mayores victorias presentan un arma tipo leva, la cual como se muestra en la Tabla 4-1, tiene alta eficiencia en ataque hacia el oponente y un peso considerable para su implementación.

- **Baterías.** - Es un dispositivo compuesto por una o más celdas electroquímicas que pueden convertir la energía química almacenada en corriente eléctrica. Cada batería está compuesta por un electrodo positivo, un electrodo negativo y un electrolito que permite que los iones se muevan entre los electrodos, esto permite que la corriente fluya desde la batería para que alimente el circuito (Quantumbalea, s.f.). Las características que debe tener una batería para abastecer de energía al robot es que sea ligera, que tenga alto rendimiento, menor tiempo de carga. Existen varios tipos de baterías, pero las que tienen mejores características se describen a continuación:
 - **Batería tipo Li Po.** - Su abreviatura viene de litio y polímero, es una batería recargable a veces compuesta por varias celdas, utilizadas debido a que el robot requiere corriente superior a 1A, peso ligero y tamaño reducido (F., 2020).
 - **Batería tipo secas.** - Su medio electrolítico está compuesto de pasta en lugar de solución. Sin embargo, la pasta tiene un cierto nivel de humedad y por estas razones no está seca de manera estricta. Una pequeña cantidad de agua es suficiente para mover los iones, lo que permite que los electrones fluyan dentro de la batería (Weed, 2017).

- **Análisis comparativo de baterías.** - La Tabla 5-1 muestra una comparación entre las dos baterías más usadas en este tipo de proyectos a partir de la información recopilada en el punto anterior:

Tabla 5-1. Comparación entre Baterías tipo Li Po y baterías secas.

CARACTERÍSTICAS	BATERÍAS TIPO LI PO	BATERÍAS TIPO SECAS
Energía/Peso (Wh/kg)	100 – 130	30 - 50
Tensión por Elemento (V)	3.16	2
Duración (Número de recargas)	5000	20 - 30
Tiempo de Carga (h)	1 – 1.5	8 - 16
Auto – descarga por mes (% del total)	10	5

Fuente: <https://docplayer.es/14490161-Que-es-una-bateria-dispositivo-que-almacena-energia.html>

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

Una vez recabada la información en la Tabla 5-1 se puede notar que las baterías tipo Li Po son la mejor opción para el desarrollo de este proyecto, puesto que su tiempo de carga es menor con respecto a las baterías secas, muestra además una mejor relación energía/peso.

- **Radio control.** –Es un dispositivo que se conforma de un receptor y un emisor. El receptor recibe la señal para el control de un dispositivo o robot. El emisor es un dispositivo que mediante mandos como *joysticks*, gatillos o volante enviarán señales de control proporcionadas por el teleoperador (Rodríguez, 2015). El robot requiere un radio control que trabaje con una señal digital, por la fiabilidad de la comunicación y que cuente al menos 3 canales análogos.

Existen dos tipos de radio control, en la Tabla 6-1 se realiza la comparación de estos componentes:

Tabla 6-1. Comparación entre los parámetros de dos tipos de radio control.

PARÁMETROS	MODELO CON JOYSTICKS	MODELO CON GATILLO Y VOLANTE
Número de Canales	4 – 10	2 – 6
Frecuencia de Conexión con el Receptor	2.4 GHz	2.4 GHz
Tipo de Batería	Pila o batería interna recargable (depende del modelo)	Pila o batería interna recargable (depende del modelo)

Ergonomía	Mayor ergonomía para teleoperar un robot de batalla activo.	Menor ergonomía para teleoperar un robot de batalla activo.
------------------	---	---

Fuente: <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/4556/pfc6094.pdf>

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

Al tener en cuenta los parámetros requeridos para un radio control y extrapolándolos con la Tabla 6-1, se puede notar que existe mucha similitud en ambos tipos; pero al necesitar mayor cantidad de canales y una ergonomía óptima se opta por el modelo con *joysticks*.

1.3. Sistema de protección de Motores

La sección de protección se implementa para que el dispositivo pueda desconectar el motor de la red a tiempo cuando cambia el estado de funcionamiento normal, a fin de evitar daños en el aislamiento del motor, los devanados y las conexiones eléctricas. Una de las protecciones que se utiliza es el guarda motor (EcuRed, s.f.).

1.3.1. Guarda motor

Es un dispositivo que brinda protección y está compuesto por un bimetálico acoplado en capas de diferentes metales, por aquí circula electricidad; cuando la corriente llega o supera cierta cantidad de energía, la placa metálica se expande, se dobla y provoca que el tensor se accione e impida el flujo de corriente (Ojeda, 2017).

Al tener en cuenta los componentes de un guarda motor tradicional, se analiza la estructura de un dispositivo para protección de un robot de batalla de 12 libras, el cual comprende de: un relé, un sensor y una tarjeta programable.

- **Relé:** Es un dispositivo electrónico que funciona como un interruptor, que puede abrir y cerrar canales de corriente, pero se puede operar de forma eléctrica. Los relés permiten que los electroimanes abran o cierren contactos, por lo que también se denominan relés o relés electromagnéticos (TECNOLOGÍAS, s.f.). En la Figura 2-1 se puede observar el funcionamiento del relé. Para el caso del robot, el relé debe ser capaz de soportar cualquier tipo de vibraciones y tener una respuesta rápida.

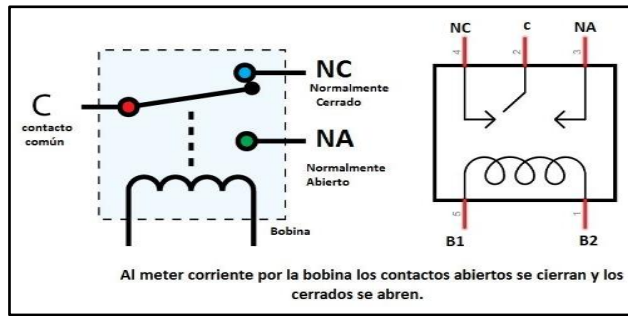


Figura 2-1. Funcionamiento de un Relé.

Fuente: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/rele.html>

En cuanto a relés, se tiene dos tipos que se usan de manera general:

- **Relés electromecánicos.** - Utilizan partes móviles físicas para conectar contactos dentro del conjunto de salida del relé. El movimiento del contacto es generado por la fuerza electromagnética de la señal de entrada de baja potencia, de modo que se puede completar el circuito que contiene la señal de alta potencia. Los componentes físicos de los relés electromecánicos suelen emitir un sonido de "clic", que puede ser útil en algunas situaciones, aunque esto provoca un arco interno y tarda mucho en moverse (Wendt, 2020).
- **Relés de estado sólido.** - Pueden ser el epítome de la industria de los semiconductores. Estos utilizan señales eléctricas de baja potencia para generar una señal semiconductor óptica (de manera usual un octoacoplador), que transmite y excita la señal de salida. Después de la activación, la señal óptica de entrada actúa como un "interruptor", así permite que las señales de alto voltaje pasen a través de los componentes de salida del relé de estado sólido o SSR (Wendt, 2020a).
- **Análisis comparativo de los tipos de relés.** – En la Tabla 7-1, se muestra una comparación entre varias características de estos relés.

Tabla 7-1. Comparación entre relés electromecánicos y de estado sólido.

PARÁMETROS	RELÉS ELECTROMECAÑICOS	RELÉS DE ESTADO SÓLIDO
Ruido Eléctrico	Puede generar un importante ruido de señal como resultado del sistema mecánico.	Genera una mínima perturbación eléctrica
Consumo de Energía	Presentan un bajo consumo de energía, requieren poca potencia de entrada para la conmutación de cargas, ideal para crear	El consumo de energía es una función del voltaje de conmutación y la

	soluciones más sostenibles y eficientes con respecto a la energía. Alta generación de calor	resistencia interna del material que se utiliza en el interruptor. Requiere una mayor potencia de entrada para funcionar.
Choque y Vibración	Son muy resistentes a los golpes y a las vibraciones no son susceptibles de un funcionamiento errático o poco fiable en un entorno exigente.	El sistema mecánico está sujeto a fuerzas externas que pueden conducir a un funcionamiento poco fiable y errático.
Capacidad de Conmutación	Puede responder a las señales de control en 5-15 milisegundos (unas 100 veces más lento que un <i>SSR</i>)	Responden a las señales de control en menos de 100us
Sensibilidad a la Posición	El sistema mecánico está sujeto a fuerzas externas las fuerzas externas deben ser perpendiculares a la acción del relé.	Son insensibles a la posición son adecuados para el montaje en posiciones verticales u horizontales, posición de "bicho muerto" o montaje adyacente.

Fuente: <https://www.arrow.com/es-mx/research-and-events/articles/crydom-solid-state-relays-vs-electromechanical-relays>

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

Al analizar los parámetros se justifica la elección de un relé de estado sólido con los datos de la Tabla 7-1, tanto que cuenta con una alta velocidad en conmutación, una buena estabilidad con respecto a choques y vibraciones; además se puede ubicar de forma versátil al momento de su montaje y funcionamiento.

- **Sensor de Corriente:** Es un dispositivo que se usa para el flujo de corriente en un circuito vivo. Cuando fluya la corriente, habrá una caída de voltaje y se generará un campo magnético, estos efectos se utilizarán en el diseño del sensor. Existe el sensor de corriente directo, se basa en la ley de Ohm. Esto se hace por la caída de voltaje asociada con la corriente que fluye a través (B., 2020). Para este proyecto es necesario que el sensor de corriente tenga un bajo consumo de energía y un buen rango de medición. Se encuentran en el mercado varios tipos de sensores de corriente, de los cuales se exponen dos en la Tabla 8-1 con sus respectivas características.

Tabla 8-1. Comparación entre las características de dos tipos de sensores de corriente.

CARACTERÍSTICAS	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE	SENSORES DE EFECTO HALL
Costo	Medio.	Alto.
Linealidad en Rango de Medición	Buena.	Pobre.
Capacidad de Medición en Alta Corriente	Buena	Buena.
Consumo de Potencia	Bajo.	Medio.
Problema de Saturación de Corriente Directa	Si.	Si.
Variación Respecto a la Temperatura	Bajo.	Alto.

Fuente: <https://slideplayer.es/slide/3744391/>

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

Al realizar el estudio de la Tabla 8-1, se comprende que la opción más viable es un transformador de corriente, puesto que cuenta con una buena linealidad en rango de medición y un bajo consumo de potencia; sin embargo, por la movilidad del robot se opta por un sensor de efecto *hall*.

- **Tarjetas programables**

Están conformadas por microcontroladores de tipo comercial que son capaces de realizar cualquier tipo de cálculo matemático complejo con mucha rapidez como Microchip y Atmel. También tienen procesadores de plataformas como ARM, sin sistema operativo y solo responden a lenguajes específicos (Carrasco, 2019). Existe una gran variedad de tarjetas; no obstante, las más difundidas son Arduino. El robot necesita una tarjeta que tenga una respuesta rápida, un peso ligero y que sea pequeño. En la Tabla 9-1 se presenta una diferenciación entre dos tipos de tarjetas como Arduino UNO REV3 y Arduino NANO usadas de manera típica.

Tabla 9-1. Comparación entre las distintas características de Arduino UNO REV 3 y Arduino NANO.

CARACTERÍSTICAS	ARDUINO UNO REV3	ARDUINO NANO
Procesador	ATmega328p	ATmega328P

Reloj Principal (MHz)	16	16
Memoria Ram (kB)	2	2
Memoria Flash (kB)	32	32
GPIOs	14	14
Tiempo Real	Si	Si
Peso (g)	25	7
Dimensiones (mm)	68.6 x 53.4	45 x 18
Precio (\$)	15	9
Facilidad de Integración	Alta	Alta

Fuente: <https://www.arduino.cc/en/Products/Compare>

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

En referencia a la Tabla 9-1 las características que brinda las tarjetas programables de Arduino son similares, pero se puede observar que hay una diferencia en cuanto a peso, tamaño y costo. Por lo cual se opta por la tarjeta programable Arduino NANO para la implementación del robot, debido a su peso ligero, a su pequeño tamaño y su facilidad de integración.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se desarrolla los contenidos como: los requerimientos que debe tener el diseño e implementación del robot de batalla de 12 libras utilizando un sistema de guarda motor para la etapa de potencia que de aquí en adelante se lo llamará DIR12GMP, también se define cada parte que constituye al mismo tanto *hardware* como *software*; se especifica además la concepción general del DIR12GMP, y sus diferentes módulos y sistemas.

2.1. Requerimientos del DIR12GMP

En torno al estudio hecho en el capítulo previo, se determinaron los requerimientos para el diseño del DIR12GMP y para el sistema de protección, los cuales son los siguientes:

- El DIR12GMP debe tener un peso máximo de 12 libras, sin ningún rango tolerancia según la normativa del CER.
- Contar con un diseño estructural que sea de fácil transportación y operación, además de prestar seguridades en caso de emergencia.
- Disponer de un arma tipo leva en forma de gota elaborada en material de acero.
- Garantizar que el DIR12GMP tenga una autonomía en las baterías tanto de tracción como del arma sobre los 15 minutos, y posibilite 3 combates sin la necesidad de una recarga inmediata.
- Garantizar que el arma tipo leva sea capaz de causar daño al oponente y pueda ganar puntos mediante golpe por contacto de forma directa.
- Poseer una comunicación con un rango mínimo de 10 metros necesarios entre el DIR12GMP y el teleoperador.
- Disponer de un sistema de tracción diferencial con llantas de goma que proporcionará mejor capacidad de tracción y movilidad.
- Supervisar y controlar elevaciones de corriente en los motores de tracción para evitar daños por sobrecalentamiento o sobre voltaje.
- Tener un costo bajo, fácil operación y transportación.

2.2. Concepción general de la arquitectura del DIR12GMP

En la Figura 3-2, se puede observar los elementos que constituyen al DIR12GMP como son el sistema de tracción, de protección, módulo de ataque, de comunicación, de alimentación y chasis; estos

funcionarán de forma conjunta para que en el desarrollo de una competencia se pueda obtener el mejor rendimiento debido al diseño de su arma y a su sistema de tracción diferencial que facilita el control de movilidad del teleoperador. El módulo de protección comprende de un sensor de corriente, el cual proporcionará los datos a una tarjeta programable Arduino, esta los comparará con un rango establecido de forma previa que será obtenido de la corriente máxima soportada por el motor antes de sufrir una avería; una vez que la corriente obtenida por el sensor supere el valor del rango la tarjeta Arduino enviará una señal al relé. Este realizará la desconexión del motor para que no sufra daños.

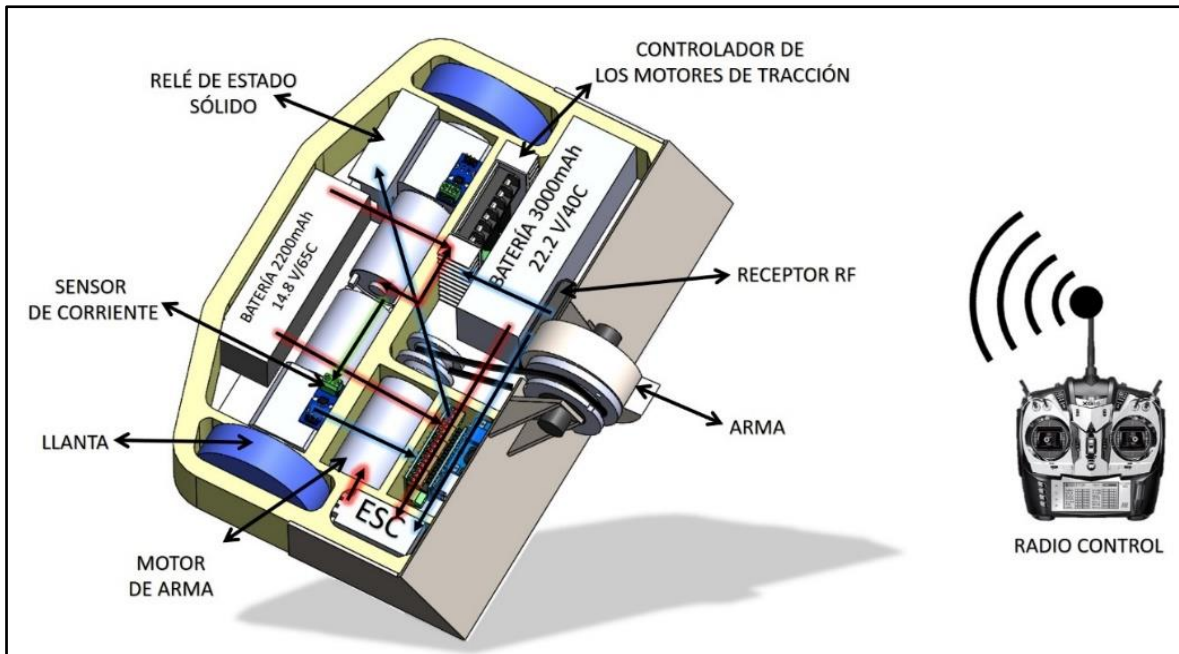


Figura 3-2. Concepción general del DIR12GMP.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

2.3. Arquitectura de *hardware* del DIR12GMP

Al cabo de haber realizado la concepción general del DIR12GMP, en la Figura 4-2, se puede notar que está constituido por un chasis cuyos materiales son: nylon, acero y aluminio; este permite resistir los daños causados por el oponente. Este diseño cuenta con un módulo de alimentación comprendido por dos baterías de corriente continua tipo Li Po, una de ellas alimenta al módulo de ataque y la otra batería a los sistemas restantes.

El receptor del módulo de comunicación está encargado de proveer señales enviadas desde el radio control hacia el sistema de tracción y al módulo de ataque. La señal recibida por el receptor es enviada al controlador del motor sin escobillas que produce el movimiento del arma. Otra señal receptada es enviada al controlador de los motores de tracción que cuenta con un sistema de tipo diferencial

compuesto por motores con escobillas, con una caja reductora y unas llantas de goma dura que facilitarán el movimiento en el área de combate. Cada motor posee un sensor de corriente que integran el sistema de protección, este sensor emitirá señales a una tarjeta programable Arduino, la cual procesa la información en tiempo real, analiza cuando el motor está en sobrecarga y mediante un relé de estado sólido a desconecta el controlador del sistema de tracción y el receptor del módulo de comunicación.

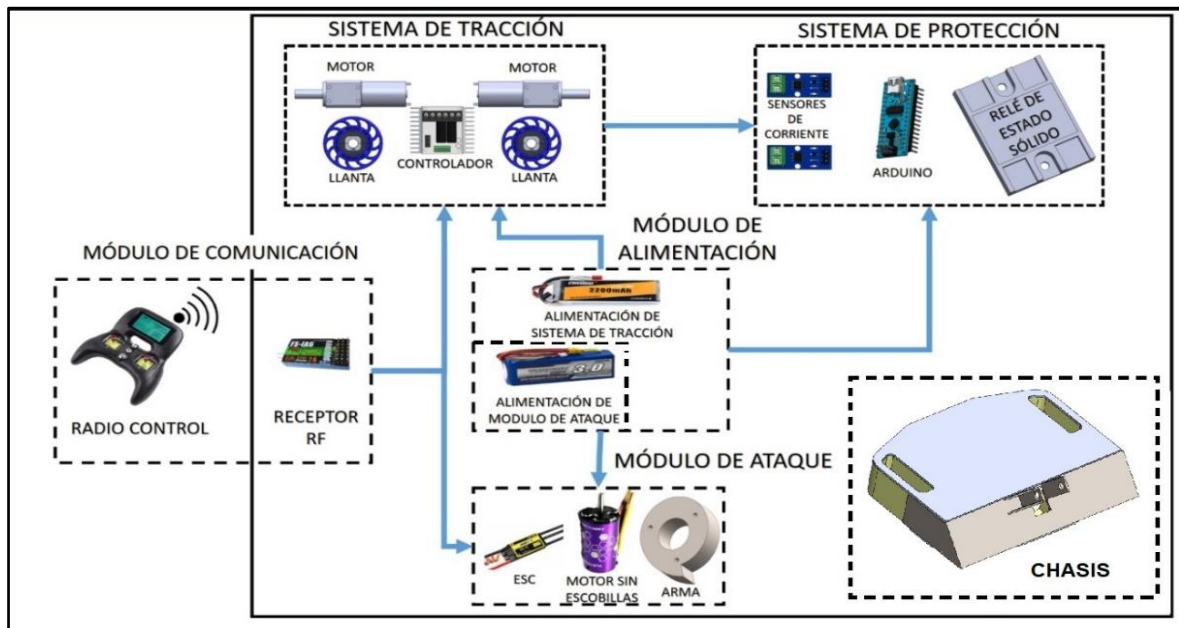


Figura 4-2. Arquitectura del hardware del DIR12GMP.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

2.3.1. Chasis del DIR12GMP

Está compuesto por 4 elementos: la tapa inferior y la estructura que están elaboradas en nylon, la tapa superior manufacturada en aluminio y el soporte para el arma desarrollado en acero, estos elementos permiten contener los diferentes módulos, sistemas y a la vez busca resistir los ataques del oponente.

