



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN

**CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y
AVIÓNICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA MENCIÓN
INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA**

**TEMA: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ROBOT
TELEOPERADO MEDIANTE TECNOLOGÍA FPV PARA LA
INSPECCIÓN VISUAL EN DISTINTAS ZONAS DE BÚSQUEDA.”.**

AUTOR

DÍAZ GARCÍA JOHN LUIS

DIRECTOR

TLGO. ALEJANDRO PROAÑO

LATACUNGA

2018

DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN

CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ROBOT TELEOPERADO MEDIANTE TECNOLOGÍA FPV PARA LA INSPECCIÓN VISUAL EN DISTINTAS ZONAS DE BÚSQUEDA**” ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo que cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **DÍAZ GARCÍA JOHN LUIS** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 24 de Julio del 2018

Atentamente.

TLGO. ALEJANDRO DAVID PROAÑO CHILCAÑAR
DIRECTOR

DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN

CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **DÍAZ GARCÍA JOHN LUIS**, con cédula de identidad N° **060493852- 2**, declaro que este trabajo de titulación “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ROBOT TELEOPERADO MEDIANTE TECNOLOGÍA FPV PARA LA INSPECCIÓN VISUAL EN DISTINTAS ZONAS DE BÚSQUEDA**” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas. Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 24 de Julio del 2018

Atentamente.

DÍAZ GARCÍA JOHN LUIS

C.C. 060293852- 2

DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN

CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, **DÍAZ GARCÍA JOHN LUIS**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución la presente trabajo de titulación "**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ROBOT TELEOPERADO MEDIANTE TECNOLOGÍA FPV PARA LA INSPECCIÓN VISUAL EN DISTINTAS ZONAS DE BÚSQUEDA**" cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, 24 de Julio del 2018

Atentamente.

DÍAZ GARCÍA JOHN LUIS

C.C. 060293852- 2

DEDICATORIA

A:

Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Mi madre Carmita Garcia, por darme la vida, quererme mucho, creer en mí y porque siempre me apoyado. Mamá gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto se lo debo a usted.

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a dios por haberme acompañado dirigido a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizaje, experiencias y sobre todo felicidad.

A mi familia, por haberme dado la oportunidad de formarme en esta prestigiosa universidad y haber sido mi apoyo durante todo este tiempo.

De manera especial a mi tutor de tesis, por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, sino a lo largo de mi carrera universitaria y haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente y seguir cultivando mis valores.

De igual manera a mi director de carrera, por haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente y seguir cultivando mis conocimientos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	2
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	3
AUTORIZACIÓN	4
DEDICATORIA.....	5
AGRADECIMIENTO.....	6
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS	10
ÍNDICE DE TABLAS	11
RESUMEN	12
ABSTRACT	13

CAPITULO I

EL TEMA

1.1 ANTECEDENTES	14
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.3 JUSTIFICACIÓN	15
1.4 OBJETIVOS	16
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	16
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.6 ALCANCE	16

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ROBOT TELEOPERADO.....	18
2.2 COMPONENTES Y FUNCIÓN.....	18
2.2.1 MOTORES DEL SISTEMA DE TRACCIÓN	18

2.2.2 TURNIGY NANO-TECH 2S 3000 mAh 90 C	19
2.2.3 ESC	19
2.2.4 RUEDAS	20
2.2.5 FATSHARK TELEPORTER V5 Y CÁMARA	20
2.2.6 SERVO MOTOR	21
2.2.7 RADIOCONTROL Y RECEPTOR SPEKTRUM	22
2.3 PROTOCOLOS DE RADIOCONTROL	22
2.3.1 PWM (Modulación por Ancho de Pulsos)	22
2.3.2 PPM MODULACIÓN DE POSICIÓN DE PUNTOS	24
2.3.3 PCM (Pulse Code Modulation)	25
2.3.4 SBUS.....	25
2.3.5 IBUS DSMX.....	25

CAPITULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 REQUERIMIENTOS DEL USUARIO FINAL	26
3.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN A LOS REQUERIMIENTOS	26
3.3 Comparación de los componentes	27
3.3.1 Esc's 20 A para motor DC	27
3.3.2 Impermeabilizado parcial.....	27
3.3.3 Inspección visual en tiempo real	27
3.3.4 Autonomía mayor a 15 minutos continuos	28
3.3.5 Fuente de alimentación del prototipo recargable.....	28
3.3.6 Control a distancia.....	28
3.4 DISEÑO DE PIEZAS	29
3.5 Ensamblaje.....	32
3.6 Conexión eléctrica tracción	32

3.5.3 conexión eléctrica tracking	33
3.5.4 conexión cámara	33
3.6 Diagrama eléctrico de conexión	33
3.7 Diagrama eléctrico	34
3.7 Pruebas operacionales.....	34

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES.....	36
4.2 RECOMENDACIONES	36
BIBLIOGRAFÍA	37
ANEXOS	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo PWM.....	23
Figura 2. Conexión PWM	23
Figura 3. PPM.....	24
Figura 4. Conexión PPM	24
Figura 5. Interfaz de diseño	29
Figura 6. Tabla superior	29
Figura 7. Tabla inferior	30
Figura 8. Estructura lateral	30
Figura 9. Brazos	31
Figura 10. Tapa superior móvil	31
Figura 11. Soportes tracking.....	32
Figura 12. Diagrama eléctrico de conexión	33
Figura 13. Diagrama eléctrico.....	34
Figura 14. Pruebas operacionales.....	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Requerimientos del usuario final.....	26
Tabla 2: Alternativas de solución a los requerimientos.....	27
Tabla 3: Costos.....	35

RESUMEN

El presente proyecto está construido con base en el desarrollo y la investigación de nuevas tecnologías a ser aplicadas en distintos proyectos universitarios como el desarrollado y la aplicación en nuevas y mejores formas de realizar prototipos ya que consta de nuevas tecnología y materiales compuestos de distintas aleaciones que sirven para construir prototipos con mejores prestaciones en relación al peso, resistencia y teniendo muy en cuenta la facilidad al momento de adquirirlos en el mercado y el costo es mucho menor a los materiales puros de los prototipos precedentes, mientras que se utiliza componentes mecánicos como son el aluminio utilizado en la estructura y la electrónica utilizada para distintos robots de batalla de una y tres libras nivel nacional e internacional, así como tecnología utilizada en drones para el control del prototipo y la visualización en tiempo real que se utiliza la base de la teleoperacion y posee muchas aplicaciones en el campo de la robótica así como para realizar inspecciones visuales en distintas zonas de búsqueda o cualquier entorno óptimo para el desenvolvimiento del equipo, de igual forma se encuentra especificado los pasos a tener en cuenta para la obtención de los materiales y como construir el prototipo, así como el correcto funcionamiento que puede tener el prototipo, de igual manera el mantenimiento correcto a llevar a cabo en el mismo, para evitar fallas y complicaciones al momento de realizar la operación en distintas zonas y las precauciones necesarias para minimizar los riesgos de dañar el prototipo ya sea con complicaciones mecánicas electrónicas, al término de esta lectura usted encontrara las conclusiones y recomendaciones a tener en cuenta.