2.3.2. Módulo de Alimentación del DIR12GMP

Está constituido por dos baterías de tipo Li Po, una de las cuales posee un voltaje de 22.2 V y 3000 mAh que alimenta al módulo de ataque conformado por un motor sin escobillas, su respectivo controlador y su arma; la segunda batería pertenece al mismo tipo que se mencionó de forma anterior con un voltaje de 14.8V y 2200 mAh que suministra energía al módulo de comunicación, sistema de tracción y protección.

2.3.3. Módulo de Comunicación del DIR12GMP

Está comprendido por un radio control que envía señales a un receptor de radio frecuencia que trabaja a 2.4 GHz alimentado por la batería Li Po de 14.8 V. Las señales recibidas son enviadas a cada uno de los controladores de los módulos tanto de ataque como al sistema de tracción. En la Figura 5-2 se muestra el respectivo diagrama de bloques.

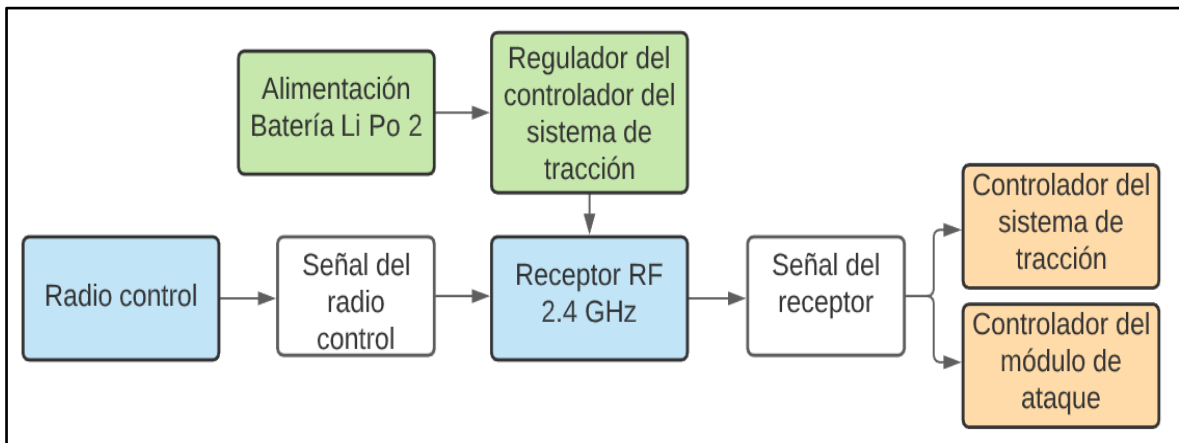


Figura 5-2. Diagrama de bloques del Módulo de Comunicación del DIR12GMP.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

2.3.4. Módulo de Ataque del DIR12GMP

Está integrado por: un motor sin escobillas denominado también motor *brushless*, un controlador y un arma de tipo leva en forma de gota elaborada en acero. Este módulo está encargado como su nombre lo dice, de atacar al usar un arma que pueda ocasionar un daño al oponente. En la Figura 6-2 se observa su diagrama de bloques.

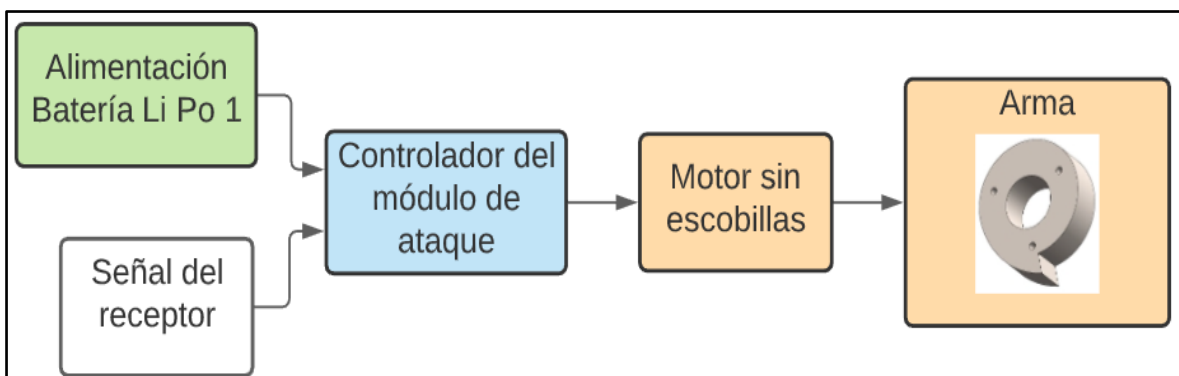


Figura 6-2. Diagrama de bloques del Módulo de Ataque del DIR12GMP.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

2.3.5. Sistema de Tracción del DIR12GMP

Este sistema es de tipo diferencial, es decir que está conformado sólo por dos motores y un controlador. El controlador recibe una señal del receptor y este hace que se accionen los motores; cada motor posee una llanta de goma dura que presta mayor facilidad al momento de moverse. En la Figura 7-2 se observa el diagrama de bloque del sistema.

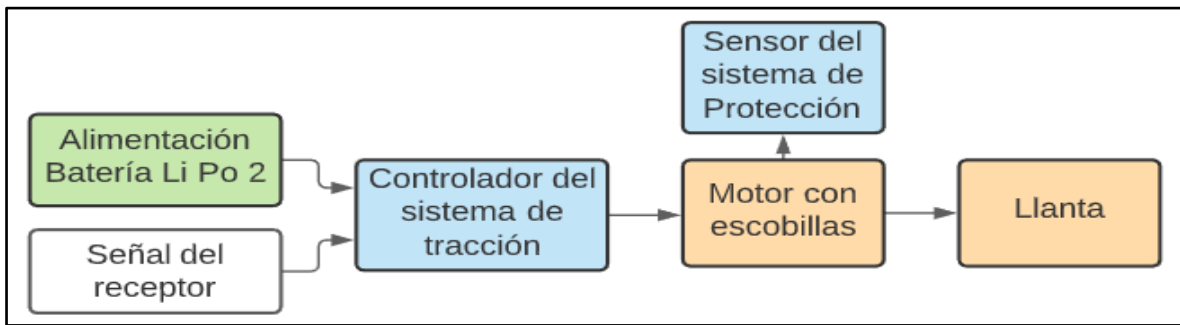


Figura 7-2. Diagrama de bloques del Sistema de Tracción del DIR12GMP.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

2.3.6. Sistema de Protección del DIR12GMP

Está constituido por un sensor de efecto *hall* que adquiere datos de corriente de los motores del sistema de tracción, estos datos son enviados a la tarjeta programable Arduino donde son procesados y comparados con un rango previo establecido. Después de ser analizados los datos, Arduino envía una señal al relé de estados sólido para que este proceda a la desconexión de los motores en caso de que estos sufran una elevación de corriente. En la Figura 8-2 se muestra el diagrama de bloques de este sistema.

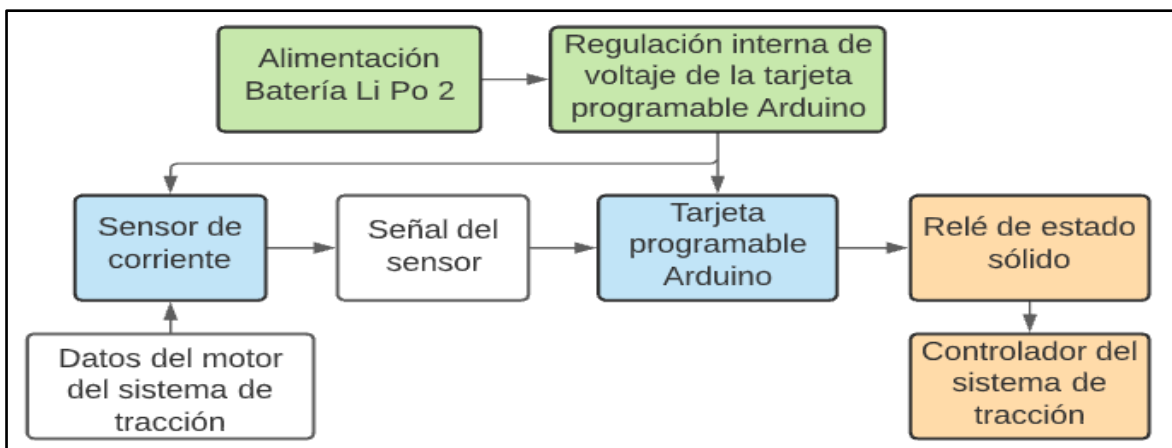


Figura 8-2. Diagrama de bloques del Sistema de Protección del DIR12GMP.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

2.4. Descripción de los elementos *hardware* del DIR12GMP

De manera siguiente, se describen cada uno de los elementos *hardware* que constituyen al robot y se presenta sus características más relevantes.

2.4.1. Tarjeta programable Arduino Nano

Arduino como se observa en la Figura 9-2, es una plataforma de desarrollo de prototipos electrónicos basada en *software* y *hardware* libre y fácil de usar. Tiene un regulador de voltaje interno, su función es hacer que el voltaje de la fuente de alimentación no supere los 12V, de lo contrario dañará el regulador de voltaje y la placa (Sum,2018). Utiliza un microcontrolador ATmega 328, tiene un tamaño pequeño en comparación con otros modelos, pesa 7 gramos ideal para la construcción del robot. En la Tabla 10-2, se presentan sus principales características.

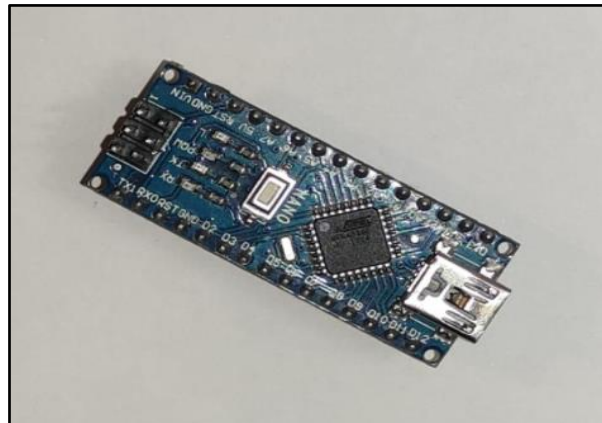


Figura 9-2. Tarjeta programable Arduino Nano.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

Tabla 10-2. Principales características del Arduino Nano

CARACTERÍSTICAS	
Microcontrolador	ATmega328
Memoria Flash (Kb)	32
Frecuencia de reloj (MHz)	16
Voltaje de Entrada (V)	7-12
Terminales digitales	14
Terminales analógicos	8
Corriente DC por cada Terminal (mA)	40
Resolución de canales analógicos (bits)	10
Dimensiones (mm)	45×18
Peso (g)	7

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

Fuente: <https://www.hwlibre.com/arduino-nano/>

2.4.2. Sabertooth dual 25A

En la Figura 10-2, se muestra un controlador dual fácil de usar; apto para robots de combate de hasta 100 libras. Tiene la capacidad de abastecer hasta con 25 A dos motores de corriente directa cada uno, cada canal puede llegar a corrientes máximas de 50 A en cortos períodos de tiempo. Posee dos modos de operación y es el mejor calificado para robots con sistema de tracción diferencial (Dimension Engineering LLC, s.f.). En la Tabla 11-2 se observa las principales características del controlador.



Figura 10-2. Sabertooth dual 25 A.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

Tabla 11-2. Principales características del Sabertooth dual 25 A

CARACTERÍSTICAS	
Voltaje nominal (V)	6-30
Voltaje absoluto máximo (V)	33.6
Corriente nominal por canal (A)	25
Corriente pico por canal (A)	50
Frecuencia de conmutación de los transistores (kHz)	32
Tamaño (mm)	65x80x21
Peso (g)	90

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

Fuente: <https://www.dimensionengineering.com/products/sabertooth2x25>

2.4.3. Controlador electrónico de velocidad Hornet 70 A

El ESC (*Electronic Speed Control*) por sus siglas en inglés, controla los motores sin escobillas de forma electrónica mediante pulsos, incorpora un sistema de variadores lineales que posibilita regular

un voltaje estable (FpvMax,2016). Este modelo como se muestra en la Figura 11-2, presenta una resistencia de salida muy baja, resiste altas corrientes y tiene varios tipos de protección. Posee dos modos de arranque: suave y normal (HTIRC, s.f.). En la Tabla 12-2 se especifican sus principales características.



Figura 11-2. Controlador electrónico de velocidad Hornet 70 A.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

Tabla 12-2. Principales características del Controlador electrónico de velocidad Hornet 70 A

CARACTERÍSTICAS	
Corriente nominal (A)	70
Corriente ráfaga (A)	90 (10 s)
Corriente pico (A)	180
Voltaje de operación (V)	7-22.2
Tipo de BEC	SBEC
Voltaje de Salida de BEC (V)	5
Corriente de BEC (A)	6
Programable	Si
Dimensiones (mm)	60x30x14
Peso (g)	50 (con cable)

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

Fuente: <http://www.rcreviewer.com/model/htirc-hornet-2-6s-70a-brushless-esc-with-5v-6a-bec-for-rc-airplane-28695.html>

2.4.4. Motor sin escobillas Turnigy XK3674 - 1900KV Inrunner

Denominado también motor *brushless* como se muestra en la Figura 12-2, debido a sus características mecánicas de no poseer escobillas permite que su velocidad de giro sea mayor, menor peso y mayor durabilidad, puesto que no existe desgaste mecánico por la razón antes mencionada (Llamas, 2016b). Tiene un rotor de níquel sinterizado con vibraciones en rango bajo que permite el más alto

rendimiento con respecto a eficiencia; este motor posee 4 polos y una máxima aceleración del motor como consecuencia de su rotor (HobbyKing, s.f.). En la Tabla 13-2, se presenta sus principales características.



Figura 12-2. Motor sin escobillas Turnigy XK3674 - 1900KV Inrunner.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

Tabla 13-2. Principales características del Motor sin escobillas Turnigy XK3674 - 1900KV

Inrunner

CARACTERÍSTICAS	
Polos	4
KV	1900
Corriente máxima (A)	61
Voltaje máximo (V)	29.4
Longitud de carcasa (mm)	74
Diámetro de carcasa (mm)	36
Diámetro del eje (mm)	5.0
Longitud total (mm)	91.2
Peso (g)	310

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

Fuente: https://hobbyking.com/es_es/turnigy-xk3674-1900kv-brushless-inrunner.html

2.4.5. Motor con caja reductora Banebots

Este motor tiene acoplado en su eje una caja reductora como se muestra en la Figura 13-2, con relación de 33:1, es decir que por cada 33 vueltas que gire el motor a la salida de la caja tendremos 1 vuelta. Este tipo de sistema permite tener mejor control en la dirección sin perder el factor velocidad (BaneBots, LLC., s.f.-b). En la Tabla 14-2 se muestra las principales características del motor.

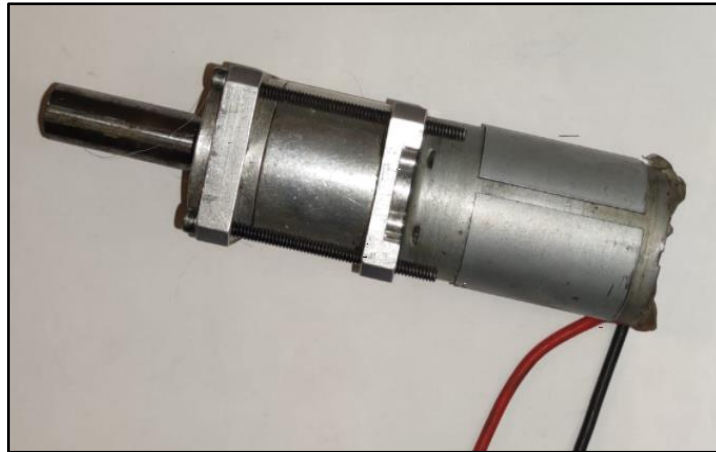


Figura 13-2. Motor con caja reductora Banebots.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

Tabla 14-2. Principales características del Motor con caja reductora Banebots

CARACTERÍSTICAS	
Voltaje operacional (V)	6 - 18
Voltaje nominal (V)	12
Corriente en vacío sin caja reductora (A)	1.1
Corriente de parada sin caja reductora (A)	30
Corriente pico (A)	5.9
Peso del motor sin caja reductora (g)	212
Velocidad pico del motor sin caja reductora (RPM)	9000
Velocidad pico del motor con caja reductora (RPM)	273

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

Fuente: <https://banebots.com/other/>

2.4.6. Relé de Estado Sólido FOTEK 40 DA

Actúa de la misma manera que un relé mecánico. Controla cargas de alto voltaje desde circuitos de control de bajo voltaje. Lo logra mediante el uso de luz infrarroja como "contacto". El relé de estado sólido como se muestra en la Figura 14-2, es en realidad solo un *LED* de infrarrojos y un fototriac en una pequeña caja. Conmutan más rápido en comparación con un relé mecánico y tienen mayor durabilidad. Dado que ambos lados del relé están acoplados de forma óptica, puede confiar en el mismo tipo de aislamiento eléctrico que los relés mecánicos. Estos relés pueden interrumpir 380VAC o 40 A (MicroJPM S.A., s.f.). En la Tabla 15-2, se observan las principales características del relé.



Figura 14-2. Relé de estado sólido FOTEK 40 DA.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

Tabla 15-2. Principales características del Relé de estado sólido FOTEK 40 DA

CARACTERÍSTICAS	
Voltaje de entrada (VDC)	3-32
Voltaje mínimo ON/OFF (V)	ON > 2.4, OFF < 1.0
Método de control	Disparo de cruce por cero
Voltaje de salida (VAC)	90 – 480
Caída de voltaje (V/C)	1.6/25
Máxima corriente (A)	410
Corriente de fuga (mA)	5.0
Tiempo de respuesta (ms)	ON < 10, OFF < 10
Fuerza dieléctrica (KVAC/min)	Sobre 2.5
Fuerza de aislamiento (MΩ/VDC)	Sobre 50/500
Temperatura de operación (°C)	-20 ~ +80
Peso (g)	105

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

Fuente: <http://files.microjpm.webnode.com/200002701-4a6614c5af/SSR40DA.pdf>

2.4.7. Radio control Turnigy Evolution Modo 2 PRO Digital AFHDS 2A

El radio control tiene una carcasa de diseño ergonómico que facilita su uso, esto se observa en la Figura 15-2. La posición del interruptor es muy cómoda, y la varilla con longitud ajustable se puede personalizar según sus necesidades. Los *joysticks* poseen cardanes de bola de alta calidad que son claros y tienen *LED* programables que cambian de color a medida que se utilizan. Consta de dos interruptores de 3 posiciones en la parte posterior, tiene una pantalla táctil monocromática *LCD* retro iluminada que permite programar y cambiar de forma fácil la configuración durante el día y la noche.

Utiliza una tecnología de 8 canales del sistema de salto de frecuencia automático de 2,4 GHz (AFHDS 2A) de espectro ensanchado, lo que lo hace compatible con los rangos de receptores iA6, iA6B, iA6C e iA10B (HobbyKing, 2020). En la Tabla 16-2, se observa las principales características del radio control.



Figura 15-2. Radio control Turnigy Evolution Modo 2 PRO Digital AFHDS 2 A.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

Tabla 16-2. Principales características del Radio control Turnigy Evolution Modo 2 PRO Digital AFHDS 2A

CARACTERÍSTICAS	
Canales	8
Rango de RF (GHz)	2.408~2.475
Ancho de banda (KHz)	500
Canal de RF	135
Protocolo	AFHDS 2A
Tipo de modulación	GFSK
Alarma de baja tensión (V)	Sí (<3.7)
Puerto USB	Micro USB
Entrada de energía (V)	4.2
Tamaño (mm)	190 x 170 x 85
Peso (g)	343

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

Fuente: https://hobbyking.com/es_es/turnigy-evolution-mode-2-pro-digital-afhds-2a-radio-control-system-black-w-tgy-ia6c-receiver.html

2.4.8. Receptor FS- iA6

El receptor de alta sensibilidad como se muestra en la Figura 16-2, incluso a larga distancia, puede garantizar una transmisión de radio limpia, segura y sin interferencias. Además, es compatible con la tecnología AFHDS (Tostatronic, s.f.). En la Tabla 17-2, se observa las principales características del receptor.