PALABRAS CLAVE:

- **ROBOT**
- **TELEOPERADO**
- **FPV**
- **INSPECCIÓN**

ABSTRACT

The present project is built based on the development and research of new technologies to be applied in different university projects such as the one developed and the application in new and better ways of making prototypes since it consists of new technology and composite materials of different alloys that They serve to build prototypes with better performance in relation to weight, strength and taking into account the ease at the time of purchase in the market and the cost is much lower than the pure materials of the previous prototypes, while using mechanical components such as the aluminum used in the structure and the electronics used for different battle robots of one and three pound national and international level, as well as technology used in drones for the control of the prototype and the real-time visualization that is used the base of the teleoperation and has many applications in the field of rob as well as to perform visual inspections in different areas of search or any optimal environment for the development of the equipment, in the same way is specified the steps to be taken into account for obtaining the materials and how to build the prototype, as well as the correct operation that the prototype can have, in the same way the correct maintenance to be carried out in the same, to avoid failures and complications at the time of performing the operation in different areas and the necessary precautions to minimize the risks of damaging the prototype either with electronic mechanical complications, at the end of this reading you will find the conclusions and recommendations to take into account.

KEYWORDS:

- **ROBOT**
- **TELEOPERATED**
- **FPV**
- **INSPECTION**

CAPITULO I

EL TEMA

“Diseño e implementación de un robot teleoperado mediante tecnología FPV para la inspección visual en distintas zonas de búsqueda.”.

1.1 ANTECEDENTES

La robótica es la rama de la tecnología que se dedica al diseño, construcción, operación, disposición estructural, manufactura y aplicación de los robots; combina diversas disciplinas como son: la mecánica, la electrónica, la informática, la inteligencia artificial, la ingeniería de control y la física. En esta área de la robótica han realizado trabajos como los que se exponen a continuación:

- Víctor Fernández Gonzales en su página web sustenta que “El telerobot dirigido, operando en un sitio, utiliza dispositivos de entrada, como la visualización gráfica, planeando las ayudas para ordenar la ejecución de una tarea a un sitio remoto usando un sistema telerobótico” (Fernández, 2018). Determinado que la inspección visual es esencial para este tipo de robots.

- Henrik Scharfe explico durante una conferencia que “Los robots podrían llegar a espacios como el trabajo, los hoteles, escuelas; hacer las compras” (Scharfe, 2012) determinando que la elaboración de robots son la base para identificar como podrán ser usados en diferentes situaciones como la inspección de distintas áreas confinadas y espacios reducidos de difícil acceso.

- Tony Frias en su página web sustenta que “El “Vuelo en primera persona” o FPV por sus siglas en inglés para "First Person View" (Frias, 2014) se refiere al vuelo con cámara abordo usualmente montada al frente o nariz del avión de tamaño real o a escala, este tipo de vuelo se ha vuelto muy popular porque nos da una "sensación" de estar pilotando desde la misma cabina sin los riesgos y costos que implica volar en un avión” determinando que este tipo de tecnología brinda ciertas ventajas en el control de un modelo no tripulado ya sea aéreo o terrestre.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Ecuador es un país que no basa sus procesos industriales en el desarrollo de nuevas tecnologías sino en el consumo de la misma. De ahí que el desarrollo de la industria de la robótica en el Ecuador es prácticamente nulo. Sin embargo, esto no es impedimento para que se realice la implementación de esta tecnología dentro de las universidades.

Luego de una exhaustiva investigación a nivel interno dentro de la “UGT - ESPE” Sede Latacunga se pudo constatar que el club de robótica no cuenta con un robot explorador de terreno, lo cual hace que surjan problemas en los estudiantes al momento de poner en práctica la teoría con respecto a la electrónica y circuitos adquirida en las aulas de la institución. Para el desarrollo e implementación de este tipo de robot es necesario el diseño y construcción de un modelo didáctico que permita a los estudiantes practicar y experimentar.

Finalmente, la implementación del presente proyecto se lleva a efecto como una herramienta que permita el desarrollo práctico de la teoría y así tener una visión real del desarrollo de la misma, esto se lo logrará planteando prácticas didácticas con las cuales el estudiante podrá resolver sus dudas del mejor método de programación y selección de materiales eléctricos y electrónicos, además de comprender la gran utilidad que representan los micro-controladores en la actualidad.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El desarrollo del presente proyecto tiene como finalidad obtener conocimientos acerca de la implementación y desarrollo de un robot explorador como ayuda prioritaria dentro del desarrollo de los conocimientos, ya que la robótica encierra muchos tópicos y diferentes campos de aplicación, entre ellas la industrial. De existir, sería de gran ayuda tanto para los estudiantes en el desarrollo de sus habilidades en robótica como para los docentes en la enseñanza práctica.

En los concursos de robótica se puede participar en distintas categorías como es la innovación con nuevas tecnologías aplicadas a áreas peligrosas. Este

proyecto puede permitir la inspección visual de tanques de combustibles en las aeronaves lo que permitirá contribuir en el mantenimiento aeronáutico. Se contribuirá también con la comunidad en caso de emergencia, ya que se puede explorar lugares en donde es difícil el acceso humano.

Al implementar el “robot explorador” también se ayuda que los tecnólogos que se especializan en la carrera de Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica obtengan conocimientos teóricos y a la par desarrollen la práctica y como resultado adquieran mayor destreza en la misma, y así, puedan desempeñarse de mejor manera en el campo laboral.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar un robot teleoperado mediante tecnología FPV para la inspección visual en distintas zonas de búsqueda.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aplicar métodos y algoritmos de programación para la ejecución del control de movimientos del proyecto.
- Construir el sistema eléctrico, electrónico y mecánico aplicando métodos funcionales y viables.
- Realizar pruebas operacionales para descartar errores y poder aplicar las correcciones inmediatas al problema en base a la funcionalidad del equipo deseada por el usuario final.

1.6 ALCANCE

El proyecto tecnológico de implementación de un robot de exploración va dirigido a los alumnos de la Carrera de Electrónica de la Unidad de Gestión de Tecnologías, el cual permite la familiarización con prototipos de versiones modernizadas de distintos proyectos robóticos de esta manera se ayudará a un mejor desempeño de los estudiantes en su vida estudiantil y profesional

permitiendo que se experimente en equipos tangibles los métodos de control a distancia, así también el dimensionamiento de circuitos y gestión de cargas en elementos de consumo.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ROBOT TELEOPERADO

En el diseño de Telerobots se desarrollan y aplican las tecnologías para el funcionamiento dirigido de Telerobots en el espacio y en las aplicaciones terrestres. El telerobot dirigido, operando en un sitio, utiliza dispositivos de entrada, como la visualización gráfica, planeando las ayudas para ordenar la ejecución de una tarea a un sitio remoto usando un sistema telerobótico. Las áreas actuales de investigación y desarrollo incluyen: (Fernández, 2018)

- El manipulador y el mando del robot móvil.
- Las arquitecturas del telerobot remotas.
- Procesado, integración, y fusión, del sistema sensorial.
- Tareas interactivas que planea y ejecuta.
- La visualización gráfica de las imágenes sobrepuestas.

2.2 COMPONENTES Y FUNCIÓN

2.2.1 MOTORES DEL SISTEMA DE TRACCIÓN

Este motorreductor consta de un motor de corriente continua, cepillado de **6 V de alta potencia** combinado con una caja de engranajes cilíndricos de metal **46.85: 1**. El motorreductor es cilíndrico, con un diámetro de poco menos de 25 mm, y el eje de salida con forma de D tiene 4 mm de diámetro y se extiende 12,5 mm desde la placa frontal de la caja de engranajes. Las especificaciones clave a 6 V: 200 RPM y 550 mA (máximo) de funcionamiento libre, 115 oz-in (8,5 kg-cm) y 6.5 Ha puesto. (Pololu, 2018). En este tipo de motores se puede utilizar un voltaje sobre dimensionado de 7.4 v ya que no presentará un falla inmediata en el componente porque se mantiene dentro de los rangos máximos y mínimos de operación pues existe una tolerancia de ± 2 voltios. Al estar conectados en paralelo los 4 motores al sistema de control se tiene un consumo de corriente en operación de 2200 mAh, esto representa un aproximado de una hora continua de

funcionamiento. La corriente pico es 6 veces mayor que la nominal, en este caso será 2200 mA x 6 que da como resultado 13200 mA pico, este valor se mantiene constante durante el primer segundo en el que los motores sacan de la inercia al equipo.