Figura 16-2. Receptor FS- iA6.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

Tabla 17-2. Principales características del Receptor FS – iA6

CARACTERÍSTICAS	
Canales	6
Modulación	GFSK
Sistema	AFHDS2A/AFHDS
Alimentación (VDC)	4 – 6.5
Tamaño (mm)	40.4 x 21.1 x 7.35
Peso (g)	6.4

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

Fuente: <https://tostatronic.com/store/es/kits/915-control-remoto-para-aeromoelismo-fs-i6.html>

2.4.9. Baterías Li - Po

Suministran energía a los módulos y sistemas del robot. En la Figura 17-2, se observa una batería de 2200 mAh y en la Figura 18-2 una batería de 3000 mAh, son baterías recargables de polímero de litio, se componen de varias celdas, son livianas y de tamaño reducido (F, 2020a). En la Tabla 18-2 se presentan las principales características de las baterías.



Figura 17-2. Batería Li Po 2200 mAh.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020



Figura 18-2. Batería Li Po 3000 mAh.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

Tabla 18-2. Principales características de las baterías Li Po

<i>CARACTERÍSTICAS</i>	<i>BATERÍA 1</i>	<i>BATERÍA 2</i>
<i>Capacidad nominal (mAh)</i>	2200	3000
<i>Voltaje nominal (V)</i>	14.8	22.2
<i>Tipo</i>	<i>Li-polímero</i>	<i>Li-polímero</i>
<i>Configuración</i>	<i>4S1P</i>	<i>6S1P</i>
<i>Tasa de descarga (C)</i>	65	40
<i>Tamaño (mm)</i>	<i>34*34*110</i>	<i>137 x 43 x 40</i>
<i>Peso (g)</i>	247	522

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

Fuente: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/greatmax-lipo-battery-2200mah-65c-14-8v-4s1p-for-rc-models-60587241989.html>,
https://hobbyking.com/es_es/turnigy-battery-3000mah-6s-40c-lipo-pack-xt-60.html?queryID=eccb55443a3d980281eea508cdc4f3ad&objectID=69372&indexName=hbk_live_magento_es_es_products

2.4.10. Llantas Banebots 50 A

Estas ruedas como se aprecia en la Figura 19-2, incluyen gomas elásticas flexibles que se pueden adaptar a la superficie. El caucho azul 50A no se dobla con facilidad y proporciona una buena

resistencia. Estas ruedas se pueden utilizar como ruedas de tracción para robots ligeros (BaneBots, LLC. s. f.-a). En la Tabla 19-2 se muestra sus principales características.



Figura 19-2. Llantas Banebots 50 A.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

Tabla 19-2. Principales características de las llantas Banebots 50 A

CARACTERÍSTICAS	
Diámetro exterior (mm)	76.2
Ancho (mm)	20.37
Tipo de Acople	T81H – RS81
Medida del eje del acople (mm)	12.7
Dureza de la banda	50 Shore A
Color	Azul y negro
Peso (g)	59.3

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

Fuente: <http://www.banebots.com/product/T81P-305BA.html>

2.4.11. Sensor de Corriente ACS712-30A

Este sensor como se muestra en la Figura 20-2, mide la corriente, funciona de con un sensor interno de efecto *Hall* que detecta el campo magnético producido por inducción de la corriente medida. El sensor devuelve un voltaje proporcional a la corriente (Arduino, s.f. -a). En la Tabla 20-2, se puede observar las características principales del sensor de corriente.

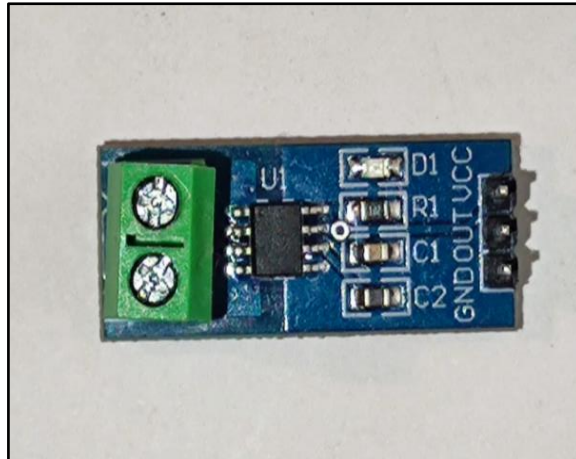


Figura 20-2. Sensor de Corriente ACS712-30 A.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

Tabla 20-2. Principales características del sensor de corriente

CARACTERÍSTICAS	
Voltaje de entrada (V)	5
Rango (A)	-30 a 30
Sensibilidad (mV/A)	66

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

Fuente: <https://naylampmechatronics.com/>

2.5. Esquema de conexión electrónica del DIR12GMP

En la Figura 21-2, se presentará el esquema de conexión que pertenece a los elementos electrónicos que conforman las diferentes partes del DIR12GMP realizada en *Proteus Professional 8* (Labcenter Electronics Ltd., 2021).

- Los canales 1, 2, 3 del receptor RF se asignan al sistema de tracción y módulo de ataque.
- El canal 1 y 2 entregan una señal *PWM* a las entradas S1 y S2 del controlador *Sabertooth 2X25*.
- Los puertos M1A del controlador del sistema de tracción se conecta al motor derecho mientras que el puerto M1B se conecta al sensor de corriente el cual cierra el circuito con el motor derecho.
- Los puertos M2A del controlador del sistema de tracción se conecta al motor izquierdo mientras que el puerto M2B se conecta al sensor de corriente el cual cierra el circuito con el motor izquierdo.
- En los puertos B- del controlador del sistema de tracción se conecta de manera directa al conector negativo de la batería de 2.2 A - 14.8 V mientras que el puerto B+ se conecta al puerto 2 del Relé de estado sólido y el puerto 1 del mismo conecta al conector positivo de la batería

antes mencionada.

- El canal 3 del receptor RF se conecta con el ESC del motor sin escobillas, se cierra el circuito al conectar los respectivos negativos entre el receptor y el ESC.
- El ESC es alimentado por la batería de 3 A - 22.2 V. Este también se conecta al motor sin escobillas entre sus terminales y la salida del controlador.
- Los sensores de corriente están conectados al regulador interno de la tarjeta programable Arduino. El sensor del motor derecho entrega una señal analógica conectada al puerto A0 y el sensor del motor izquierdo entrega una señal analógica conectada al puerto A1 del Arduino Nano.
- El puerto digital D2 del Arduino Nano se conecta con el puerto 3 del relé de estado sólido mientras que el puerto 4 del mismo se conectara con el puerto GND del Arduino Nano para cerrar el circuito.
- La batería de 2.2 A - 14.8 V está conectada al puerto Vin de la tarjeta programable Arduino Nano.

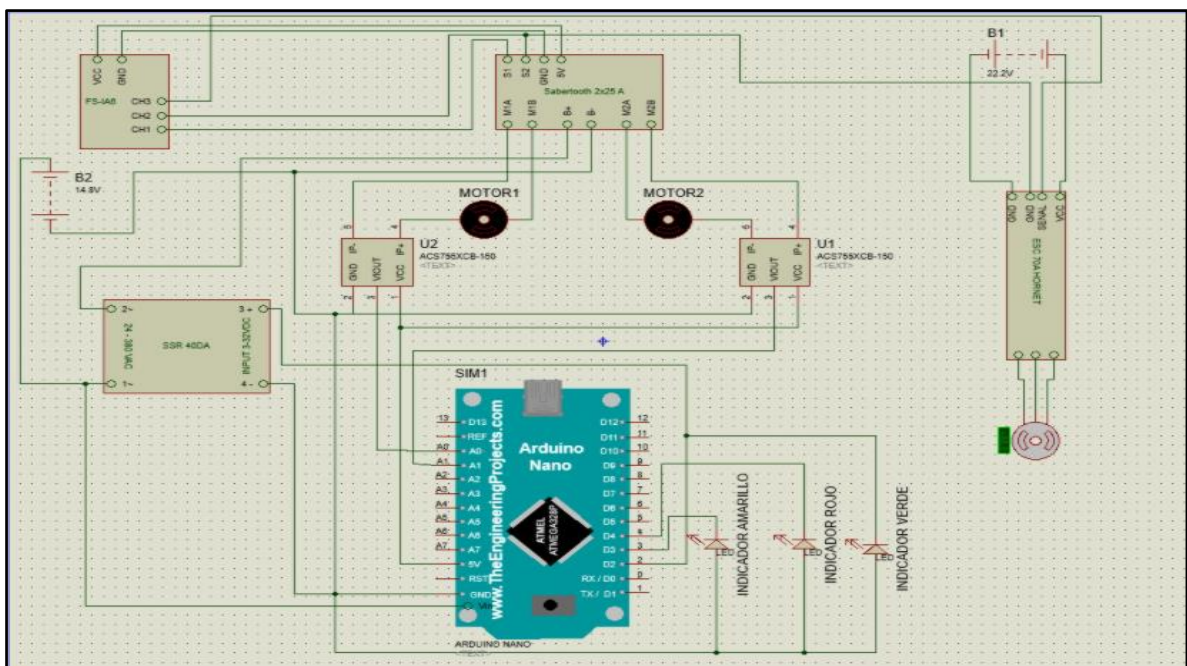


Figura 21-2. Esquema de conexión electrónica del DIR12GMP.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

2.6. Herramientas de *software* de desarrollo

Para realizar la implementación del DIR12GMP se recurrió a una herramienta de desarrollo para el sistema de protección y se detalla a continuación.

2.6.1. IDE Arduino 1.8.13

Para programar en la *IDE* de Arduino 1.8.13 (Arduino, s.f.-b.), podemos utilizar diferentes lenguajes y entornos de programación, puesto que es de código abierto. En este caso, se presenta la programación y la electrónica de Arduino que utiliza un lenguaje de programación de bloques y de programación en modo texto (Sum., 2018-a).

En la Figura 22-2, se muestra el diagrama de flujo que detalla el funcionamiento del sistema de protección realizado en la *IDE de Arduino*. A continuación, se detalla el mencionado diagrama:

- Se declaran e inicializan las diferentes constantes y variables globales del sistema.
- Se realiza la lectura de los sensores de corriente 1 y 2.
- Se compara los valores obtenidos de la lectura de los sensores 1 y 2 con el rango.
- Si la comparación resulta afirmativa, incrementará el valor del contador 1.
- Si la comparación resulta negativa, incrementará el valor del contador 2.
- Se compara el valor del contador 2 con un tiempo 2.
- Si la comparación resulta afirmativa entre el contador 2 y el tiempo 2, se reiniciará el contador 1 y regresa a la lectura de los sensores 1 y 2.
- Si la comparación resulta negativa entre el contador 2 y el tiempo 2, regresa a la lectura de los sensores 1 y 2.
- Se compara el valor del contador 1 con un tiempo 1.
- Si la comparación resulta negativa entre el contador 1 y el tiempo 1, regresa a la lectura de los sensores 1 y 2.
- Si la comparación resulta afirmativa entre el contador 1 y el tiempo 1, se realiza la desconexión del sistema de tracción y del módulo de comunicación.

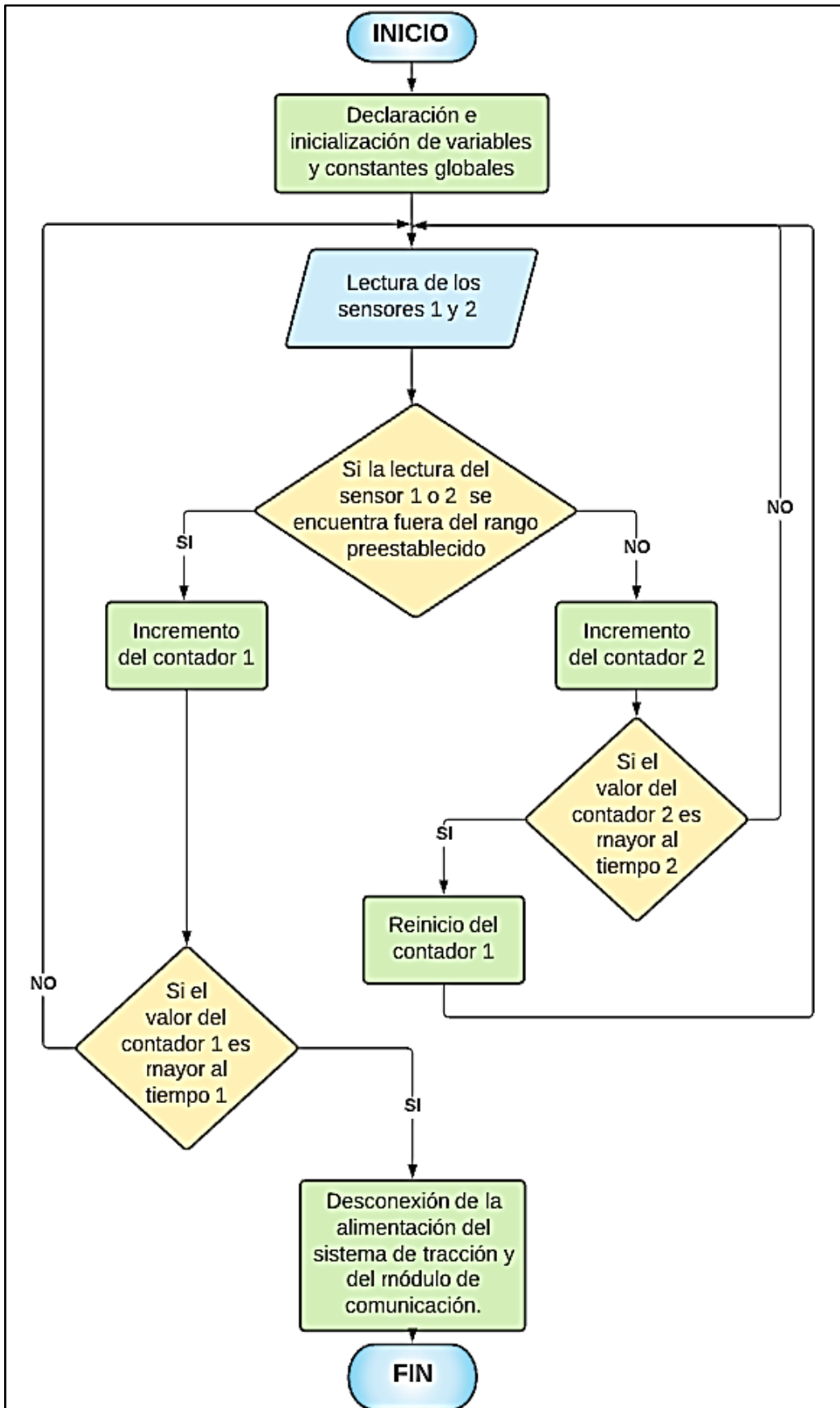


Figura 22-2. Diagrama de flujo del sistema de protección del DIR12GMP.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

2.7. Diseño estructural del DIR12GMP.

Se utilizó el *software SolidWorks 2018* (Dassault Systèmes, s.f.), para el desarrollo del diseño del DIR12GMP. El chasis consta de 4 partes como: parte 1 es la tapa superior, parte 2 es la tapa inferior, parte 3 es la tapa frontal y la parte 4 es la estructura. Se observa en la Figura 23-2 la vista superior de la estructura del DIR12GMP y sus respectivos espacios para colocar todos sus componentes. La estructura cuenta con las siguientes medidas: 220 x 310 mm, elaborada en material de nylon que utilizó una máquina CNC para realizar los cortes por chorro de agua, este servicio fue provisto por la empresa Servicor ubicado en la ciudad de Quito (Servicor Oxicortes, 2021).

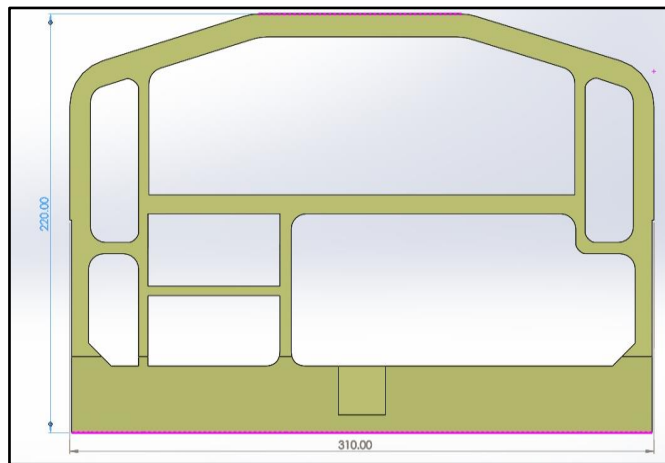


Figura 23-2. Vista superior del chasis del DIR12GMP.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

En la Figura 24-2, se observa a la tapa que brinda protección a la parte frontal del DIR12GMP manufacturada en acero con las siguientes medidas: 312.60 mm de arista superior e inferior de la cara frontal de la tapa; en las caras laterales la arista superior tiene una medida de 69.69 mm, la inferior mide 115.75 mm y la arista lateral izquierda mide 42.96 mm. De manera adicional, esta tapa presta soporte al arma que se encuentra en la parte superior; estas bases sostienen el eje de la misma y están elaboradas en tubo estructural de hierro cortados en ángulo.

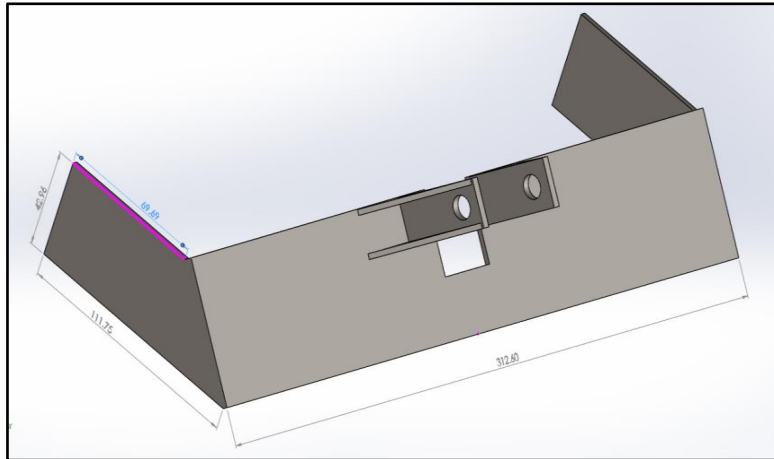


Figura 24-2. Tapa frontal de la estructura del DIR12GMP.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

En la Figura 25-2, se muestra el diseño del arma tipo leva realizado en forma de una gota elaborada en acero mediante corte por chorro de agua en la misma empresa que se realizó el corte de la estructura. Esta tiene un espesor de 22 mm, la punta que la define mide 12 mm, un eje de 30 mm, y una medida tomada desde la punta hasta el centro de su eje de 45 mm. El centro de masa de esta pieza se obtuvo mediante la herramienta “centro de masa” de *SolidWorks*, para garantizar que esté balanceada y de esta manera evitar vibraciones.

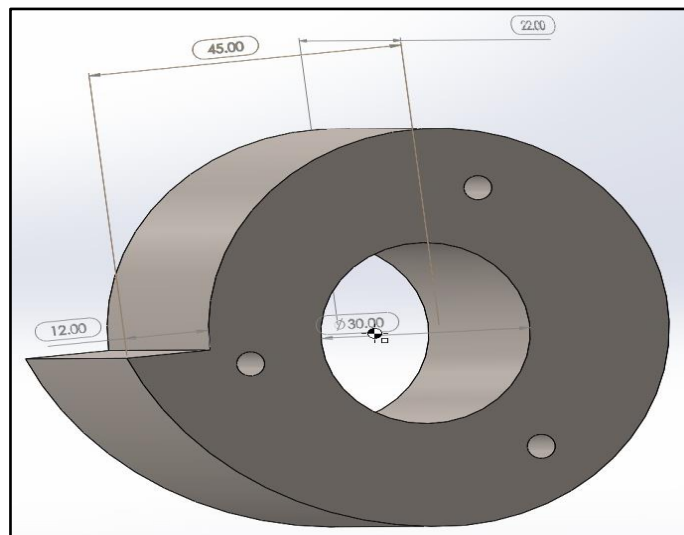


Figura 25-2. Diseño del arma del DIR12GMP.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

En la Figura 26-2, se visualiza el ensamblaje final del DIR12LGMP que consta de las diferentes partes de la estructura, así también como de los componentes electrónicos modelados. No se coloca la tapa superior para una mejor apreciación. Por último, en la Figura 27-2 se muestra el DIR12GMP implementado.