2.2.2 TURNIGY NANO-TECH 2S 3000 mAh 90 C

Las baterías Li-Po de tecnología nano-tecnológica de TURNIGY se diseñaron desde cero con un rendimiento serio en mente. Utilizando un sustrato avanzado de nanotecnología que permite que los electrones pasen más libremente del ánodo al cátodo con menos impedancia interna. En breve; menor caída de tensión y mayores tasas de descarga que una batería de polímero de litio de densidad similar (no nano-tecnología). (hobbyking, 2018). La batería con la nomenclatura de 2S tiene como significado que utiliza dos encapsulados (celdas) cada una con una carga de voltaje nominal de 3.7 v que al estar conectadas en serie, suman un voltaje de 7.4 v. El amperaje de esta batería tiene una capacidad de 3000 mAh lo que representa mayor autonomía en el equipo. Los 90 C es un indicador de la capacidad de descarga continua, es decir el consumo máximo de corriente; en este caso la capacidad de amperaje es 3000 mAh x la clasificación c 90 da como resultado un consumo máximo de corriente de 270 A. durante la investigación del presente proyecto se ha podido observar el base a la experiencia de uso con múltiples marcas que fabrican baterías de lipo que el indicador C tiende a ser exagerado en marcas de poco prestigio

2.2.3 ESC

RC ESC 20 A controlador de velocidad del motor del cepillo w / Break DIY para RC Boat Tank SKU: BE000114012841 especificación: 1 pcs 20 A controlador de velocidad del cepillo Función: adelante, atrás, freno Señal de entrada: PPM Voltaje de funcionamiento: 3.0 V --- 9.4 V Tamaño (L * W * H): Aprox. 35 x 22 x 6 mm / 1.37 x 0.86 x 0.24 pulgadas de corriente (A): 20 A (htt) (Hobbyking, 2018). Un controlador Esc es un dispositivo capaz de controlar el sentido de giro, así como las revoluciones por minuto (RPM) de los motores empleados en el proyecto el rango de voltaje que el fabricante propone es 3.0 v mínimo – 9.4 v máximo, tomando en

cuenta que el equipo se energizara con una batería de 7.4 v y la corriente máxima que puede soportar este componente es de 20 A continuos.

2.2.4 RUEDAS

Estas dos ruedas grandes (120 mm de diámetro) coinciden con las del chasis Daug Wild Thumper y se pueden usar como piezas de repuesto o para robots personalizados que necesitan atravesar terrenos complejos y accidentados. Los neumáticos negros están hechos de caucho suave y puntiagudo para una mayor tracción, y los cubos de plástico son de color cromo (plateado). Los adaptadores incluidos le permiten montar fácilmente las ruedas en motores con ejes de salida de 4 mm. Estas ruedas se venden en pares: obtienes dos ruedas, dos adaptadores de 4 mm y una llave hexagonal de 3 mm que coincide con los tornillos del adaptador. (Pololu, 2018). El tamaño de la banda de rodadura en la rueda es de 5 cm y cabe recalcar que el labrado del neumático es unidireccional tomando en cuenta el sentido de tracción principal.

2.2.5 FATSHARK TELEPORTER V5 Y CÁMARA

Estas gafas Teleporter V5 FPV son una función completa, un sistema de visualización y receptor FPV autónomo que incorpora características que normalmente solo se encuentran en modelos de gama alta. Para comenzar a disfrutar de FPV, simplemente alimente las gafas con la batería incluida y conecte la cámara de tierra/transmisor 1G3 a un voltaje de funcionamiento de 3.9 ~ 6.0 voltios de su vehículo RC a bordo. (Siempre revise la polaridad antes de conectar)

El Teleporter V5 presenta tecnología de seguimiento de cabezales digitales que elimina la necesidad de radios especiales RC ya que la pantalla puede acercar la imagen mientras el rastreador controla la ventana de visualización (funciona mejor con una lente gran angular en una cámara fija). El rastreador de cabeza también es compatible con la cámara montada en servo pan/tilt tradicional con radios equipados con entrenador.

La cámara suministrada incorpora un transmisor de 1.3 GHz de 25 mW dentro de una carcasa de una pieza que ha sido diseñada específicamente para que sea resistente a salpicaduras, de modo que la cámara también se pueda utilizar con vehículos terrestres. (Hobbyking, 2018). Las gafas poseen una batería de lipo la misma que suministra la energía necesaria con un voltaje de 7.4 v y una corriente de 1 A, a través de un plug de conexión macho de 6 mm con un consumo aproximado de 350 mAh, el peso del equipo sin la batería es de 163 g y tiene puertos de entrada y salida de video de 3.5 mm y esta cuenta con el sistema de headtracking a través de un cable ps2, que se debe conectar al puerto training del control remoto. La cámara es unibody e incorpora un receptor de imagen de un tercio de pulgada, el sistema de codificación analógica NTSC, la antena tipo omnidireccional y un conector universal tipo "S" hembra de tres pines para energizar el equipo directamente desde el receptor u otra fuente de alimentación que no exceda los 5 voltios.

2.2.6 SERVO MOTOR

El servo SG90 Tower Pro es un servo miniatura de gran calidad y diminutas dimensiones, además es bastante económico. Funciona con la mayoría de tarjetas electrónicas de control con micro controladores y además con la mayoría de los sistemas de radio control comercial. Funciona especialmente bien en aeronaves dadas sus características de torque, tamaño y peso.

El servo SG90 tiene un conector universal tipo "S" que encaja perfectamente en la mayoría de los receptores de radio control incluyendo los Futaba, JR, GWS, Cirrus, Hitec y otros. Los cables en el conector están distribuidos de la siguiente forma: Rojo = Alimentación (+), Café = Alimentación (-) o tierra, Orange = Señal PWM.

Este tipo de servo es ideal para las primeras experiencias de aprendizaje y prácticas con servos, ya que sus requerimientos de energía son bastante bajos y se permite alimentarlo con la misma fuente de alimentación que el circuito de control. Por ejemplo, si se conecta a una tarjeta arduino, se puede alimentar durante las pruebas desde el puerto USB de la PC sin mayor problema. (mercadolibre,

2018). El servomotor funciona con un voltaje óptimo de 5 V, que se obtiene desde el receptor. El consumo del servomotor es de 100 miliamperios. El mecanismo del servomotor permite realizar giros de 180 grados en sentido horario y anti horario mismo que se pretende emplear en el sistema de base móvil para la cámara FPV.

2.2.7 RADIOCONTROL Y RECEPTOR SPEKTRUM

El DX7s está equipado con la programación Spektrum AirWare que fue desarrollada exclusivamente por Spektrum desde cero. Tiene todas las funciones que un piloto de avión o helicóptero podría querer, pero no es necesario ser un experto para usarlas. La interfaz intuitiva SimpleScroll™ hace que navegar por los menús y cambiar la configuración sea tan simple como "rodar y hacer clic". (spektrumrc, 2014). El radiocontrol funciona con una batería interna recargable de 4.8 v y una corriente de 2000 miliamperios, en una frecuencia libre de 2.4 GHz que es la frecuencia libre para prototipos a radiocontrol. El receptor funciona con un voltaje de alimentación de 5 v y es el encargado de recibir la señal codificada que envía el radiocontrol para de esa manera poder operar distintos dispositivos electrónicos a distancia.

2.3 PROTOCOLOS DE RADIOCONTROL

Los protocolos de las emisoras suelen estar asociados a cada una de las marcas que las fabrican. (autorrio, 2016), el radiocontrol DX7s emplea un protocolo de modulación propietario del fabricante denominado DSM (Digital Spectrum Modulation) el cual ha sido destacada pues su resolución de 4096 bits y respuesta de 5,6 milisegundos generando bajo ruido y ninguna interferencia tanto con otros equipos así como con otros controles de la misma marca que se encuentren operando en el mismo espacio.

2.3.1 PWM (Modulación por Ancho de Pulsos)

Este es el protocolo más antiguo. Sus inicios se remontan al uso de los aviones y coches RC, los cuales, requieren el uso de servos para mover las superficies de

control. Cada canal tiene asignado un servo, por lo que al menos se necesitaban 3 -4 servos para poder cubrir todos los movimientos. Hoy en día, todavía se utiliza en drones, pero requiere un mayor cableado y 4-5 canales como mínimo para que pueda funcionar correctamente. (autorrio, 2016)

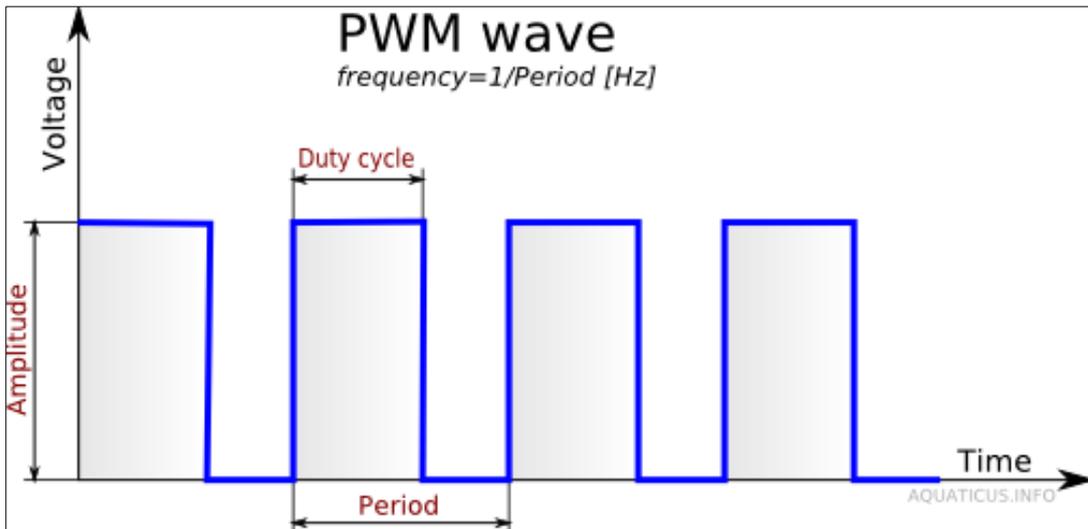


Figura 1 Ciclo PWM

AUTOR: (spektrumrc, 2014)

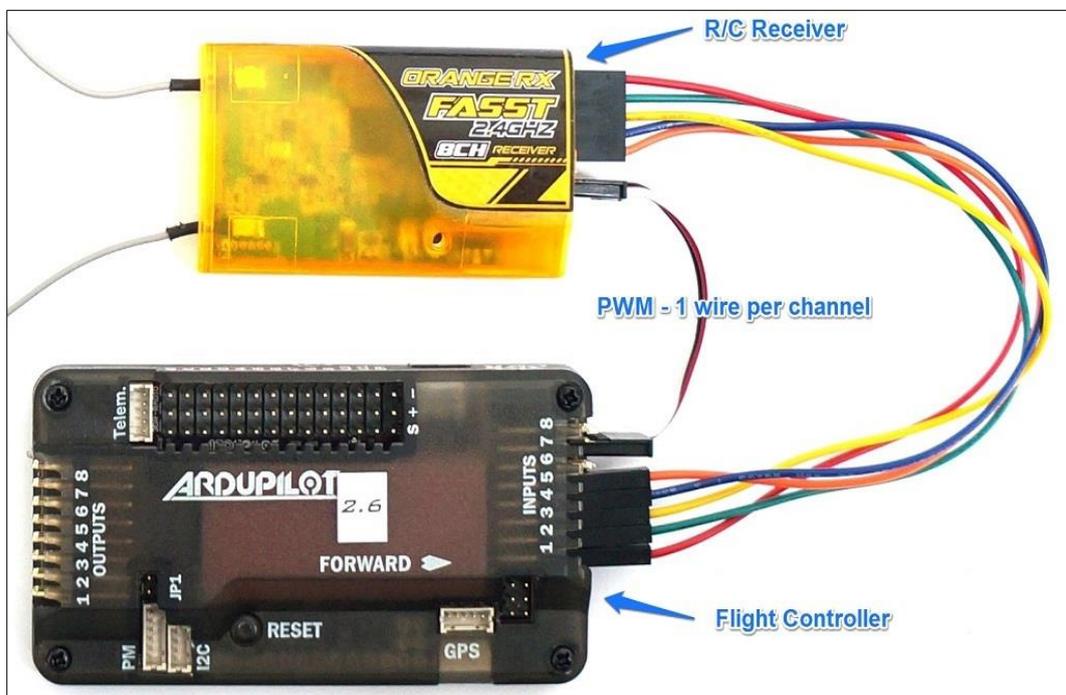


Figura 2 Conexión PWM

AUTOR: (spektrumrc, 2014)

2.3.2 PPM MODULACIÓN DE POSICIÓN DE PUNTOS

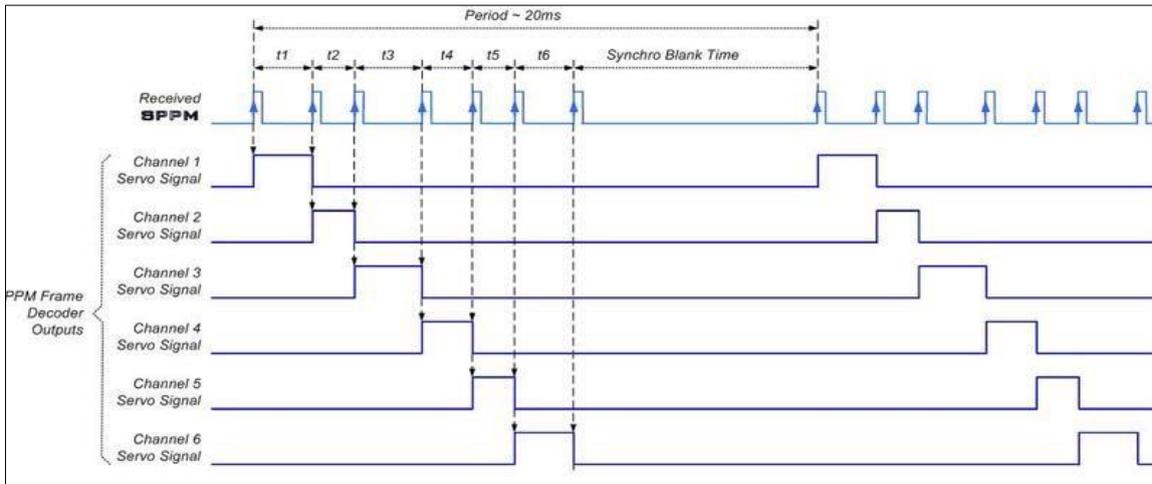


Figura 3 PPM

Autor: (spektrumrc, 2014)

Este sistema conocido como el CPPM tiene la ventaja que solo se utiliza un cable para la señal de varios canales. Solo con el positivo y negativo junto con el cable de señal será suficiente para los diferentes canales funcionando. Las señales que pasan a través del cable de señal están basadas en PWM pero moduladas de forma diferente. Sigue siendo analógica y las señales se manda una tras otra en por el mismo cable. (autorrio, 2016)