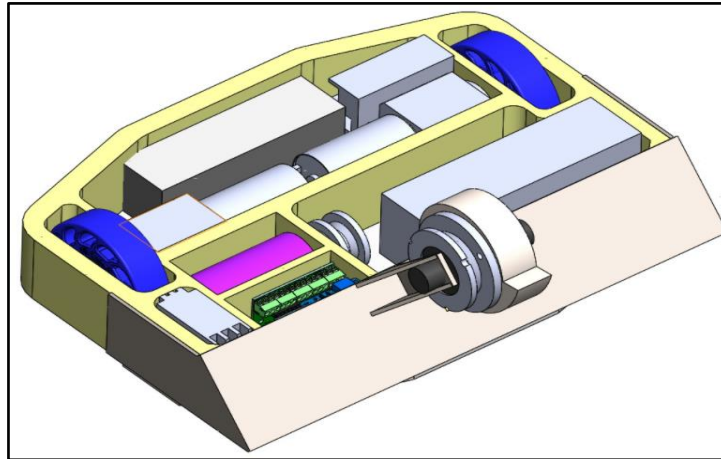


Figura 26-2. Ensamblaje del DIR12GMP con sus componentes.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020



Figura 27-2. El DIR12GMP implementado.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2020

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se realiza el análisis de cada uno de los resultados que se obtuvieron de las diferentes pruebas elaboradas al DIR12GMP con el fin de garantizar el cumplimiento de los requerimientos establecidos. Se validaron los sensores de corriente, la autonomía de las baterías, validación de la comunicación, validación de daño del arma, validación de funcionamiento del sistema de guarda motor y al final se realiza un análisis de costos.

3.1. Validación de los Sensores de Corriente del Sistema de Tracción del DIR12GMP

Estas pruebas tienen como finalidad determinar el error de cada uno de los sensores de corriente ubicados en los motores del sistema de tracción. Esta validación se divide en 3 pruebas: validación del sensor de corriente 1, validación del sensor de corriente 2 y repetitividad de los sensores.

3.1.1. Validación del Sensor de Corriente ACS712-30A del motor de tracción 1

Esta prueba consistió en tomar valores de corriente con el sensor ACS712-30A que posee un error de $\pm 1.5\%$ y se los comparó con un multímetro digital ANENG 8002 tomado como equipo patrón con una exactitud de $\pm 1.2\%$. Estos 2 equipos fueron conectados en serie con el motor de tracción 1 al mismo tiempo. En la Figura 28-3, se muestra la conexión de los dos equipos además de los datos obtenidos del sensor de corriente 1 mediante la herramienta monitor serial del IDE de Arduino. En la Tabla 21-3, se muestran las mediciones obtenidas para la validación del sensor de corriente 1.



Figura 28-3. Toma de valores del sensor de corriente 1.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2021

Tabla 21-3. Mediciones obtenidas para la validación del sensor de corriente 1.

Número de Muestras	Sensor de corriente 1 ACS712 – 30A (A)	Multímetro Digital ANENG 8002 (A)	Error Absoluto (A)
1	1.122	1.308	0.186
2	1.170	1.308	0.138
3	1.288	1.308	0.020
4	1.043	1.308	0.265
5	1.033	1.308	0.275
6	1.208	1.308	0.100
7	1.281	1.308	0.027
8	1.046	1.308	0.262
9	1.354	1.308	0.046
10	1.288	1.308	0.020
Media	1.184	1.308	0.134

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2021

Según los datos obtenidos en la Tabla 21-3, se obtuvo el error absoluto de 0.134 A del sensor de corriente 1 que representa el $\pm 0.44\%$ de error. En consecuencia, se determinó que el sensor de corriente 1 utilizado en el DIR12GMP no excede los $\pm 1.2\%$ de error que presenta el equipo patrón. De modo que, no se incorpora error en el sensor.

3.1.2. Validación del Sensor de Corriente ACS712-30A del motor de tracción 2

Esta prueba se desarrolló con la misma metodología que se utilizó en la validación del sensor de corriente 1, entendiéndose además que se usó el mismo equipo patrón. Ambos dispositivos fueron conectados en serie con el motor de tracción 2 obteniéndose así los valores de corriente para validar el sensor 2. En la Figura 29-3, se muestra la conexión de los dos equipos además de los datos del sensor de corriente 2 obtenidos mediante la herramienta monitor serial del IDE de Arduino. En la Tabla 22-3, se muestra las mediciones para la validación del sensor de corriente 2

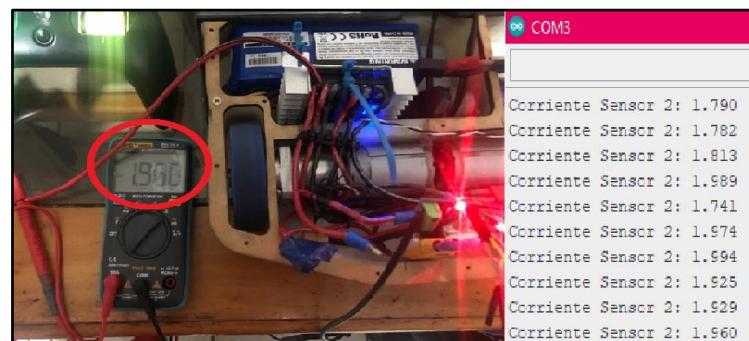


Figura 29-3. Toma de valores del sensor de corriente 2.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2021

Tabla 22-3. Mediciones obtenidas para la validación del sensor de corriente 2.

Número de Muestras	Sensor de corriente 2 ACS712 – 30A (A)	Multímetro Digital ANENG 8002 (A)	Error Absoluto (A)
1	1.790	1.960	0.170
2	1.782	1.960	0.178
3	1.813	1.960	0.147
4	1.989	1.960	0.029
5	1.741	1.960	0.219
6	1.974	1.960	0.014
7	1.994	1.960	0.034
8	1.925	1.960	0.035
9	1.929	1.960	0.031
10	1.960	1.960	0.000
Media	1.889	1.960	0.086

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2021

Como resultado de la prueba realizada, en la Tabla 22-3 se puede observar los valores obtenidos. Se tuvo como error absoluto un valor de 0.086 A que representan el $\pm 0.29\%$, debido a esto se determinó que el sensor de corriente 2 utilizado en el DIR12GMP no supera el $\pm 1.2\%$ de error que posee el equipo parón; por lo tanto, no incorpora error al sensor.

3.1.3. Repetitividad de los Sensores de Corriente 1 y 2 de los motores de tracción

El objetivo de esta prueba es verificar la estabilidad de los sensores al evaluar la repetitividad de los mismos. La prueba se desarrolló al tomar valores aleatorios en distintos instantes de tiempo, se encendió y apagó el DIR12GMP bajo los mismos parámetros. Para lo cual, se calculó la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación que servirán para analizar la repetitividad de los sensores de corriente con la ayuda del *software* Microsoft Excel 2016 (Aragonesa de Servicios Telemáticos, 2017). Las mediciones se realizaron primero en el sensor de corriente 1 en el puerto COM3, posterior a esto se realizó en el mismo puerto la medición del sensor de corriente 2. En la Figura 30-3a), se puede observar los valores obtenidos del sensor de corriente 1, mientras que en la Figura 30-3b) se observa los datos de corriente del sensor 2 mediante el monitor serial del IDE de Arduino. En la Tabla 23-3 se puede observar los resultados absolutos obtenidos de la prueba.

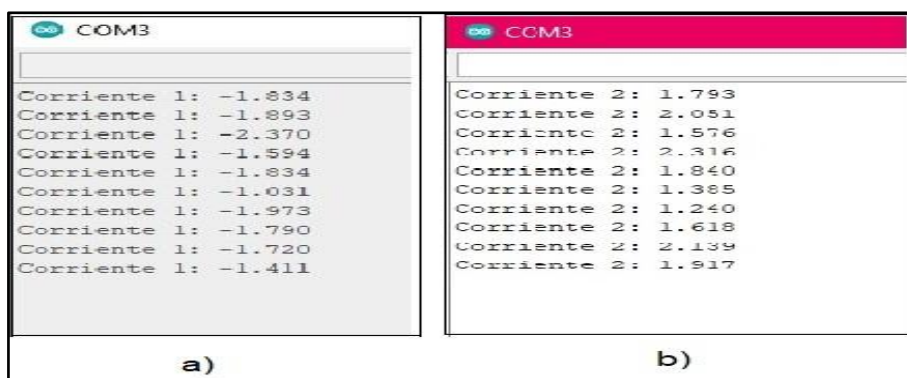


Figura 30-3. Toma de valores aleatorios de los sensores de corriente 1 y 2.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2021

Tabla 23-3. Mediciones aleatorias obtenidas del sensor de corriente 1 y 2

Número de Muestras	Sensor de corriente 1 (A)	Sensor de corriente 2 (A)
1	1.834	1.793
2	1.893	2.051
3	1.237	1.576
4	1.594	2.316
5	1.834	1.840
6	1.031	1.385
7	1.973	1.240
8	1.790	1.618
9	1.720	2.139
10	1.411	1.917
Media	1.632	1.788
Desviación Estándar	0.31023792	0.33781627
Coefficiente de variación	0.190	0.189

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2021

De la Tabla 30-3, se determinó que los valores para los coeficientes de variación que se obtuvieron fueron de: 0.190 en el sensor de corriente 1 y 0.189 en el sensor de corriente 2, en efecto se concluye que los datos tanto del sensor 1 como del sensor 2 tienen poca variabilidad, puesto que se encuentran dentro del rango de 0 a 1 y se encuentran más cercanos al 0, se muestra así valores de corriente homogéneos (Llamosa R et al., 2007). El amperaje vs el número de muestras se observa en la Figura 4-3.

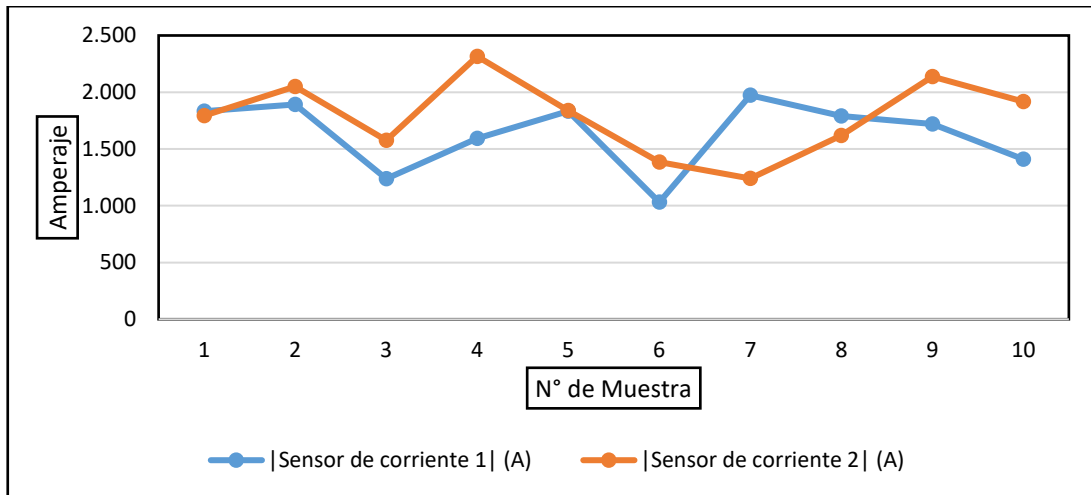


Figura 31 3. Amperaje Vs N° de muestra en Microsoft Excel 2016.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2021

3.2. Prueba Cinemática del DIR12GMP

El objetivo de estas pruebas es determinar la velocidad, aceleración, fuerza y torque producidos por el DIR12GMP. Estas consistieron en realizar el cálculo teórico a partir de los datos que proporciona las especificaciones técnicas de los motores del sistema de tracción, estos datos se compararon con la prueba práctica con el DIR12GMP en funcionamiento, este fue desplazado 1 m donde se obtuvo el tiempo y se calculó la velocidad.

Para el análisis teórico se tienen los siguientes datos:

$$P = 11.5 \text{ lb} = 5.23 \text{ Kg}$$

$$D = 75.7 \text{ mm} = 0.0757 \text{ m}$$

$$\omega = 273 \text{ r.p.m}$$

Donde:

P: Peso del DIR12GMP

D: Diámetro de las llantas del DIR12GMP

ω : Velocidad angular del motor en r.p.m.

Se determinó el radio de la llanta con la siguiente fórmula:

$$r = \frac{D}{2} \text{ Ecuación 1 - 3}$$

$$r = \frac{0.0757}{2}$$

$$r = 0.03785 \text{ m}$$

A partir de la ecuación 2-3 se despejó la ecuación 3-3, con la que se determinó la masa del DIR12GMP:

$$P = m * g \text{ Ecuación 2-3}$$

$$m = \frac{P}{g} \text{ Ecuación 2-3}$$

$$m = \frac{5.23}{9.8}$$

$$m = 0.53 \text{ Kg}$$

Se transformó la velocidad angular de r.p.m. a rad/s , con la siguiente ecuación:

$$\omega = \frac{r.p.m * 2 * \pi}{60} \text{ Ecuación 3-3}$$

$$\omega = \frac{273 * 2 * \pi}{60}$$

$$\omega = 28.59 \frac{rad}{s}$$

Con la ecuación 3-3, se obtuvo la velocidad:

$$V = \omega * r \text{ Ecuación 4-3}$$

$$V = 28.59 * 0.03785$$

$$V = 1.08 \frac{m}{s}$$

La aceleración para un tiempo $t = 1$ s, se obtuvo con la ecuación 5-3, que dio el siguiente resultado:

$$a = \frac{v}{t} \text{ Ecuación 5-3}$$

$$a = \frac{1.08}{1}$$

$$a = 1.08 \frac{m}{s^2}$$

Una vez obtenida la aceleración, se calculó la fuerza para un desplazamiento $d = 1$ m con la ecuación 6-3:

$$F = m * a \text{ Ecuación 6-3}$$

$$F = 0.53 * 1.08$$

$$F = 0.57 \text{ N}$$

Para el torque se utilizó la fuerza calculada con la ecuación 6-3, para un desplazamiento $d = 1$ m:

$$\tau = F * d \text{ Ecuación 7-3}$$

$$\tau = 0.57 * 1$$

$$\tau = 0.57 \text{ N} * \text{m}$$

Para el análisis práctico se tienen los siguientes datos:

$$d = 1 \text{ m}$$

$$t = 0.91 \text{ s}$$

Donde:

d: Desplazamiento del DIR12GMP

t: Tiempo

Se obtuvo la velocidad con la ecuación 8-3:

$$V = \frac{d}{t} \text{ Ecuación 8-3}$$

$$V = \frac{1}{0.91}$$

$$V = 1.10 \frac{m}{s}$$

Con la velocidad y la ecuación 5-3 con un tiempo $t = 1 \text{ s}$, se calculó la aceleración:

$$a = \frac{1.10}{1}$$

$$a = 1.10 \frac{m}{s^2}$$

La fuerza se calculó con la ecuación 6-3 y el resultado de la aceleración anterior:

$$F = 0.53 * 1.10$$

$$F = 0.58 \text{ N}$$

Para el torque, se utilizó la ecuación 7-3 y un desplazamiento $d = 1 \text{ m}$:

$$\tau = 0.58 * 1$$

$$\tau = 0.58 \text{ N} * m$$

Se calculó además los tiempos de giro tanto teóricos como prácticos, con un diámetro entre llantas del DIR12GMP $D = 0.26 \text{ m}$.

Para el caso práctico, se realizó de forma preliminar el cálculo del radio de giro, mediante la ecuación 1-3:

$$r = \frac{0.26}{2}$$

$$r = 0.13 \text{ m}$$

A partir del radio, se obtuvo el perímetro de giro con la ecuación 9-3:

$$\text{Perímetro} = 2 * \pi * r \text{ Ecuación 9-3}$$

$$\text{Perímetro} = 2 * \pi * 0.13$$

$$\text{Perímetro} = 0.82 \text{ m}$$

∴ Para un ángulo de 90° y un desplazamiento $d = 0.205 \text{ m}$, se despejó de la ecuación 8-3 el tiempo de giro:

$$t = \frac{d}{v} \text{ Ecuación 10-3}$$

$$t = \frac{0.205}{1.08}$$

$$t = 0.19 \text{ s}$$

∴ Para un ángulo de 180° y un desplazamiento $d = 0.41 \text{ m}$, se calculó el tiempo con la ecuación 10-3:

$$t = \frac{0.41}{1.08}$$

$$t = 0.38 \text{ s}$$

Para el caso práctico se determinó el tiempo a partir de la ecuación 10-3.

∴ Para un ángulo de 90°, $d = 0.205 \text{ m}$, se tuvo un tiempo de:

$$t = \frac{0.205}{1.10}$$

$$t = 0.18 \text{ s}$$

∴ Para un ángulo de 180° y un desplazamiento $d = 0.41 \text{ m}$, se tuvo un tiempo de:

$$t = \frac{0.41}{1.10}$$

$$t = 0.37 \text{ s}$$

En consecuencia, se obtuvo una velocidad de 1.10 m/s, una aceleración de 1.10 m/s², una fuerza de 0.58 N y un torque de 0.58 N*m.

3.3. Validación de la Autonomía de las Baterías del DIR12GMP

La finalidad de estas pruebas es determinar la autonomía que poseen cada una las baterías que alimentan tanto al sistema de tracción como al módulo de ataque. Esta validación se divide en 3 pruebas: consumo de la batería 2 que alimenta el sistema de tracción con el DIR12GMP embancado,

en funcionamiento y consumo de la batería 1 que supe de energía al módulo de ataque con el DIR12GMP en funcionamiento.

3.3.1. Consumo de la batería 2 con el DIR12GMP embancado.

Esta prueba consistió en medir el consumo en la batería 2 que alimenta al sistema de tracción a plena carga, se puso en funcionamiento al DIR12GMP con la velocidad nominal del motor mientras este se encontraba embancado por un periodo de 15 minutos. En la Figura 32-3, en la parte izquierda se muestra el voltaje máximo de la batería del sistema de tracción con un voltaje de 16.76V, en la parte central se puede observar el proceso de desarrollo de la prueba y finalmente en la parte derecha se muestra el consumo de la batería después de estar en funcionamiento por 5 minutos, debido a que en una competencia cada asalto durará este tiempo.



Figura 32-3. Mediciones de consumo en la batería 2 con el DIR12GMP embancado.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2021

La batería tiene un voltaje nominal de 14.8 V, este voltaje es el límite al que la batería puede ser utilizada para evitar averías en la misma según el fabricante. Para calcular el consumo de la batería se tomaron los datos de voltaje, en este caso tenemos un voltaje máximo de 16.76V que representa el 100% de la carga. A continuación, se calculó el porcentaje del consumo de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$R_u = V_{m\acute{a}x} - V_{m\acute{i}n} \quad \text{Ecuación 11-3}$$

$$C_b = V_{m\acute{a}x} - V_{15min} \quad \text{Ecuación 12-3}$$

$$\%C = \frac{100 * C_b}{R_u} \quad \text{Ecuación 13-3}$$

Donde:

R_u : Rango de voltaje de uso permitido de la batería

$V_{m\acute{a}x}$: Voltaje máximo de la batería cargada al 100%

V_{min} : Voltaje mínimo permitido de la batería

V_{15min} : Voltaje de la batería en 15 minutos

$\%C$: Porcentaje de consumo de la batería

C_b : Consumo de la batería

Al cabo de 15 minutos se obtuvo una medición de 15.98V. Al aplicar las ecuaciones 1-3 y 2-3 se obtuvo el porcentaje de consumo de la batería:

$$R_u = 16.76 V - 14.8 V = 1.96 V$$

$$C_b = 16.76 V - 15.98 V = 0.78 V$$

$$\%C = \frac{100 * 0.78 V}{1.96 V} = 39.79\%$$

De esto se determinó un 39.79% de consumo de la batería, encontrándose así dentro del rango en el que la batería puede ser utilizada sin la necesidad de una recarga inmediata.