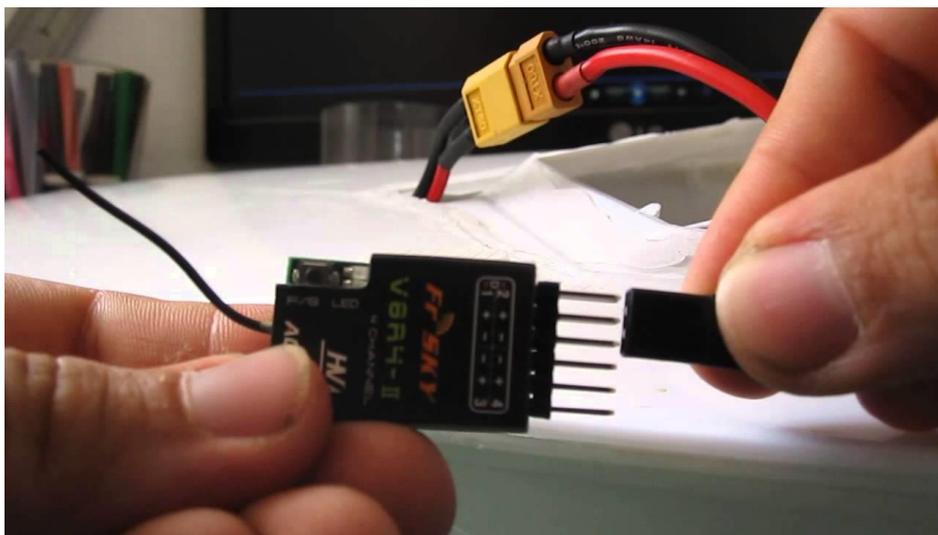


Figura 4 Conexión PPM

Autor: (spektrumrc, 2014)

2.3.3 PCM (Pulse Code Modulation)

El PCM o modulación por código de pulso funciona parecido al Sistema PPM. En este caso la señal es digital. Se supone que este sistema evita posibles problemas de errores o fallos en las señales en comparación con las analógicas. Como todo lo bueno, hay que pagarlo. El sistema implica una mejora de hardware con respecto al PPM Y PWM, pero también lo hace más fiable. (autorrio, 2016)

2.3.4 SBUS

Este tipo de protocolos de comunicación lo utiliza Futaba y Frsky. Puede llegar a soportar hasta 18 canales a través de un solo cable de señal. La señal que utiliza es del tipo UART. (autorrio, 2016)

2.3.5 IBUS DSMX

El IBUS lo acaba de sacar FlySky como su protocolo de comunicaciones. Es un sistema de envío y recepción de datos. Lleva un puerto para la salida de datos del servo y otro para los sensores. (autorrio, 2016)

CAPITULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 REQUERIMIENTOS DEL USUARIO FINAL

Para la planificación y posterior toma de decisiones se requiere que quien figura como usuario final del prototipo determine los requisitos que pretende satisfacer el equipo, por lo tanto se desarrolló la siguiente tabla que permite organizar los mismos y que al término del trabajo se demuestre su cumplimiento en base a las pruebas operacionales.

Tabla 1
Requerimientos del usuario final

Orden	Característica	Observación
1	Desplazamiento	Adelante, Atrás, Izquierda y Derecha.
2	Ascenso	Pendiente de 45°
3	Impermeabilizado	Parcial
4	Inspección visual	Tiempo real
5	Autonomía	Mayor a 15 minutos continuos
6	Fuente de alimentación	Recargable
7	Control	Spektrum DX7S

3.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN A LOS REQUERIMIENTOS

Las alternativas de solución se toman en base a los requerimientos previamente planteados por el usuario final de dicho equipo y la satisfacción del mismo en función a distintas alternativas de componentes que se pueden utilizar en el equipo, algunos con menor costo u otros con mayores beneficios para el equipo, cabe destacar que se debe tomar en cuenta que el equipo que se construya será único pues en el mercado no existen robots que cuenten con las características y prestaciones que se le pretenden dar al presente trabajo y por esta razón no se podrá adquirir un equipo armado y listo para operar de esta naturaleza en el mercado nacional o internacional.

Tabla 2

Alternativas de solución a los requerimientos

Orden	Características	Alternativa 1	Alternativa 2
1	Desplazamiento	Esc's	Arduino y puente H
2	Ascenso	Pololu 50:1	Pololu 75:1
3	Impermeabilización	Silicona negra	Silicona blanca
4	Inspección visual	Teleporter V5	Teleporter V3
5	Autonomía	Lipo 2s 3A	Ni-Nh 1A
6	Fuente de alimentación	Batería lipo	Batería Ni-Mh
7	Control	Control Spektrum	Modulo Bluetooth

3.3 Comparación de los componentes

3.3.1 Esc's 20 A para motor DC

Se utiliza 2 Esc's ya que cada uno maneja un canal y se necesitan 2 para realizar un movimiento continuo y controlado en distintos sentidos de acuerdo a la configuración, el Esc funciona óptimamente con una alimentación de 7.4 V y soportan el paso continuo de 20 A por canal, se recomienda evitar habilitar el freno del Esc pues esto impide que se ejecute el cambio de giro del motor.

3.3.2 Impermeabilizado parcial

Se utilizó la silicona negra por el precio y las características que presenta a momento de brindar una capa protectora ante el polvo y el agua a diferencia de la opción de silicón blanco esta tiene un mayor rango de temperatura de operación y una resistencia parcial a los solventes, así como una mejor adhesión a superficies metálicas.

3.3.3 Inspección visual en tiempo real

La mejor alternativa es utilizar el dispositivo FPV teleporter v5 de la marca fatshark por su relación costo y beneficio ya que brinda un encapsulado en la cámara donde se tiene el sistema de transmisión de video junto a la antena y cámara en un espacio muy reducido, lo que brinda facilidad y seguridad al momento de su

manipulación y uso así también brinda una considerable reducción de espacio de uso en el habitáculo que se le proporciona.

3.3.4 Autonomía mayor a 15 minutos continuos

Para obtener una mayor autonomía en un prototipo robótico se debe utilizar una batería con un gran uso de corriente como en este caso se tiene la batería TURNIGY nanotech de 3A que entrega mayor corriente a todos los elementos que se encuentran en uso al momento de utilizar el equipo, la opción a considerar es la de 1A aunque tiene la misma entrega de corriente pero en un tiempo más corto llegando al límite mínimo o incluso menos de acuerdo al uso, la batería de 3A es más pesada que la de un 1A lo que beneficia a dicha batería en relación de pesos.

3.3.5 Fuente de alimentación del prototipo recargable

Las baterías de polímero de litio o lipo tienen un mayor c de descarga o mejor expresado son un tipo de baterías que al momento de utilizarlas tenemos mayor entrega de corriente en un determinado tiempo, por lo mismo un mejor desempeño de los dispositivos utilizados y por su tecnología de carga y descarga en una alternativa muy fiable al momento de utilizarlas en prototipos robóticos en comparación a cualquier otra batería que se encuentra en el mercado, la batería níquel cadmio presenta mayor vida útil en función a la descarga producida al mínimo y ante posibles cortos que se puedan presentar porque es una batería seca.

3.3.6 Control a distancia

La mejor forma de controlar un dispositivo a distancia y tener facilidad al momento de operar un prototipo robótico, es un radiocontrol por su ergonomía y facilidad de operación así como la distancia de operación es mucho mayor que la tecnología bluetooth utilizada en dispositivos similares con igual número de características y una comunicación con un alto grado de inestabilidad a causa de frecuencias parasitas producidas por los mismos dispositivos utilizados en el proyecto como son los motores o la misma frecuencia de transmisión empleada en la codificación del video.