3.3.2. Consumo de la batería 2 con el DIR12GMP en funcionamiento

La siguiente prueba se realizó con la batería a plena carga para luego medir el consumo en la misma con el DIR12GMP al simular un comportamiento similar al de un combate después de 15 minutos. En la Figura 33-3, en la parte izquierda se observa el voltaje máximo de la batería de 16.76 V, en la parte central se muestra al DIR12GMP cuando es teleoperado y en la parte derecha se observa la medición de voltaje de la batería luego de estar en funcionamiento por 5 minutos, esto debido a que en una competencia cada asalto dura este tiempo.



Figura 33-3. Mediciones de consumo en la batería 2 con el DIR12GMP en funcionamiento.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2021

Al cabo de 15 minutos se obtuvo una medición de 15.08V. Al aplicar las ecuaciones 1-3 y 2-3 se obtuvo el siguiente porcentaje de consumo de la batería:

$$R_u = 16.76 V - 14.8 V = 1.96 V$$

$$C_b = 16.76 V - 15.08 V = 1.68 V$$

$$\%C = \frac{100 * 1.68 V}{1.96 V} = 85.71\%$$

De esto se determinó un 85.71% de consumo de la batería, encontrándose así dentro del rango en el que la batería puede ser utilizada sin la necesidad de una recarga inmediata en un intervalo de 15 minutos de funcionamiento.

3.3.3. Consumo de la batería 1 con el DIR12GMP en funcionamiento

La siguiente prueba se realizó con la batería 1 que alimenta al módulo de ataque a plena carga para después de una simulación de activación, cómo si se tratara de un comportamiento en combate medir el consumo de esta. En la Figura 34-3, en la parte izquierda se observa la medición de voltaje de la batería 1 cargada al 100% con 25.2 V, mientras que en la parte derecha se muestra el consumo de la misma después de haber estado en funcionamiento por 5 minutos, puesto que cada asalto dura este tiempo.



Figura 34-3. Mediciones de consumo en la batería 1 con el DIR12GMP en funcionamiento.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2021

Luego de 15 minutos de haberse utilizado el arma se obtuvo una medición de 24.3 V. Al aplicar las ecuaciones 1-3 y 2-3 se obtuvo el siguiente porcentaje de consumo de la batería:

$$R_u = 25.2 V - 22.2 V = 3.0 V$$

$$C_b = 25.2 V - 24.3 V = 0.9 V$$

$$\%C = \frac{100 * 0.9 V}{3.0 V} = 30\%$$

Como consecuencia de los cálculos realizados, se obtuvo un porcentaje de consumo de la batería 1

de 30%; de modo que se encuentra dentro del rango de utilización y con eso se evita que si la batería baja de este rango la misma comience a dar problemas, se concluye que el DIR12GMP tiene una autonomía de 15 minutos, sin la necesidad de una recarga.

3.4. Prueba de Rango de Comunicación Inalámbrica del DIR12GMP

El objetivo de esta prueba es determinar el rango de distancia para garantizar una buena comunicación entre el teleoperador y el DIR12GMP sin que exista errores en la misma. Este proceso se realizó con el DIR12GMP a diferentes distancias con respecto al teleoperador. La primera prueba se realizó con una distancia de 1 m entre el teleoperador y el DIR12GMP debido a que se debe tomar una distancia apropiada para resguardar la integridad del teleoperador. Las siguientes pruebas se realizaron en intervalos de 5 metros. En la Figura 35-3, se muestra el proceso de la prueba de comunicación realizada desde 1 metro hasta los 30 m. En la Tabla 24-3, se observa los datos obtenidos como resultado de la prueba de comunicación entre el teleoperador y el DIR12GMP.

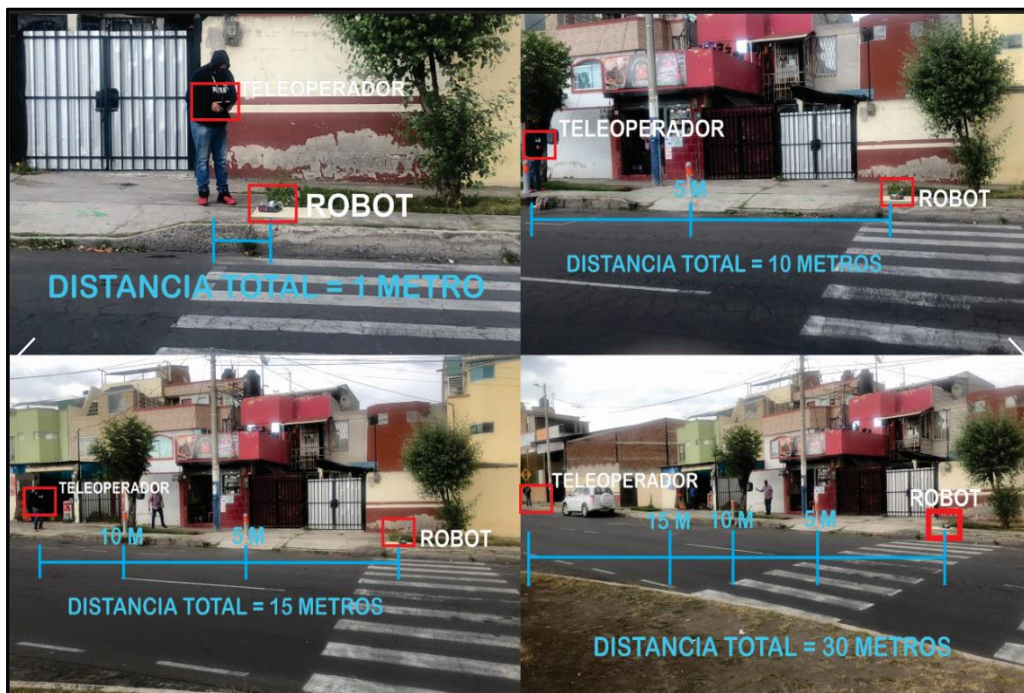


Figura 35-3. Proceso de prueba de comunicación inalámbrica del DIR12GMP.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2021

Tabla 24-3. Datos obtenidos de la prueba de rango de comunicación inalámbrica

Número de Muestra	Distancia (m)	Recepción del Radiocontrol
1	1	Excelente
2	5	Excelente

3	10	Excelente
4	15	Excelente
5	20	Excelente, con poca visibilidad al DIR12GMP
6	25	Excelente, con poca visibilidad al DIR12GMP
7	30	Alerta de Señal
8	>30	Alerta de Señal

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2021

Al analizar los datos tomados se determinó, que la distancia máxima para una comunicación con línea directa de visión es de 15m, mientras que en la comunicación a una distancia de 25 m existe poca visibilidad. A partir de los 30m el radio control emitió una alerta de señal. Por lo tanto, el rango de distancia es aceptable para obtener una comunicación con buena visibilidad entre el teleoperador y el DIR12GMP, puesto que en una competencia el área de combate no excede los 5 metros.

3.5. Validación de daño del arma del DIR12GMP

El objetivo de esta prueba fue verificar si el arma del DIR12GMP de batalla está capacitada para provocar daño en su oponente. Esta consistió en atacar con el DIR12GMP un objeto rectangular elaborado en tol de 3 mm que cuenta con un peso de 12 libras. Para verificar el daño del arma se pintó al objeto de prueba de color negro. En la Figura 36-3, se muestra el objeto con el que se desarrolló la prueba y su respectivo peso.



Figura 36-3. Evidencia del objeto con el que se desarrolló la prueba y su peso de 12 lb.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2021

Para obtener la fuerza ejercida por el arma que presenta un radio igual a 0.04 m, un peso de 0.656 kg y un sistema de poleas que gira a 747.6 rpm; se aplicó las siguientes fórmulas:

$$m = \frac{P}{g} \text{ Ecuación 14-3}$$

$$\omega = \frac{2 * \pi * n}{60s} \text{ Ecuación 15-3}$$

$$F = m * \omega^2 * r \text{ Ecuación 16-3}$$

Donde:

m: Masa del arma

P: Peso del arma

g: Gravedad

ω : Velocidad angular

n: Revoluciones por minuto

F: Fuerza ejercida

r: Radio del arma

Al reemplazar las ecuaciones se tiene:

$$m = \frac{0.656}{9.8} = 0.067 \text{ kg}$$

$$\omega = \frac{2 * \pi * 744.6 \text{ r.p.m}}{60s} = 77.974 * \frac{1}{s}$$

$$\therefore F = 0.067 * (77.974)^2 * 0.04 \text{ m} = 16.294 \text{ kgF} = 159.79 \text{ N}$$

De los cálculos realizados se determinó que el arma es capaz de ejercer una fuerza de 159.79 N. En la Figura 37-3, se muestra que el DIR12GMP atacó al objeto de prueba en dos diferentes ángulos. En la parte izquierda de la figura se puede observar que cuando se realizó el ataque frontal el arma levantó de manera parcial la tapa del objeto de prueba y causó una considerable abolladura, en cambio en la parte derecha se muestra que el DIR12GMP realizó un ataque lateral al objeto; al golpearlo el arma provocó que una de sus tapas se desprendiera y en otro de sus lados causó un daño más grande al doblar y hacer un hueco en este. En consecuencia, se garantiza que el arma es capaz de causar daño a su oponente.

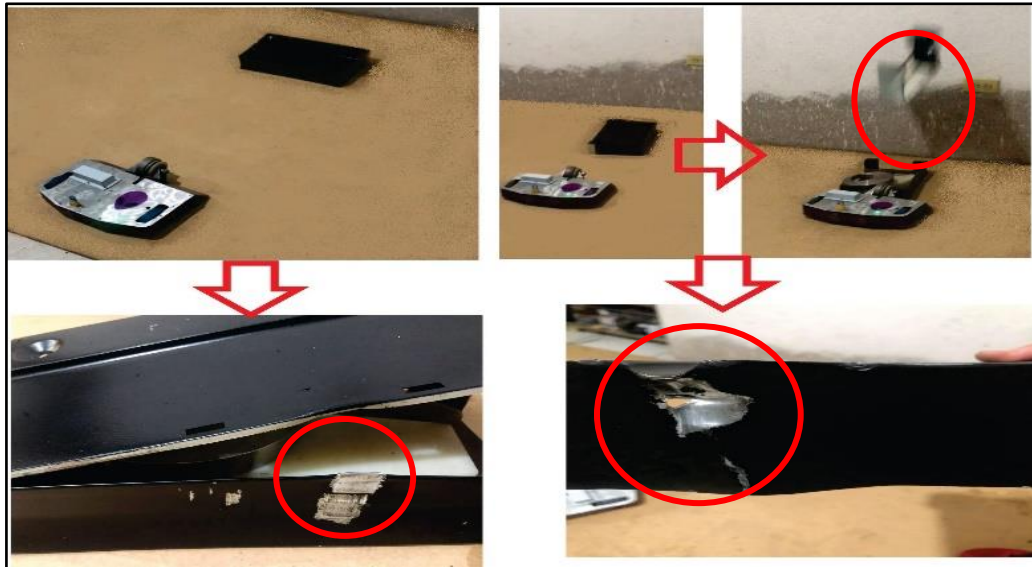


Figura 37-3. Desarrollo de la prueba de daño del arma.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2021

3.6. Validación del Sistema de Protección del DIR12GMP

Estas pruebas tienen como objetivo validar el funcionamiento del guarda motor dentro de un tiempo de 5 segundos para evitar daños en los componentes del sistema de tracción. Para esto se realizaron 3 pruebas: la primera prueba se determina el rango de corriente para programar el control del sistema de protección, la segunda prueba se realizó con la batería del sistema a plena carga y la tercera con la batería a media carga.

3.6.1. Prueba del Rango de Corriente para el Control del Sistema de Protección

Esta prueba se realizó con el DIR12GMP encendido, se lo atascó con una pared que generó una pérdida de tracción y se tomó mediciones de corriente en cada uno de los motores del sistema de tracción con el monitor serial de la tarjeta programable ARDUINO para asignar los rangos dentro de la programación del sistema de protección. Para los valores calculados, se multiplicó el valor pico de corriente por 1.25 bajo los estándares para asignar la protección a motores.

En la Tabla 25.3 se observa los rangos de corriente obtenidos con el monitor serial de Arduino.

Tabla 25.3 Rangos de Corriente obtenidos con el monitor serial

DIRECCIÓN	CORRIENTE MOTOR IZQUIERDO (A)	CORRIENTE MOTOR DERECHO (A)	
ADELANTE	8	8	MEDIDO
ATRÁS	10	10	

ADELANTE	7.37	7.37	CALCULADO
ATRÁS	7.37	7.37	

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2021

Se determinó, que el rango de corriente para ambos motores para el giro hacia adelante es de 8 A y para el giro hacia atrás es de 10 A.

3.6.2. Validación del Sistema de Protección con la batería 2 a plena carga

Esta prueba se desarrolló con la batería 2 que alimenta al sistema de tracción, sistema de protección y módulo de comunicación a plena carga, luego se encendió el DIR12GMP y se procedió a atascarlo ubicándolo en frente de una pared, de esta manera se provocó la pérdida de tracción del DIR12GMP y la elevación de corriente en los motores. En la Figura 38-3, en la parte izquierda se observa un voltaje máximo de 16.7 V en la batería, en la parte central se muestra al DIR12GMP atascado. El indicador verde muestra que el DIR12GMP está activo. El indicador amarillo muestra que el guarda motor detecta una elevación de corriente y alerta al teleoperador. En la parte derecha se observa el tiempo de respuesta del guarda motor, además el indicador de color rojo muestra que el relé suspendió la energía en el controlador de los motores y el receptor del módulo de comunicación. Por lo tanto, se determinó que mientras la batería tiene su carga completa se obtuvo una respuesta del guarda motor con un tiempo de 4.75 segundos.



Figura 38-3. Desarrollo de la prueba del Sistema de Protección con la batería 2 a plena carga.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2021

3.6.3. Validación del Sistema de Protección con la batería 2 a media carga

Esta prueba consistió en encender al DIR12GMP mientras la batería 2 del sistema de protección estaba a la mitad de su capacidad. Luego se atascó al DIR12GMP ubicándolo en frente de una pared y se provocó la pérdida de tracción y elevación de corriente en los motores. En la Figura 39-3, en la parte izquierda se observa un voltaje de 15.3 V en la batería, en la parte central se muestra al

DIR12GMP atascado y un indicador verde muestra que el DIR12GMP está activo. El indicador amarillo muestra que el guarda motor detecta una elevación de corriente. En la parte derecha se observa el tiempo en el cual el guarda motor saltó. El indicador de color rojo muestra que el relé cortó la energía en el controlador de los motores de tracción y en el receptor del módulo de comunicación. Por consiguiente, se determinó que mientras la batería se encuentra a media carga, el guarda motor salta en un tiempo de 4.9 segundos.



Figura 39-3. Desarrollo de la prueba del Sistema de Protección con la batería 2 a media carga.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2021

3.7. Validación de Peso del DIR12GMP

El objetivo de esta prueba es determinar el peso del DIR12GMP para cumplir con el requerimiento que se especificó en el capítulo anterior. Esta prueba consistió en pesar al DIR 12GMP y además de cada uno de sus componentes con una balanza. En la Figura 40-3, se muestra el peso del DIR12GMP ya implementado.



Figura 40-3. Peso del DIR12GMP.

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2021

En la Tabla 26-3, se especifica los pesos de cada uno de los componentes que constituyen al DIR12GMP.

Tabla 26-3. Datos de peso tomados de cada componente

COMPONENTES	PESOS (g)
Batería 3000 mAh -22.2 V	460
Batería 2200 mAh -14.8 V	247
Sabertooth	93
Relé de Estado Sólido 40A	92
Receptor RF	9
Arma	656
Switch de Llave	46
Llantas con motores	1110
Motor Arma	346
Arduino Nano	25
ESC	53
Sensores	8
Chasis	2002
Otros	65
TOTAL (g)	5217
TOTAL (lb)	11.50

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2021

Se determinó que el DIR12GMP tiene un peso total de 11.5 libras, con esto cumple el requerimiento de peso que establece una competencia estándar en la categoría de 12 libras sin rango de tolerancia.

3.8. Análisis de Presupuesto del DIR12GMP

En la Tabla 27-3, se desarrolló el análisis de costos distribuido por módulos, componentes, cantidad, precio unitario y precio total que detallan cada uno de los costos que constituyen al DIR12GMP.

Tabla 27-3. Costo Total del DIR12GMP

MÓDULOS	COMPONENTES	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (USD)	PRECIO TOTAL (USD)
SISTEMA DE	Motores	2	70	140

TRACCIÓN	Sabertooth	1	150	150
	Llantas	2	10	20
MÓDULO DE ALIMENTACIÓN	Batería 1	1	114	114
	Batería 2	1	75	75
SISTEMA DE PROTECCIÓN	Arduino Nano	1	7	7
	Case de Arduino	1	9	9
	Sensores ACS712-30A	2	3.5	7
	Relé de Estado Sólido 40 A	1	10	10
MÓDULO DE ATAQUE	Motor Brushless	1	100	100
	ESC	1	40	40
	Acero del Arma	1	30	30
	Corte por chorro de agua del Arma	1	40	40
MÓDULO DE COMUNICACIÓN	Radio Control	1	150	150
CHASIS	Nylon	1	60	60
	Acero	1	10	10
	Aluminio	1	5	5
	Corte por chorro de agua del chasis y montajes	1	90	90
OTROS	Cargador de Baterías	1	85	85
	Cables	1	11	11
	Switch de Llave	1	10	10
	Switch	1	5	5
	Tornillos	1	5	5
COSTO TOTAL (USD)				1173

Realizado por: Pamela Chávez, Michael Vallejo, 2021

De los costos obtenidos en la tabla anterior, se observa que los componentes del sistema de tracción son los más costosos ascendiendo a 310 (USD), a esto le sigue el módulo de ataque con 210 (USD). Se determinó que el diseño implementado tiene un costo final de 1173 (USD) sin IVA, que comparado con robots de similares características y sin considerar el arma y las protecciones es un 50% más económico.

CONCLUSIONES

- Se implementó un robot de batalla de 12 libras apto para competir según el reglamento de la categoría de batalla del Concurso Ecuatoriano de Robótica. Se desarrolló un sistema de guarda motores para el sistema de tracción, mediante el uso sensores de corriente y un relé de estado sólido que realizan la desconexión de energía para evitar daños en los componentes.
- Se programó el sistema de guarda motores para la etapa de potencia, mediante el uso de una tarjeta programable ARDUINO que cumplió con los requerimientos necesarios tanto en tamaño, peso y costo.
- De las pruebas de validación de los sensores de corriente, se determinó que el sensor 1 presentó un error de $\pm 0.44\%$ y el sensor de corriente 2 un error de $\pm 0.29\%$. Tanto el sensor 1 como el sensor 2 no exceden el $\pm 1.2\%$ de error que posee el equipo patrón. Por lo tanto, no se incorpora error en los sensores.
- Al realizar las pruebas de estabilidad de los sensores, se determinó un coeficiente de variación de 0.190 en el sensor de corriente 1 y un coeficiente de variación de 0.189 en el sensor de corriente 2, por lo tanto. Por lo tanto, se determinó que los valores obtenidos por los sensores son estables, debido a que tienen poca variabilidad y presentan valores de corriente homogéneos.
- Se determinó que la velocidad del DIR12GMP es de 1.10 m/s, genera una fuerza de empuje de 0.57 N y un torque de 0.57 N*m.
- En las pruebas de validación de la autonomía de las baterías, se estableció un consumo de 39.79% de batería mientras el DIR12GMP se encontraba embancado. Para el caso del DIR12GMP en funcionamiento se obtuvo un consumo de 85.71%. En el caso de la batería que suplementa de energía al arma se obtuvo un consumo de 30%. En consecuencia, se garantiza así la autonomía de 15 minutos de funcionamiento.
- Se determinó que la distancia máxima para una comunicación con línea directa de visión entre el teleoperador y el DIR12GMP es de 15 m. Para una distancia de 25 m existe poca visibilidad del DIR12GMP. Y, por último, a los 30 m el radio control emite una alerta de señal. En consecuencia, se cumple con el requerimiento de que debe existir una

comunicación con una distancia de al menos de 10 m con buena visibilidad dentro de la arena de combate.