3.4 DISEÑO DE PIEZAS

Las piezas del robot se diseñan en el software FUSION 360 para tener la dimensión correcta de las piezas a cortar.

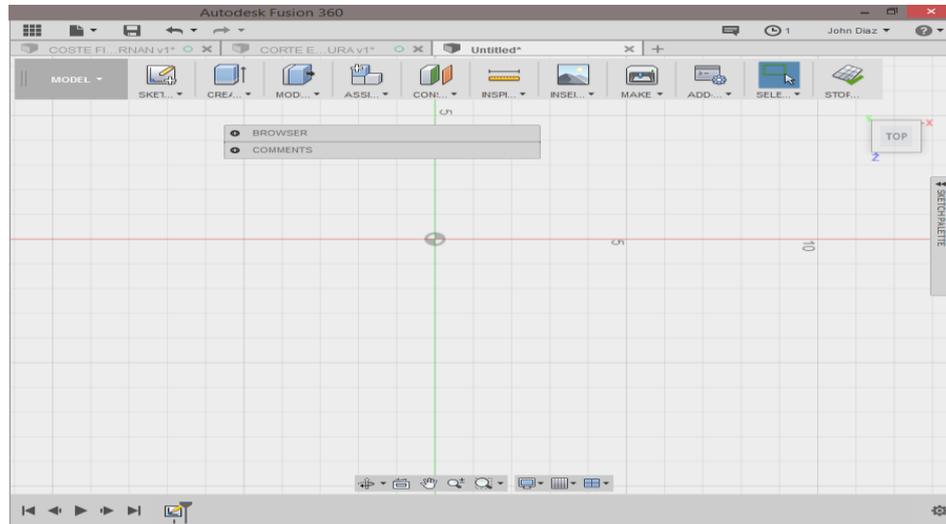


Figura 5 Interfaz de diseño

Los componentes se diseñan y modelan para luego ser cortados por chorro de agua a alta presión.

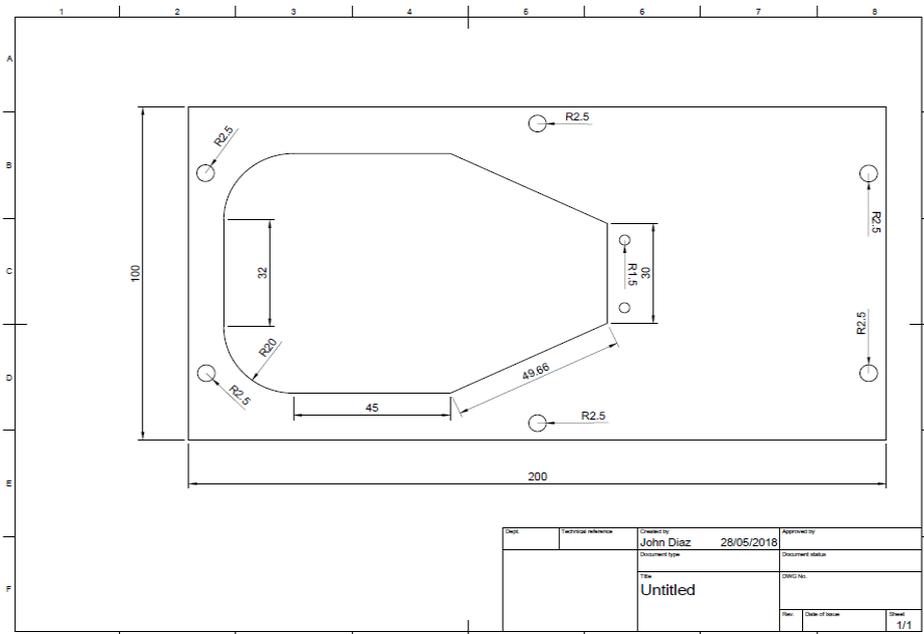


Figura 6 Tabla superior

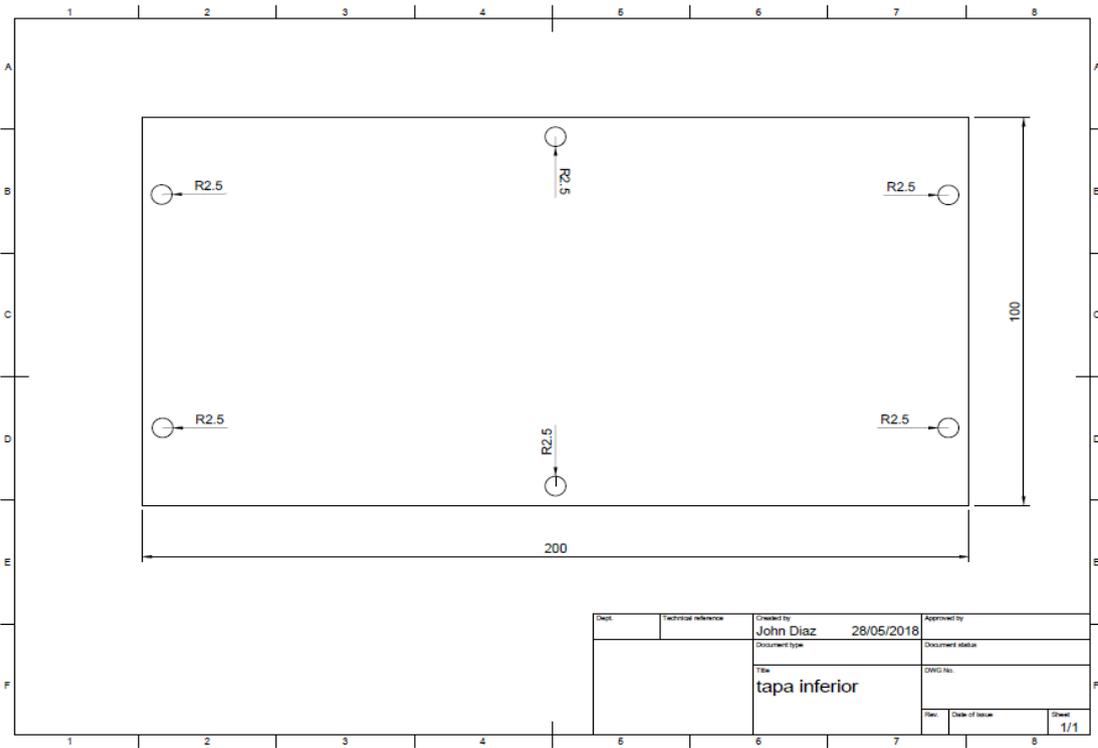


Figura 7 Tabla inferior

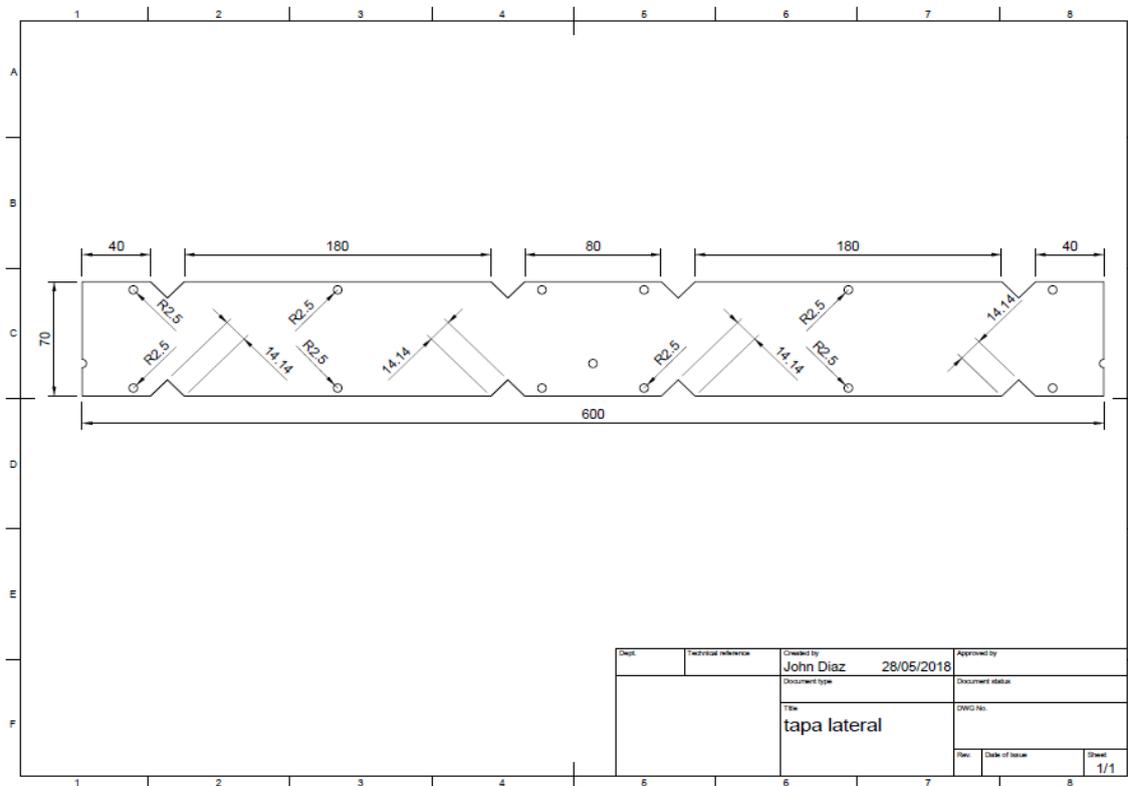


Figura 8 Estructura lateral

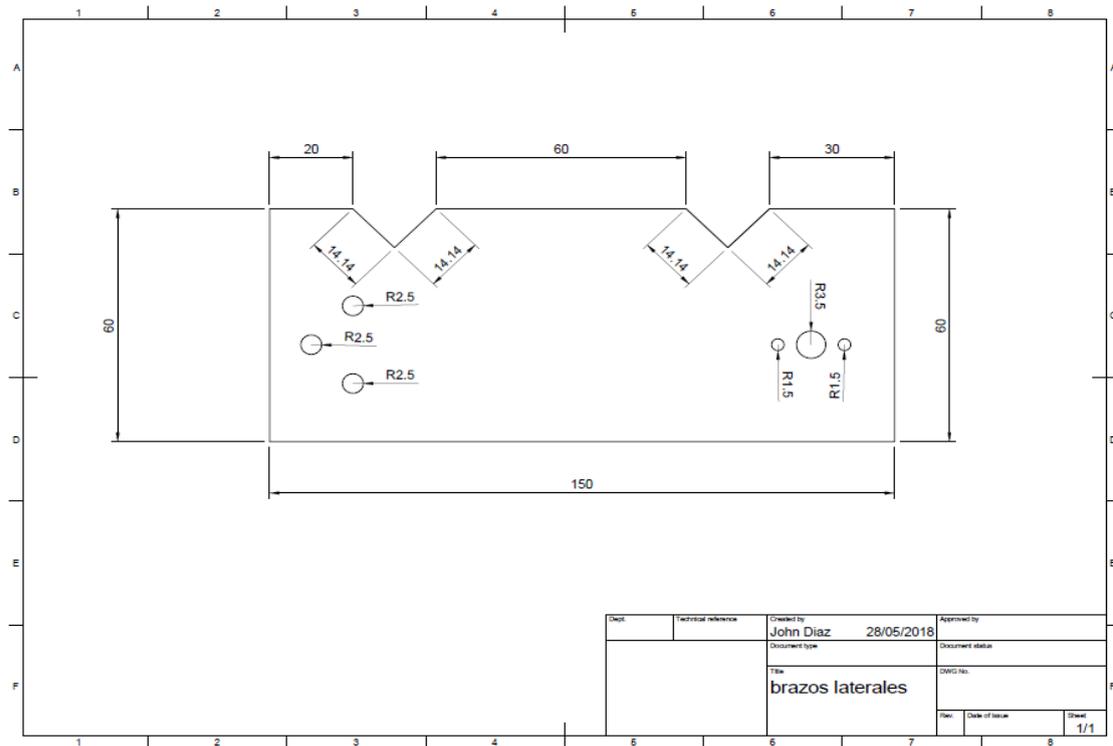


Figura 9 Brazos

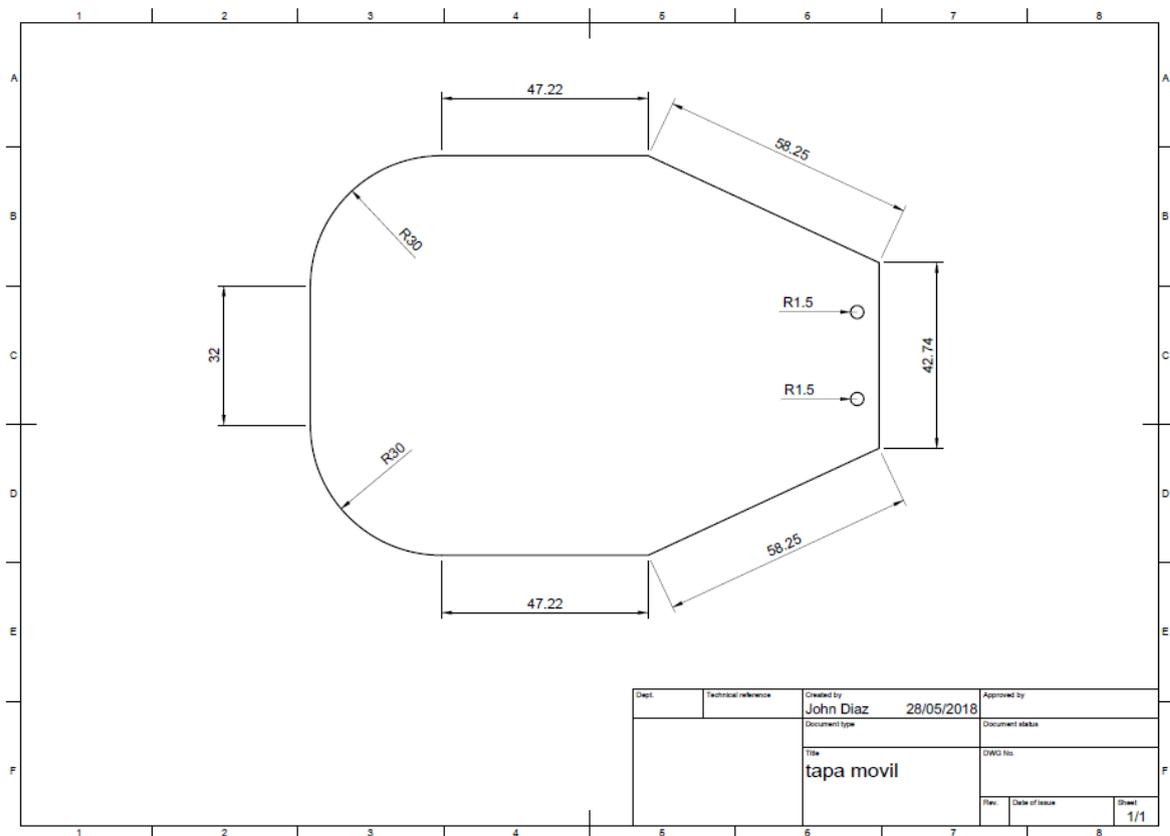


Figura 10 Tapa superior móvil

Los soportes tracking utilizados en el proyecto se diseñaron utilizando el programa de diseño y modelado FUSION 360, en el mismo se puede considerar el tipo de material a utilizar y las dimensiones exactas de los equipos a utilizar.