- La configuración del arma genera una fuerza de 159.79 N, de acuerdo con las pruebas realizadas se muestra un daño considerable en un objeto rectangular elaborado en tol de 3 mm con un peso de 12 libras, y se tiene presente que la primera prueba causó un daño de desprendimiento parcial de la tapa superior y abolladura en su parte frontal, mientras que en la segunda prueba causó un desprendimiento total de la tapa superior y provocó una abolladura con rotura en su tapa lateral. Por lo tanto, el arma es capaz de causar daño a su oponente.
- Se asignaron rangos de corriente de 8 A para el giro hacia adelante tanto en el motor izquierdo como en el derecho; para el giro hacia atrás se obtuvo 10 A en ambos motores.
- Al realizar el estudio del sistema de protección con la batería a plena carga se determinó que el guarda motor se activó en un tiempo de 4.75 segundos, para el caso de que la batería del sistema se encuentra a media carga, el guarda motor se activa en un tiempo de 4.9 segundos. Los indicadores ayudan a que el teleoperador tenga en cuenta el estado del DIR12GMP en todo momento y mejore la estrategia de combate. En consecuencia, el sistema de protección para ambos casos tiene una respuesta inmediata y salvaguarda los componentes del sistema de tracción.
- Con base en la prueba para determinar el peso, se comprobó que el DIR12GMP tiene un peso de 11.5 libras, bajo el reglamento del Concurso Ecuatoriano de Robótica que estipula que el DIR12GMP no debe pesar más de 12 libras sin tolerancia. Por lo tanto, es apto para competir en esta categoría.
- Con base en el análisis de costos del DIR12GMP, se determinó un valor de 1173 USD sin IVA, se analizó que es un 50 % más económico en comparación con robots de características similares sin contar con el sistema de protección.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda tener un conocimiento previo de las especificaciones técnicas de cada componente para evitar accidentes o provocar mal funcionamiento de los diferentes sistemas o módulos.
- Se recomienda para futuros trabajos estudiar la posibilidad de un rediseño de un chasis que sea capaz de operar en caso de que exista un volcamiento.
- Se recomienda desarrollar las pruebas en un área acondicionada para evitar accidentes.

BIBLIOGRAFÍA

ARAGONESA DE SERVICIOS TELEMÁTICOS. (2017, 11 septiembre). Guía de Microsoft Excel 2016 - Primeros pasos. Recuperado 18 de noviembre de 2020, de <https://ast.aragon.es/sites/default/files/primerospasosexcel2016.pdf>

ARDUINO. (s. f. a). Acs712 current sensor. Recuperado 18 de noviembre de 2020, de <https://create.arduino.cc/projecthub/instrumentation-system/acs712-current-sensor-87b4a6>

ARDUINO. (s. f. b.). Software. Recuperado 18 de noviembre de 2020, de <https://www.arduino.cc/en/software/>

ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DEL ACERO. (s. f.). ¿Qué es el Acero? | Alacero. Recuperado 18 de noviembre de 2020, de <https://www.alacero.org/es/page/el-acero/que-es-el-acero>

B. (2020, 22 septiembre). Tipos de sensores de corriente. Recuperado 20 de octubre de 2020, de <https://www.sensoresdepresion.top/2020/02/tipos-de-sensores-de-corriente.html>

BANEBOTS, LLC. (s. f.-a). BaneBots Compliant Wheel, 3" x 0.8", Hub Mount, 50A, Blue - banebots.com. Recuperado 18 de noviembre de 2020, de <http://www.banebots.com/product/T81P-305BA.html>

BANEBOTS, LLC. (s. f.-b). RS555 Motor - 12V - banebots.com. Recuperado 18 de noviembre de 2020, de <http://www.banebots.com/product/M5-RS555-12.html>

CARRASCO, A. (2019, 6 junio). Propuesta de un sistema de evasión de obstáculos para un dron aplicado a la inspección en redes de distribución y transmisión para la Empresa Eléctrica Riobamba S.A. Recuperado 18 de noviembre de 2020, de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10821>

CEDIA. (s. f.). Reglamento para la categoría “Batalla de Robots”. Recuperado 20 de octubre de 2020, de <https://cer.cedia.edu.ec/es/>

COMPAÑÍA LEVANTINA DE REDUCTORES. (2020, 5 marzo). Reductores de velocidad: principales aplicaciones y cómo mejorar su funcionamiento. Recuperado 18 de noviembre de 2020, de <https://clr.es/blog/es/reductores-velocidad-funcionamiento/>

DASSAULT SYSTÈMES®. (s. f.). Descargas. Recuperado 18 de noviembre de 2020, de <https://www.solidworks.es/sw/support/downloads.htm>

DIMENSION ENGINEERING LLC. (s. f.). Sabertooth 2X25 V2 regenerative dual motor driver. “Controlador dual regenerative Sabertooth 2x25 V2” Dimension Engineering. Recuperado 18 de noviembre de 2020, de <https://www.dimensionengineering.com/products/sabertooth2x25>

ECURED. (s. f.-a). Aluminio - EcuRed. Recuperado 18 de noviembre de 2020, de <https://www.ecured.cu/Aluminio>

ECURED. (s. f.-b). Protección de motores eléctricos - EcuRed. Recuperado 18 de noviembre de 2020, de https://www.ecured.cu/Protecci%C3%B3n_de_motores_el%C3%A9ctricos

ESCOBAR GUACHAMBALA, M. Á., AQUINO ARROBA, S. M., POZO SAFLA, E. R., & CHOTO CHARIGUAMAN, L. S. (2019, 25 julio). Vista de Tecnología CAD CAM aplicada al diseño de robots de batalla. Recuperado 18 de noviembre de 2020, de <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/721/1751>

F. (2020c, febrero 29). ¡Baterías LiPo, características y cuidados! Recuperado 20 de octubre de 2020, de <https://www.dynamoelectronics.com/baterias-lipo-caracteristicas-y-cuidados/>

HISOUR. (2019, 26 marzo). Competencia de robots. Recuperado 20 de octubre de 2020, de <https://www.hisour.com/es/robot-competition-43009/>

HOBBYKING. (s. f.). Turnigy XK3674-1900KV sin escobillas Inrunner. Recuperado 18 de noviembre de 2020, de https://hobbyking.com/es_es/turnigy-xk3674-1900kv-brushless-inrunner.html?__store=es_es

HOBBYKING. (2020, 6 enero). Turnigy Evolution Mode 2 PRO Digital AFHDS 2A Radio Control System (Black) w/TGY-IA6C Receiver. https://hobbyking.com/es_es/turnigy-evolution-mode-2-pro-digital-afhds-2a-radio-control-system-black-w-tgy-ia6c-receiver.html?__store=es_es

HTIRC. (s. f.). Hornet Series ESC User Manual. “Manual de usuario de ESC serie Hornet”. Recuperado 18 de noviembre de 2020, de <https://img.banggood.com/file/products/20170112214632HTIRC%20Hornet%20Series%20ESC%20User%20Manual.pdf>

LABCENTER ELECTRONICS LTD. (2021). VSM Simulation. Recuperado 18 de diciembre de 2021, de <https://www.labcenter.com/simulation/>

LLAMAS, L. (2016, 6 agosto). Tipos de motores rotativos para proyectos de Arduino. Recuperado 20 de octubre de 2020, de <https://www.luisllamas.es/tipos-motores-rotativos-proyectos-arduino/>

LLAMOSA R, L., MEZA C, L., & BOTERO A, M. (2007, agosto). Estudio de repetibilidad y reproducibilidad utilizando el método de promedios y rangos para el aseguramiento de la calidad de los resultados de calibración de acuerdo con la norma técnica NTCISO/IEC 17025. Recuperado 5 de enero de 2021, de https://www.researchgate.net/profile/Luis-Llamosa/publication/26544223_Estudio_de_repetibilidad_y_reproducibilidad_utilizando_el_mtodo_de_promedios_y_rangos_para_el_aseguramiento_de_la_calidad_de_los_resultados_de_calibracion_de_acuerdo_con_la_norma_tecnica/links/5d921451299bf10cff1a92a0/Estudio-de-repetibilidad-y-reproducibilidad-utilizando-el-metodo-de-promedios-y-rangos-para-el-aseguramiento-de-la-calidad-de-los-resultados-de-calibracion-de-acuerdo-con-la-norma-tecnica.pdf

LÓPEZ RAMÍREZ, P. A., & ANDRADE SOSA, H. (2013, 30 junio). Vista de Aprendizaje de y con robótica, algunas experiencias. Revista Educación. Recuperado de <https://revistas.ucr.ac.cr>

MCGRADY, C. (2020, 6 marzo). ¿Con o sin escobillas? ¿Qué motor de CC debería elegir? Recuperado 18 de noviembre de 2020, de <https://www.arrow.com/es-mx/research-and-events/articles/which-dc-motor-is-best-for-your-application>

MICROJPM S.A. (s. f.). Fotek SSR-40 DA Relay Estado Solido 40A @ 380V (3 - 32VDC) : Micro JPM. MicroJPM. Recuperado 18 de noviembre de 2020, de <https://www.microjpm.com/products/fotek-ssr-40-da-relay-estado-solido-40a-380v-3-32vdc/>

MILES, P., & CARROLL, T. W. (2002). Build Your Own Combat Robot. [Construya su propio robot de combate] <https://doi.org/10.1036/007222844X>

NAYLAMP MECATRÓNICAS SAC. (s. f.). Convertidor Voltaje DC-DC Step-Up 2A MT3608. Naylamp Mechatronics - Perú. Recuperado 18 de noviembre de 2020, de <https://www.naylampmechatronics.com/conversores-dc-dc/119-convertidor-voltaje-dc-dc-step-up-2a-mt3608.html>

OJEDA A, J. (2017). Tablero de control con motor reductor de una lavadora industrial (inversión de giro). Recuperado 5 de enero de 2021, de <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/16361/EG-2009-Ojeda%20Ayala%2c%20Jaime.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

QUANTUMBALEAR. (s. f.). Definición de baterías. Recuperado 18 de noviembre de 2020, de <https://www.bateriadelitorecargable.com/es/content/28-definicion-de-baterias>

QUINDE LLERENA, J. L. & ULLOA PATIÑO, L. D. (2012, febrero). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DOS ROBOTS TIPO WARBOT. Recuperado 18 de noviembre de 2020, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6849/1/UPS-GT000656.pdf>

RENAME, I. (2019, 21 junio). Calentamiento en el bobinado. Recuperado 20 de octubre de 2020, de <https://renamecr.com/index.php/2016/04/27/calentamiento-en-el-bobinado/>

ROBOTSYROBOTICA. (s. f.). Partes de un robot. Recuperado 18 de noviembre de 2020, de <https://www.robotsyrobotica.com/partes-de-un-robot/>

RODRÍGUEZ MUÑOZ, J. (2015, 10 febrero). Diseño y construcción de un coche teledirigido basado en la plataforma Arduino. Recuperado 18 de diciembre de 2020, de <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/4556/pfc6094.pdf>

S. (2020d, julio 14). Nylon. Recuperado 18 de noviembre de 2020, de <https://concepto.de/nylon/>

SERVICOR OXICORTES. (2021). Servicor Oxicortes | Cortes Láser, Plasma, Chorro de Agua. Planchas y Planchones. Recuperado 18 de diciembre de 2020, de <https://servicor.com.ec/>

SUM, P. E. (2018, 29 enero). ¿Qué es Arduino? - Curso de primeros pasos con Arduino. Recuperado 20 de octubre de 2020, de <https://www.programoergosum.com/cursos-online/arduino/253-curso-de-iniciacion-a-arduino/que-es-arduino>

TECNOLOGÍAS. (s. f.). Rele o Relevador. Qué es, Tipos, Funcionamiento Aprende Facil. Recuperado 18 de noviembre de 2020, de <https://www.areatecnologia.com/electricidad/rele.html>

TOSTATRONIC. (s. f.). Control remoto Flysky FS-i6 de 6 Canales Modo 2 Drone Avión Helicóptero Rc. Recuperado 18 de noviembre de 2020, de <https://tostatronic.com/store/es/kits/915-control-remoto-para-aeromoelismo-fs-i6.html>

WEED, Geoffrey. (24 de abril de 2017). How Do Dry Cell Batteries Work? [¿Cómo funcionan las pilas secas?], Sciencing. Recuperado de: <https://www.sciencing.com>

WENDT, Z. (2020, 15 junio). Relés de estado sólido y relés electromecánicos. Recuperado 18 de noviembre de 2020, de <https://www.arrow.com/es-mx/research-and-events/articles/crydom-solid-state-relays-vs-electromechanical-relays>

ANEXOS

Anexo A: Especificaciones Técnicas Arduino Nano

The classic Arduino Nano is the smallest board to build your projects with.



[OVERVIEW](#)


[TECH SPECS](#)

[DOCUMENTATION](#)

[FAQ](#)


Microcontroller	ATmega328
Architecture	AVR
Operating Voltage	5 V
Flash Memory	32 KB of which 2 KB used by bootloader
SRAM	2 KB
Clock Speed	16 MHz
Analog IN Pins	8
EEPROM	1 KB
DC Current per I/O Pins	40 mA (I/O Pins)
Input Voltage	7-12 V
Digital I/O Pins	22 (6 of which are PWM)
PWM Output	6
Power Consumption	19 mA
PCB Size	18 x 45 mm
Weight	7 g
Product Code	A000005

Anexo B: Hoja de Datos Sabertooth 2x25A



DimensionEngineering

Sabertooth 2x25 V2 User's Guide
April 2012



Input voltage: 6-30V nominal, 33.6V absolute max.
Output current: Up to 25A continuous per channel. Peak loads may be up to 50A per channel for a few seconds.
5V switching BEC: Up to 1A continuous and 1.5A peaks across the entire range of input voltages.

Recommended power sources are:

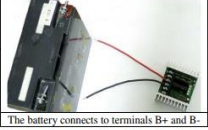
- 5 to 20 cells high capacity NiMH or NiCd
- 2s to 8s lithium ion or lithium polymer. Sabertooth motor drivers have a lithium battery mode to prevent cell damage due to over-discharge of lithium battery packs.
- 6v to 30V high capacity lead acid
- 6v to 30V power supply (when in parallel with a suitable battery).

All batteries must be capable of maintaining a steady voltage when supplying 20+ amps (AA or 9V batteries aren't going to cut it! An 18Ah lead-acid battery is a good starting point)

Dimensions:


Size: 2.6" x 3.2" x .82"	65 x 80 x 21mm
Weight: 3.2oz / 90g	

Battery Terminals B+ and B-



The battery or power supply is connected to terminals B+ and B-. B+ connects to the negative side of the battery (usually black) B- connects to the positive side of the battery (usually red or yellow). It is usually best to connect the battery through a connector instead of directly to the motor driver. This makes it easy to unplug the battery for charging, and prevents plugging in the battery backwards.

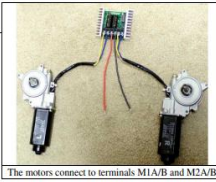
The battery connects to terminals B+ and B-



Using a battery connector to connect/disconnect power to Sabertooth

Warning! Be very careful to wire and plug in the battery and connector correctly. Connecting the battery backwards will destroy the Sabertooth and will void the warranty.

Motor Terminals

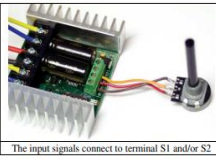


Motor 1 is connected to terminals M1A and M1B as shown below. If the motor runs in the opposite way that you want, you may reverse the motor wires to reverse rotation.

Motor 2 is connected to terminals M2A and M2B.

The motors connect to terminals M1A/B and M2A/B


Signal Input Terminals S1 and S2



The input signals that control the Sabertooth are connected to terminals S1 and S2. If you are running in analog mode, it is important to have both the signal connected before applying power to the device. Otherwise, the motors may start unexpectedly.

The input signals connect to terminal S1 and/or S2

Power terminals 0V and 5V



The 0V and 5V connections are used to power and interface to low-power control circuits.

The 5V connection is a 5V power output. The 2x25 utilizes a 1 Amp switching BEC to power the onboard electronics as well as to provide power to your receiver and up to 4 standard analog servos. You can power anything that requires 5V straight from the Sabertooth 2x25.

The 5V terminal can be used to power small loads, like a potentiometer or a radio receiver. The 0V signal must be connected to the ground of the device generating the input signal.

There is no need for an external BEC unless you need more than 1 Amp. The BEC will work at full rated output throughout the Sabertooth's operating voltage range. You can use the BEC at full capacity whether you are running 7V or 24V in.

The 0V connection is the signal ground for the Sabertooth. In order to receive input signals correctly, it must be connected to the ground of the device sending the signals.

Using the 0V and 5V connections to power a radio receiver in R/C mode and potentiometer in analog mode is shown in Figures 2.1 and 2.2. If you are using multiple Sabertooths running from the same radio receiver, only one should have the 5V line connected.


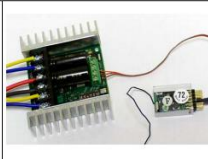
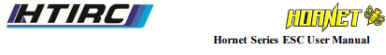



Figure 2.1: Analog input using a potentiometer powered from terminal 5V

Figure 2.2: R/C input using a receiver powered from terminal 5V

Anexo C: Manual de Usuario ESC Hornet 70 A



Hornet Series ESC User Manual

Thank you for purchasing HTIRC Innovative Dragonfly Brushless Electronic Speed Controller (ESC). This is a new generation of sensorless speed controllers, with the latest software design, especially for ALL types of brushless motors.


Please read and pay careful attention to the following instructions before you start to work with your motor and controller

Warnings!

- Always connect the motor battery pack just before flight and disconnect it immediately after landing.
- Once the motor battery pack is connected, handle the model with extreme care!
- Ensure that you are well clear of the propeller at all times.
- Rotating propellers are extremely dangerous!
- Even when the receiver (BEC) switch is "OFF", please remember the motor battery pack may still be connected. Handle the model with extreme care and stay clear of the propeller!
- Do not use battery packs that exceed the recommended cell count.
- Do not exceed the BEC's output current
- Do not use leaking, damaged, cracked or puffed batteries.
- A over-heat protection function built-in the ESC, when the temperature reaches 212°F/100°C during the operation of ESC, the speed of the motor will immediately reduce; it will automatic recover when the temperature under 212°F/100°C.
- Only use NiCd, NiMH or Li-Poly battery packs. Other power sources may cause damage to the controller
- Do Not connect the motor battery to the wrong polarity, the controller will be seriously damaged.

Specifications:

P.N	Cont. Burst		Peak Type	BEC Type	BEC Output		Battery Cell		Size(mm)	Weight
	Current	Current			Voltage	Current	Li-xx	Ni-xx		
HTI-499-221201	6A	5A	22A	BEC	5.0V	5.0A	2-4LlP6	5-12Ni	22*12*4.5	5g
HTI-410-221201	10A	7.5A	22A	BEC	5.0V	5.0A	2-4LlP6	5-12Ni	22*12*4.5	5g
HTI-412-241701	12A	15A	60A	BEC	5.0V	1.0A	2-4LlP6	5-12Ni	24*15.5*5.5	11g
HTI-400-302401	20A	25A	70A	BEC	5.0V	3.0A	2-4LlP6	5-12Ni	30*24*5.5	21g
HTI-400-302401	20A	25A	80A	BEC	5.0V	3.0A	2-4LlP6	5-12Ni	30*24*5.5	21g
HTI-440-22201	40A	30A	100A	SREC	5.0V	4.0A	2-4LlP6	5-18Ni	32*20*11	42g
HTI-440-22201	50A	40A	120A	SREC	5.0V	4.0A	2-4LlP6	5-18Ni	32*20*11	42g
HTI-440-22201	60A	50A	140A	SREC	5.0V	4.0A	2-4LlP6	5-18Ni	32*20*14	42g
HTI-470-40301	70A	55A	180A	SREC	5.0V	6.0A	2-4LlP6	5-18Ni	40*30*14	50g
HTI-480-40301	80A	60A	200A	SREC	5.0V	6.0A	2-4LlP6	5-18Ni	40*30*14	50g



Hornet Series ESC User Manual

Wires Connection:

The speed controller can be connected to the motor by soldering directly or with high quality connectors. Always use new connectors, which should be soldered carefully to the cables and insulated with heat shrink tube. The maximum length of the battery pack wires shall not exceed 6 inches.

- Solder controller to the motor wires.
- Solder appropriate connectors to the battery wires.
- Insulate all solder connectors with heat shrink tube.
- Plug the "LR" connector into the receiver throttle channel.
- Controller Red and Black wires connect to battery pack Red and Black wires respectively.

Installing the Controller:

Install the controller in the model so that it is free from vibration and shock, using Velcro or double sided foam tape. **IMPORTANT:** make sure there is sufficient cooling for the motor and controller by ducting air through cooling holes from outside airflow. Failure to do it, will cause damage to the motor or controller.

Normal start up:

Switch on transmitter and check throttle settings are +/-100% (for computer radio). For Futaba/Radio programs the "Servo Reverse" function on the throttle channel. Pull throttle stick in down or brake position:


- Transmitter switches "ON"
- connect battery pack to the controller
- Connect the receiver
- If you hear one tone, Brake ON; If you hear two tones, Brake OFF.
- The position of full throttle will be calibrated automatically.
- Your motor now is ready to run.

Factory default settings:

Brake: OFF
 Battery type: Li-Poly Auto
 Low voltage cutoff type: reduce power
 Soft start: Enable
 Timing: Auto
 Frequency: 16KHz
 Heli mode: OFF

How to program your controller:

- Switch on transmitter and push the throttle stick to full throttle.
- Connect the motor battery pack and turn on the receiver (BEC) switch.
- Wait for 2 seconds, you'll hear two tones; programming mode is entered; for 5 seconds, programming setup can be started.
- When you hear the desired tones, pull the throttle down, then you'll hear two confirmation tones. The setting is now memorized.
- You can only change one setting at a time, if you need to change more settings, disconnect the motor battery pack and wait 5 seconds, and repeat above procedure for next setting.
- You can exit the programming mode at any time if you disconnect the battery connector from ESC.



Hornet Series ESC User Manual

1. Brake setting ON or OFF

Follow above procedure then enter the programming mode. If you pull the throttle stick to off, Brake will be changed, (ON - OFF, or OFF - ON)

```

- - - - -
- - - - -
- - - - -
- - - - -
    
```

2. Battery type

(select battery type which is being used in your model)

NiCad: (50% initial voltage)

```

- - - - -
LiPo: Auto detect, 3.2V/Cell
- - - - -
    
```

3. Rotation reverse

This function is to change the motor rotation direction. (for example: Right to Left, or vice versa)

```

- - - - -
    
```

4. Soft start (Acceleration)

When gearbox drive system is used. It's highly recommended to enable the soft start. It will protect the gearbox not to damage especially propeller of large diameter is used. Disable the soft start function when direct-drive system is used or being in speed competition

```

Enable:
- - - - -
Disable:
- - - - -
    
```

5. Under voltage (low voltage cut-off LVC)

If the motor battery pack drops to the programmed cut-off voltage, the controller will either ignore, reduce the motor speed or stop the motor to ensure that there is enough power for the receiver and servos. Either one is active, you can resume to normal operation by pull down the throttle stick and push up again, but remember that it's time to land you model!

reduce power:
(reduce motor speed)

```

- - - - -
cut off:
(stop motor immediately)
- - - - -
    
```

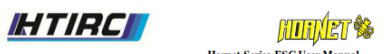
6. Timing (advance timing)

The controller has three timing modes; Automatic works perfect for ALL types of brushless motor. But for some brands or homemade brushless motors, you have to set the right timing for optimal efficiency and power; 7 degree for multi-pole motors, 30 degree for out runner motors.

Automatic: (7-30 degree)

```

- - - - -
Soft: (7 degree)
- - - - -
Hard: (22 - 30 degree)
- - - - -
    
```



Hornet Series ESC User Manual

7. Switching Frequency

The controller has two switching frequency modes. 8KHz is good for ALL types of two-pole motors. 16KHz is good for multi-pole motors.

```

8 kHz:
/ / / /
16 kHz:
\ \ \ \
    
```

8. Active RPM Control (Heli Governor mode)

```

OFF:
- - - - -
RPM control on:
- - - - -
    
```

9. Restore Factory Default Setting


```

- - - - -
    
```

Caution!

Warning! Model aircraft equipped with high power motor can kill. High power motor systems can be very dangerous! High currents can heat wires and batteries, causing fires and burning skin or anything. Follow the wiring connection carefully! Always fly at the approved field. Never fly over or near spectators. Even though this controller is equipped with a safety arming program, you should still be cautious when connecting the main battery.

Anexo D: Hoja de datos ACS712 30 A



ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kV RMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Features and Benefits

- Low-noise analog signal path
- Device bandwidth is set via the new FILTER pin
- 5 μ s output rise time in response to step input current
- 80 kHz bandwidth
- Total output error 1.5% at $T_A = 25^\circ\text{C}$
- Small footprint, low-profile SOIC8 package
- 1.2 m Ω internal conductor resistance
- 2.1 kV_{RMS} minimum isolation voltage from pins 1-4 to pins 5-8
- 5.0 V, single supply operation
- 66 to 185 mV/A output sensitivity
- Output voltage proportional to AC or DC currents
- Factory-tuned for accuracy
- Externally stable output offset voltage
- Nearly zero magnetic hysteresis
- Ratiometric output from supply voltage

Description


The Allegro[®] ACS712 provides economical and precise solutions for AC or DC current sensing in industrial, commercial, and communications systems. The device package allows for easy implementation by the customer. Typical applications include motor control, load detection and management, switched-mode power supplies, and overcurrent fault protection.

The device consists of a precise, low-offset, linear Hall sensor circuit with a copper conduction path located near the surface of the die. Applied current flowing through this copper conduction path generates a magnetic field which is sensed by the integrated Hall IC and converted into a proportional voltage. Device accuracy is optimized through the close proximity of the magnetic signal to the Hall transducer. A precise, proportional voltage is provided by the low-offset, chopper-stabilized BiCMOS Hall IC, which is programmed for accuracy after packaging.

The output of the device has a positive slope ($\sim V_{OUT}/I_{OUT}$) when an increasing current flows through the primary copper conduction path (from pins 1 and 2, to pins 3 and 4), which is the path used for current sensing. The internal resistance of this conductive path is 1.2 m Ω typical, providing low power

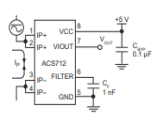
Continued on the next page...

Package: 8 Lead SOIC (suffix LC)



Approximate Scale 1:1

Typical Application



Application 1. The ACS712 outputs an analog signal, V_{OUT} , that varies linearly with the unidirectional AC or DC primary sensed current, I_p , within the range specified. C_F is recommended for noise management, with values that depend on the application.

ACS712-DB, Rev. 7

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kV RMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Description (continued)

loss. The thickness of the copper conductor allows survival of the device at up to 5 \times overcurrent conditions. The terminals of the conductive path are electrically isolated from the sensor leads (pins 5 through 8). This allows the ACS712 current sensor to be used in applications requiring electrical isolation without the use of opto-isolators or other costly isolation techniques.

The ACS712 is provided in a small, surface mount SOIC8 package. The leadframe is plated with 100% matte tin, which is compatible with standard lead (Pb) free printed circuit board assembly processes. Internally, the device is Pb-free, except for flip-chip high-temperature Pb-based solder balls, currently exempt from RoHS. The device is fully calibrated prior to shipment from the factory.

Selection Guide

Part Number	Packing*	T_A (°C)	Optimized Range, I_p (A)	Sensitivity, Sens (Typ) (mV/A)
ACS712ELCTR-05B-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	± 5	185
ACS712ELCTR-20A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	± 20	100
ACS712ELCTR-30A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	± 30	66

*Contact Allegro for additional packing options.

Absolute Maximum Ratings

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Units
Supply Voltage	V_{CC}		8	V
Reverse Supply Voltage	V_{CC}		-1	V
Output Voltage	V_{OUT}		8	V
Reverse Output Voltage	V_{OUT}		-1	V
Reinforced Isolation Voltage	V_{ISO}	Pins 1-4 and 5-8: 60 Hz, 1 minute, $T_A = 25^\circ\text{C}$ Voltage applied to leadframe (p+ pins), based on EC 60950	2100	V _{RMS}
Basic Isolation Voltage	V_{ISOBAS}	Pins 1-4 and 5-8: 60 Hz, 1 minute, $T_A = 25^\circ\text{C}$ Voltage applied to leadframe (p+ pins), based on EC 60950	1500	V
Output Current Source	$I_{OUT(SOURCE)}$		3	mA
Output Current Sink	$I_{OUT(SINK)}$		10	mA
Overcurrent Transient Tolerance	I_p	1 pulse, 100 ms	100	A
Nominal Operating Ambient Temperature	T_A	Range E	-40 to 85	°C
Maximum Junction Temperature	$T_{J(MAX)}$		165	°C
Storage Temperature	T_{STG}		-65 to 170	°C

Parameter	Specification
Fire and Electric Shock	CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1-03 UL 60950-1-2003 EN 60950-1-2001

Allegro MicroSystems, Inc.
151 Northwood Court
Worcester, Massachusetts 01515-0028 U.S.A.
1.508.853.3000 • www.allegromicro.com

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kV RMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

COMMON OPERATING CHARACTERISTICS¹ over full range of T_A , $C_F = 1$ nF, and $V_{CC} = 5$ V, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
ELECTRICAL CHARACTERISTICS						
Supply Voltage	V_{CC}		4.5	5.0	5.5	V
Supply Current	I_{CC}	$V_{CC} = 5.0$ V, output open	-	10	13	mA
Output Capacitance Load	C_{LOAD}	V _{OUT} to GND	-	-	10	nF
Output Resistive Load	R_{LOAD}	V _{OUT} to GND	4.7	-	-	k Ω
Primary Conductor Resistance	R_{COND}	$T_A = 25^\circ\text{C}$	-	1.2	-	m Ω
Rise Time	t_r	$I_p = I_p(\text{MAX})$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, C_{LOAD} = open	-	5	-	μ s
Frequency Bandwidth	f	-3 dB, $T_A = 25^\circ\text{C}$, I_p is 10 A peak-to-peak	-	80	-	kHz
Nonlinearity	E_{NL}	Over full range of I_p	-	1.5	-	%
Symmetry	E_{SYM}	Over full range of I_p	-	98	100	%
Zero Current Output Voltage	$V_{OUT(ISO)}$	Bidirectional, $I_p = 0$ A, $T_A = 25^\circ\text{C}$	-	$V_{CC} \times 0.5$	-	V
Power On Time	t_{PO}	Output reaches 90% of steady-state level, $T_A = 25^\circ\text{C}$, 20 A present on leadframe	-	35	-	μ s
Magnetic Coupling ²			-	12	-	G/A
Internal Filter Resistance ³	R_{INT}		-	1.7	-	k Ω

¹Device may be operated at higher primary current levels, I_p , and ambient, T_A , and internal leadframe temperatures, $T_{J(MAX)}$, provided that the Maximum Junction Temperature, $T_{J(MAX)}$, is not exceeded.

² E_{NL} and E_{SYM} are an RC circuit via the FILTER pin.

COMMON THERMAL CHARACTERISTICS¹

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Operating Internal Leadframe Temperature	T_{L}	E range	-40	-	85	°C
Junction-to-Lead Thermal Resistance ²	$R_{\theta(L)}$	Mounted on the Allegro A5EX172 evaluation board	-	-	5	°C/W
Junction-to-Ambient Thermal Resistance ²	$R_{\theta(A)}$	Mounted on the Allegro 65-0122 evaluation board, includes the power consumed by the board	-	-	23	°C/W

¹Additional thermal information is available on the Allegro website.

²The Allegro evaluation board has 1000 mm² of 2 oz. copper on each side, connected to pins 1 and 2, and pins 3 and 4, with thermal vias connecting the layers. Performance values include the power consumed by the PCB. Further details on the board are available from the Frequently Asked Questions document on our website. Further information about board design and thermal performance also can be found in the Applications Information section of the datasheet.

Allegro MicroSystems, Inc.
151 Northwood Court
Worcester, Massachusetts 01515-0028 U.S.A.
1.508.853.3000 • www.allegromicro.com

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kV RMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

x05B PERFORMANCE CHARACTERISTICS $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C , $C_F = 1$ nF, and $V_{CC} = 5$ V, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	I_p		-5	-	5	A
Sensitivity	Sens	Over full range of I_p , $T_A = 25^\circ\text{C}$	180	185	190	mV/A
Noise	$V_{NOISE(RMS)}$	Peak-to-peak, $T_A = 25^\circ\text{C}$, 185 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 47$ nF, C_{LOAD} = open, 2 kHz bandwidth	-	21	-	mV
Zero Current Output Slope	$\Delta V_{OUT(ISO)}$	$T_A = -40^\circ\text{C}$ to 25°C	-	-0.28	-	mV/°C
		$T_A = 25^\circ\text{C}$ to 150°C	-	-0.08	-	mV/°C
Sensitivity Slope	Δ Sens	$T_A = -40^\circ\text{C}$ to 25°C	-	0.056	-	mV/A/°C
		$T_A = 25^\circ\text{C}$ to 150°C	-	-0.0058	-	mV/A/°C
Total Output Error ²	E_{TOT}	$I_p = \pm 5$ A, $T_A = 25^\circ\text{C}$	-	± 1.5	-	%

¹Device may be operated at higher primary current levels, I_p , and ambient temperatures, T_A , provided that the Maximum Junction Temperature, $T_{J(MAX)}$, is not exceeded.

²Percentage of I_p , with $I_p = 5$ A. Output filtered.

x20A PERFORMANCE CHARACTERISTICS $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C , $C_F = 1$ nF, and $V_{CC} = 5$ V, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	I_p		-20	-	20	A
Sensitivity	Sens	Over full range of I_p , $T_A = 25^\circ\text{C}$	96	100	104	mV/A
Noise	$V_{NOISE(RMS)}$	Peak-to-peak, $T_A = 25^\circ\text{C}$, 100 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 47$ nF, C_{LOAD} = open, 2 kHz bandwidth	-	11	-	mV
Zero Current Output Slope	$\Delta V_{OUT(ISO)}$	$T_A = -40^\circ\text{C}$ to 25°C	-	-0.34	-	mV/°C
		$T_A = 25^\circ\text{C}$ to 150°C	-	-0.07	-	mV/°C
Sensitivity Slope	Δ Sens	$T_A = -40^\circ\text{C}$ to 25°C	-	0.017	-	mV/A/°C
		$T_A = 25^\circ\text{C}$ to 150°C	-	-0.004	-	mV/A/°C
Total Output Error ²	E_{TOT}	$I_p = \pm 20$ A, $T_A = 25^\circ\text{C}$	-	± 1.5	-	%

¹Device may be operated at higher primary current levels, I_p , and ambient temperatures, T_A , provided that the Maximum Junction Temperature, $T_{J(MAX)}$, is not exceeded.

²Percentage of I_p , with $I_p = 20$ A. Output filtered.

x30A PERFORMANCE CHARACTERISTICS $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C , $C_F = 1$ nF, and $V_{CC} = 5$ V, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	I_p		-30	-	30	A
Sensitivity	Sens	Over full range of I_p , $T_A = 25^\circ\text{C}$	64	66	68	mV/A
Noise	$V_{NOISE(RMS)}$	Peak-to-peak, $T_A = 25^\circ\text{C}$, 66 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 47$ nF, C_{LOAD} = open, 2 kHz bandwidth	-	7	-	mV
Zero Current Output Slope	$\Delta V_{OUT(ISO)}$	$T_A = -40^\circ\text{C}$ to 25°C	-	-0.35	-	mV/°C
		$T_A = 25^\circ\text{C}$ to 150°C	-	-0.08	-	mV/°C
Sensitivity Slope	Δ Sens	$T_A = -40^\circ\text{C}$ to 25°C	-	0.007	-	mV/A/°C
		$T_A = 25^\circ\text{C}$ to 150°C	-	-0.002	-	mV/A/°C
Total Output Error ²	E_{TOT}	$I_p = \pm 30$ A, $T_A = 25^\circ\text{C}$	-	± 1.5	-	%

¹Device may be operated at higher primary current levels, I_p , and ambient temperatures, T_A , provided that the Maximum Junction Temperature, $T_{J(MAX)}$, is not exceeded.

²Percentage of I_p , with $I_p = 30$ A. Output filtered.

Allegro MicroSystems, Inc.
151 Northwood Court
Worcester, Massachusetts 01515-0028 U.S.A.
1.508.853.3000 • www.allegromicro.com

Anexo E: Hoja de datos SSR 40 DA FOTEK

FOTEK SSR SERIES SOLID STATE RELAY

- *High Reliability by S.M.T & TCC (Surface Mounting Technology)
- *High Isolation over than 50M Ω / 500VDC
- *High Dielectric over than 2.5KV
- *Low Enable Current less than 7.5mA / 12VDC
- *CMOS IC or TTL Compatible
- *Low EMI / EFT & Surge by Zero Cross Trigger Method
- *High Surge Current Duration Over 10 Times of Rated Current / One Cycle
- *High Surge Voltage Duration by Snubber Circuit
- *高可靠性及表面貼裝技術，提供高可靠的SSR
- *高絕緣阻抗超過 50M Ω / 500VDC
- *高耐壓超過 2.5KV
- *低觸發電流小於 7.5mA / 12VDC，可與 CMOS IC及 TTL 匹配
- *零點觸發方式避免電磁 / 高頻干擾
- *高耐過電流，超過 10 倍額定電流 / 一週期
- *其絕緣阻抗可吸收關可突破



Guiding of Model

Terminal Type
Ex-SSR-40DA-H
① ② ③ ④ ⑤

PCB Type
Ex-SSR-P-03DA
① ② ③ ④ ⑤

- Product 產品別**
SSR-SINGLE PHASE SOLID STATE RELAY
單相固態繼電器
STR-THREE PHASE SOLID STATE RELAY
三相固態繼電器
- Output Current 輸出電流**
10 : 10A 25 : 25A
40 : 40A 50 : 50A
75 : 75A
- Input Voltage 輸入方式**
D:DC3W~32V<ON/OFF>
A:AC30~250V<ON/OFF>
L:L4~20mm(Linear)
V:VARIABLE RESISTOR
- Output Voltage 輸出電壓**
A:AC VOLTAGE
D:DC VOLTAGE
- Output Voltage Range 輸出電壓範圍**
H : High Voltage Type < 90 ~ 480VAC >
Non : Standard Type < 24 ~ 380VAC >

Product 產品別
SSR - SINGLE PHASE SOLID STATE

Mounting Method 固定方式
PCB, PCB TYPE

Output Current 輸出電流
03 = 3A
05 = 5A

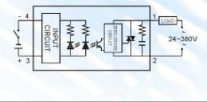
Input Method 輸入方式
D : DC VOLTAGE

Output Voltage 輸出電壓
D : DC 5 ~ 60V
A : AC 24 ~ 280V

FOTEK SSR SERIES DC TO AC SOLID STATE RELAY

Specification

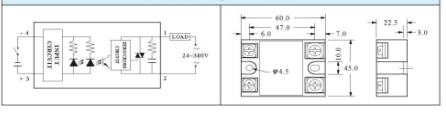
Type	Terminal Type					PCB Type
Model	SSR-10DA	SSR-25DA	SSR-40DA	SSR-25DA-H	SSR-40DA-H	SSR-P03DA
Rated Load Current	10A	25A	40A	25A	40A	3A
Input Data						
Operating Voltage	3~32VDC					
Min. ON / OFF Voltage	ON > 2.4V, OFF < 1.0V					
Trigger Current	7.5mA / 12V					
Control Method	Zero Cross Trigger					
Output Data						
Operating Voltage	24~380VAC	90~480VAC			24~380VAC	
Min. Blocking Voltage	600 VAC < Repetitive >					
Voltage Drop	1.6V / 25C					
Max. Durated Current	135A	275A	410A	275A	410A	135A
Leakage Current	3.0mA	3.0mA	3.0mA	5.0mA	5.0mA	3.0mA
Response Time	ON < 10ms, OFF < 10ms					
General Data						
Dielectric Strength	Over 2.5KVAC / 1min.					
Isolation Strength	Over 50M Ω / 500VDC					
Operating Temperature	-20C ~ +80C					
Housing Material	Intensive ABS					
Weight	Appr. 105g					Appr. 15g
Connection Diagram						



FOTEK SSR SERIES HIGH CURRENT DC TO AC SOLID STATE RELAY

Specification

Type	Terminal Type			
Model	SSR-50DA	SSR-75DA	SSR-50DA-H	SSR-75DA-H
Rated Load Current	50A	75A	50A	75A
Input Data				
Operating Voltage	3~32VDC			
Min. ON / OFF Voltage	ON > 2.4V, OFF < 1.0V			
Trigger Current	7.5mA / 12V			
Control Method	Zero Cross Trigger			
Operating Data				
Operating Voltage	24~380VAC	90~480VAC		
Min. Blocking Voltage	600 VAC < Repetitive >			
Voltage Drop	1.6V / 25C			
Max. Durated Current	550A	820A	550A	820A
Leakage Current Max.	6.0mA	6.0mA	6.0mA	6.0mA
Response Time	ON < 10ms, OFF < 10ms			
General Data				
Dielectric Strength	Over 2.5KVAC / 1min.			
Isolation Strength	Over 50M Ω / 500VDC			
Operating Temperature	-20C ~ +80C			
Housing Material	Intensive ABS			
Weight	Appr. 125g			
Connection Diagram/Dimension				

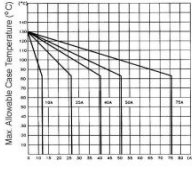
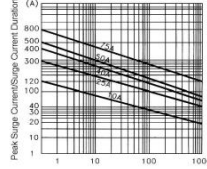


SSR SERIES

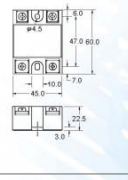
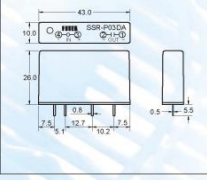
Curve of Characteristic

Max. Allowable Case Temperature
最高容許表面溫度

Peak Surge Current/Surge Current Duration
衝擊電流 / 承受次數

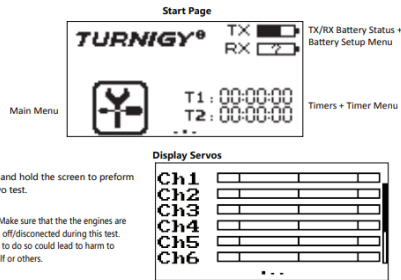
Dimension

Terminal Type	PCB Type
	

Anexo F: Manual de Usuario Turnigy Evolution Digital Proportional Radio Control System

5. Home Screen

The home screen displays useful information about your model, including timers and TX/RX status.



Press and hold the screen to perform a servo test.

Note: Make sure that the engines are turned off/disconnected during this test. Failure to do so could lead to harm to yourself or others.

The system's navigation is designed to be easy and quick.

- To change home screen page, use your finger to swipe from left to right to view the channels screen.
- To enter the main menu, press the icon. Then use your finger to swipe up or down on the screen to scroll.
- To enter a function, touch its name.
- To navigate function menu, swipe up or down to scroll and press an item on the list to enter it.
- To go back to a previous menu, press the icon.

5.1 Timers

To enter the timer function touch T1/T2 on the main screen. The system has 2 timers available, both can be assigned to a switch and have 3 different settings.

Setup:

- Select a mode.
 - Modes:
 - Up: The up timer starts from zero and counts up.
 - Down: The down timer starts from a pre selected time and counts down.
 - D/U (Down then up): The D/U timer starts from the set time, and counts down to 0, then counts back up.
- If necessary set up the pre defined time by selecting the "Setup" option. Select the correct decimal and use the onscreen arrow keys to change the value.

6. Function Settings

6.1 Reverse

The reverse function changes a channels direction of movement in relation to its input. For example, if the blades are spinning in the wrong direction, pushing the model into the ground instead of taking off, this function can be used to correct this.

REVERSE			
Ch1	Nor	Ch2	Nor
Ch3	Nor	Ch4	Nor
Ch5	Rev	Ch6	Nor
Ch7	Rev	Ch8	Nor

Setup:

To change between normal and reverse touch the box to the right side of the desired channel.

Nor = Normal, Rev = Reverse.

Select the icon to save and return to the previous menu.

6.2 End Points

The end point function changes the range of movement available to a channel. This can be used to limit the tilt of the model, so that it is easier to control.

The left box is the low end point, the right box is the high end point, marked below as low being blue and red being high.

Ch1 100% 100%

To change an end point:

- Touch the low or high end point box.
- Touch the desired decimal to change then use the onscreen up and down arrows to change the value.

100%	100%
100%	100%
100%	100%
100%	100%
- Press the or to confirm or cancel changes.
- Select the icon to save and return to the previous menu.

END POINTS			
Ch1	100%	100%	
Ch2	100%	100%	
Ch3	100%	100%	
Ch4	100%	100%	
Ch5	100%	100%	

6.3 Aux. Channels

The auxiliary channels can be used to control additional part of a model such as landing gear or lights.

- Select channels using the left or right arrow keys on the screen on either side of the channel name.

Channel 5

- The left box below the channel name allows the user to pick the type of control for that channel, Nul, VRx, Sx and SWx.

ST1



- Select the icon to save and return to the previous menu.

6.4 Subtrim

Subtrim changes the center point of the channel. For example, if a model is always drifting to one side, the sub trim can be used to fix this.

To set the subtrim function:

- To change the subtrim:
 - Touch the box to the right of the desired channel.

Ch1	0%
-----	----
 - Select the correct decimal and use the up and down arrow keys.

0%	0%
----	----
- Press the or to confirm or cancel changes.
- Select the icon to save and return to the previous menu.

6.5 Failsafe

The failsafe function enables you to pre-set channel positions for the receiver in case of signal loss.

Setup:

- To setup a failsafe position on a channel, select the channel from the list, to select the channel touch the box to the right of the channel name.

FAILSAFE	
Ch1	OFF
Ch2	OFF
Ch3	OFF
Ch4	OFF
Ch5	OFF
Ch6	OFF
Ch7	OFF
Ch8	OFF
Ch9	OFF
Ch10	OFF
Ch11	OFF
Ch12	OFF
Ch13	OFF
Ch14	OFF
Ch15	OFF
Ch16	OFF
Ch17	OFF
Ch18	OFF
Ch19	OFF
Ch20	OFF
Ch21	OFF
Ch22	OFF
Ch23	OFF
Ch24	OFF
Ch25	OFF
Ch26	OFF
Ch27	OFF
Ch28	OFF
Ch29	OFF
Ch30	OFF
Ch31	OFF
Ch32	OFF
Ch33	OFF
Ch34	OFF
Ch35	OFF
Ch36	OFF
Ch37	OFF
Ch38	OFF
Ch39	OFF
Ch40	OFF
Ch41	OFF
Ch42	OFF
Ch43	OFF
Ch44	OFF
Ch45	OFF
Ch46	OFF
Ch47	OFF
Ch48	OFF
Ch49	OFF
Ch50	OFF
- The box next to the channel name should display "On", to activate the failsafe touch the box. The box should now display "Off".

FAILSAFE	
Ch1	OFF
Ch2	OFF
Ch3	OFF
Ch4	OFF
Ch5	OFF
Ch6	OFF
Ch7	OFF
Ch8	OFF
Ch9	OFF
Ch10	OFF
Ch11	OFF
Ch12	OFF
Ch13	OFF
Ch14	OFF
Ch15	OFF
Ch16	OFF
Ch17	OFF
Ch18	OFF
Ch19	OFF
Ch20	OFF
Ch21	OFF
Ch22	OFF
Ch23	OFF
Ch24	OFF
Ch25	OFF
Ch26	OFF
Ch27	OFF
Ch28	OFF
Ch29	OFF
Ch30	OFF
Ch31	OFF
Ch32	OFF
Ch33	OFF
Ch34	OFF
Ch35	OFF
Ch36	OFF
Ch37	OFF
Ch38	OFF
Ch39	OFF
Ch40	OFF
Ch41	OFF
Ch42	OFF
Ch43	OFF
Ch44	OFF
Ch45	OFF
Ch46	OFF
Ch47	OFF
Ch48	OFF
Ch49	OFF
Ch50	OFF
- Move and hold the channel at the desired position, then while keeping the channel at the desired value touch the setup box.

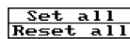
Ch1	OFF	Setup
-----	-----	-------

Set all:

It is possible to set all the channels at the same time, to do so first turn all the channels on as stated above, hold all the channels in the desired position and select "Set all" at the bottom of the list. The system will prompt for a confirmation, select "Y" for yes.

To reset all channels, select the "Reset all" option.

Select the icon to save and return to the previous menu.



6.6 Bri./Sound

This function controls screen brightness and volume for the system.

To make changes to brightness or volume touch and drag the black box located within the relevant slider. Then select the icon to save and return to the previous menu.



6.7 LED Setup

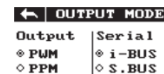
This function controls the LED's located inside the gimbal. When idle color mode is off, the system will change colour depending on vertical stick position. When idle color mode is active the system will maintain a single colour, touch the RGB sliders to change the colour.

Then select the icon to save and return to the previous menu, select "Y" when prompted.

6.8 Output Mode

The system has four output modes, PWM, PPM, I-BUS and S-BUS compatible.

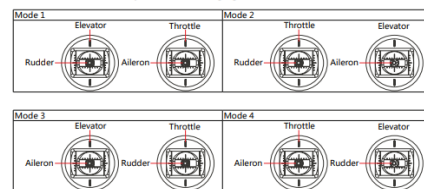
To change between the modes touch the desired mode, the currently selected mode will have a black dot within the circle beside it.



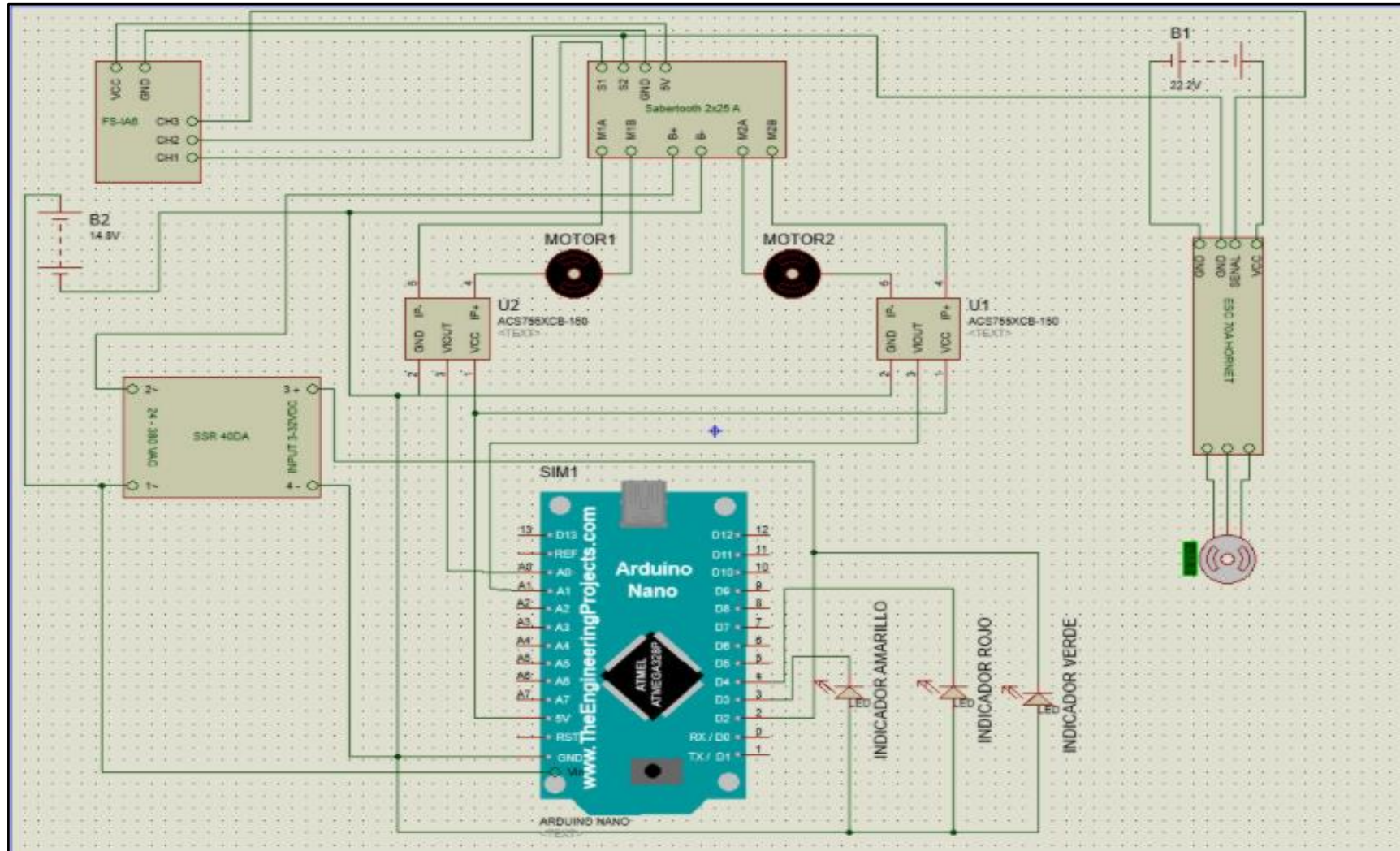
Select the icon to save and return to the previous menu.

6.9 Stick Mode

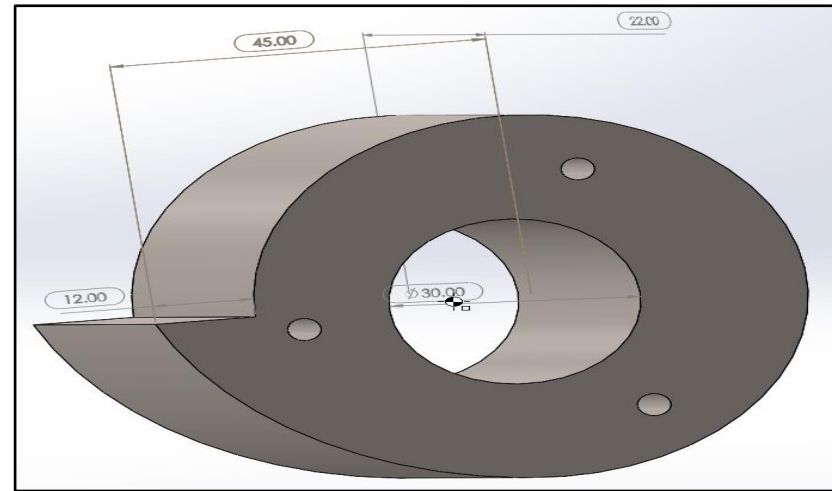
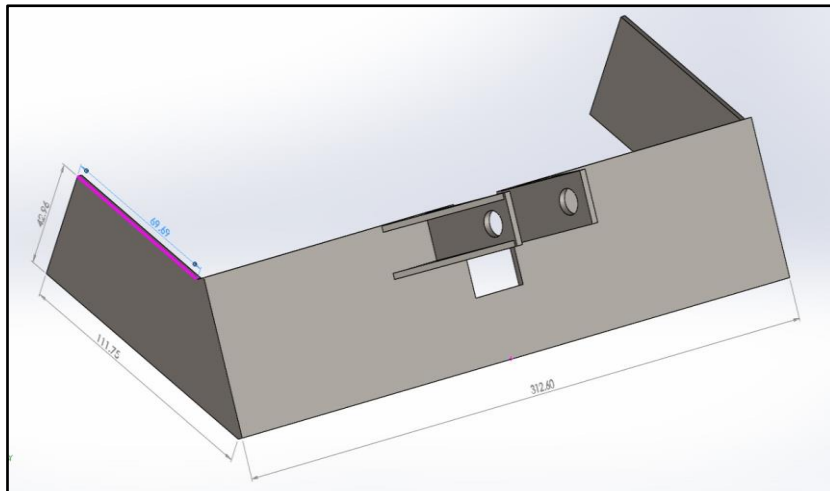
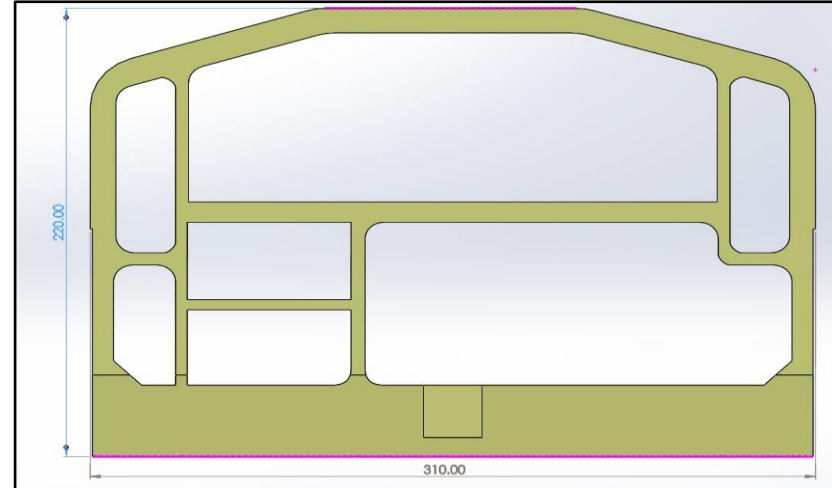
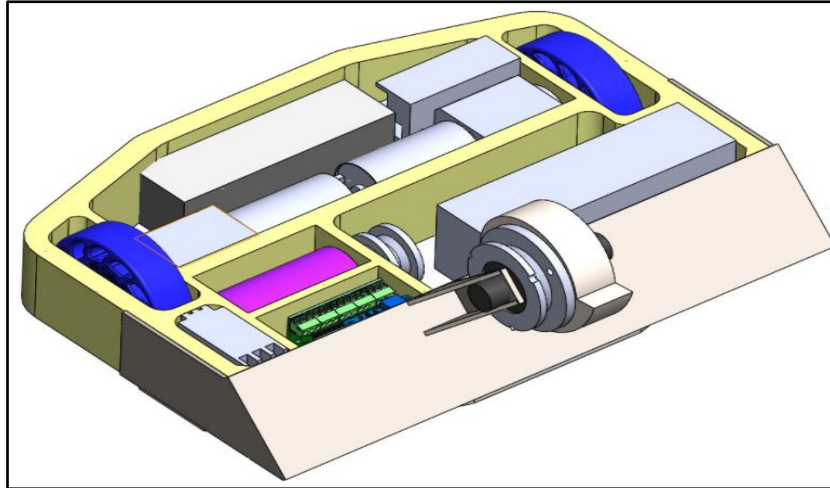
The system has 4 stick modes to change from, to change the mode touch M1, 2, 3 or 4 on the right hand side of the screen. The currently selected mode is highlighted in black.



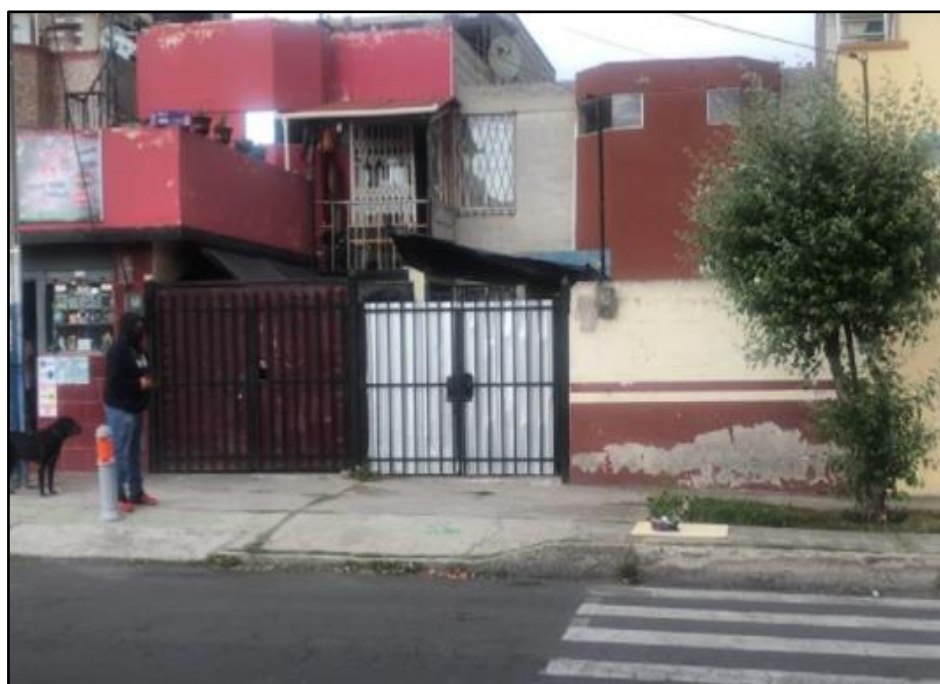
Anexo G: Diagrama esquemático Robot de Batalla de 12 libras



Anexo H: Diseño en Solidwork Robot de Batalla de 12 libras



Anexo I: Evidencia Fotográfica







**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS
PARA EL APRENDIZAJE Y LA
INVESTIGACIÓN**



**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

Fecha de entrega: 17/09/2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)

**Nombres – Apellidos: PAMELA ESTEFANÍA CHÁVEZ TOSCANO
MICHAEL STEEP VALLEJO VALLE**

INFORMACION INSTITUCIONAL

Facultad: INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

Carrera: INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

Título a optar: INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. CPA. Jhonatan Rodrigo Parreño Uquillas. MBA.



Firmado digitalmente por:
**JHONATAN RODRIGO
PARRERO UQUILLAS**



**17-09-2021
1573-DBRA-UTP-2023**