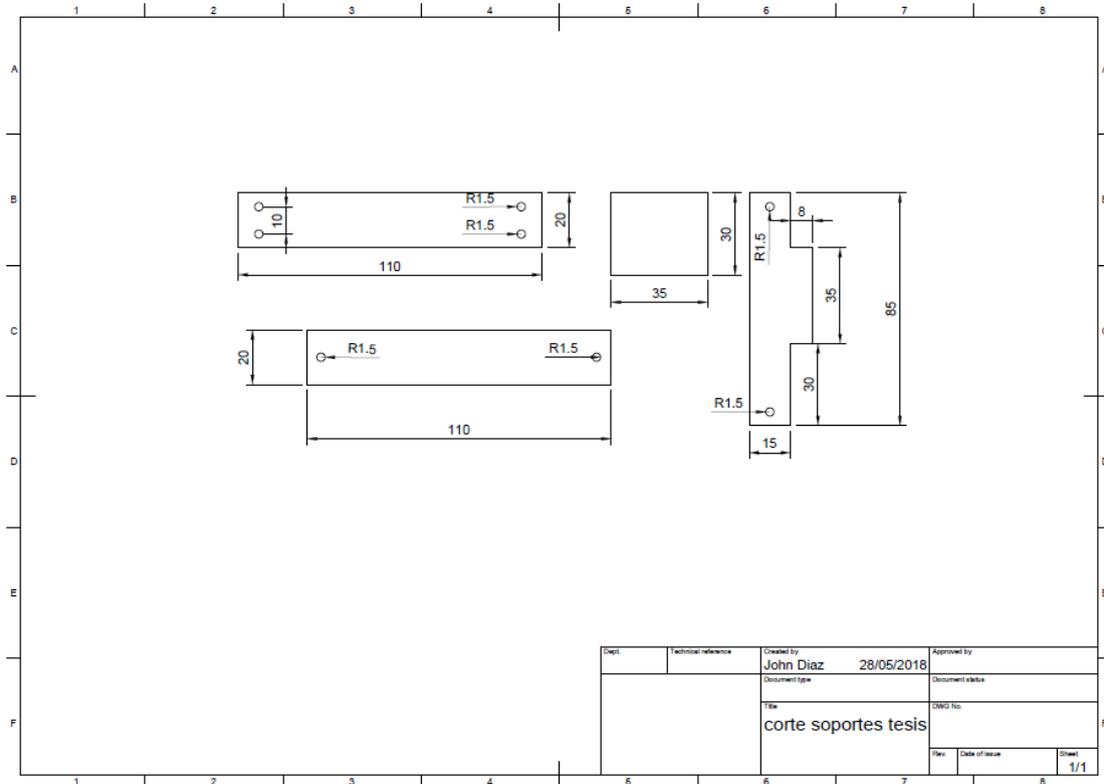


Figura 11 Soportes tracking

3.5 Ensamblaje

El corte de las pizas se realizó por chorro de agua, ya que brinda mayor exactitud al momento de unir las piezas para armarlas. Las piezas cortadas y dobladas en un ángulo de 90' son atornilladas junto a los 4 motores y las dos tapas: superior e inferior.

3.6 Conexión eléctrica tracción

Se procede a soldar los cables a las terminales de los motores para posteriormente conectar dichos motores a los 2 Esc de esta manera conectar los

Esc a el receptor y la alimentación de los motores mediante una batería lipo conectada a la alimentación de loes Esc.

3.5.3 conexión eléctrica tracking

Los 4 servomotores poseen conectores que van de forma directa al receptor para recibir la señal y la energía necesaria para realizar los movimientos recibidos desde el radiocontrol.

3.5.4 conexión cámara

La energía necesaria para alimentar la cámara es suministrada desde la batería lipo de 2S hacia el receptor y adquirida desde el mismo ya que posee un sistema de transmisión interno

3.6 Diagrama eléctrico de conexión

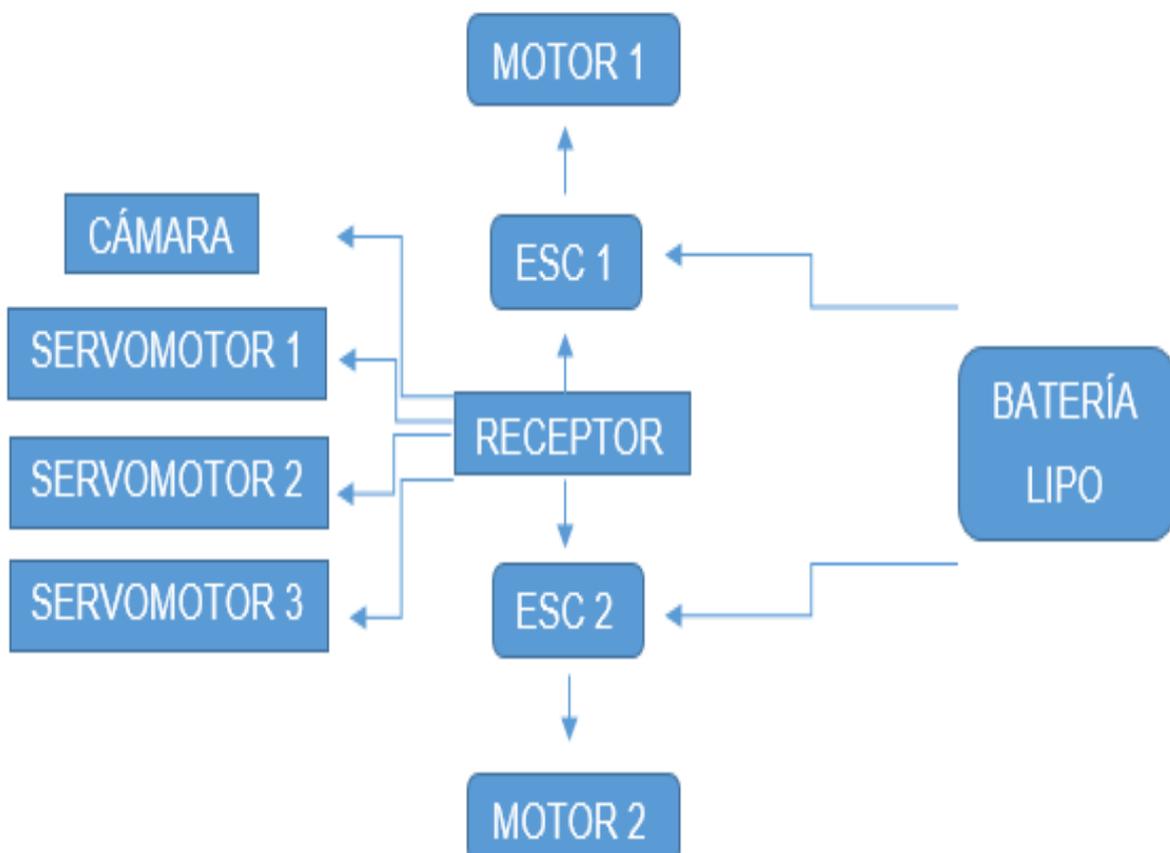


Figura 12 Diagrama eléctrico de conexión

3.7 Diagrama eléctrico

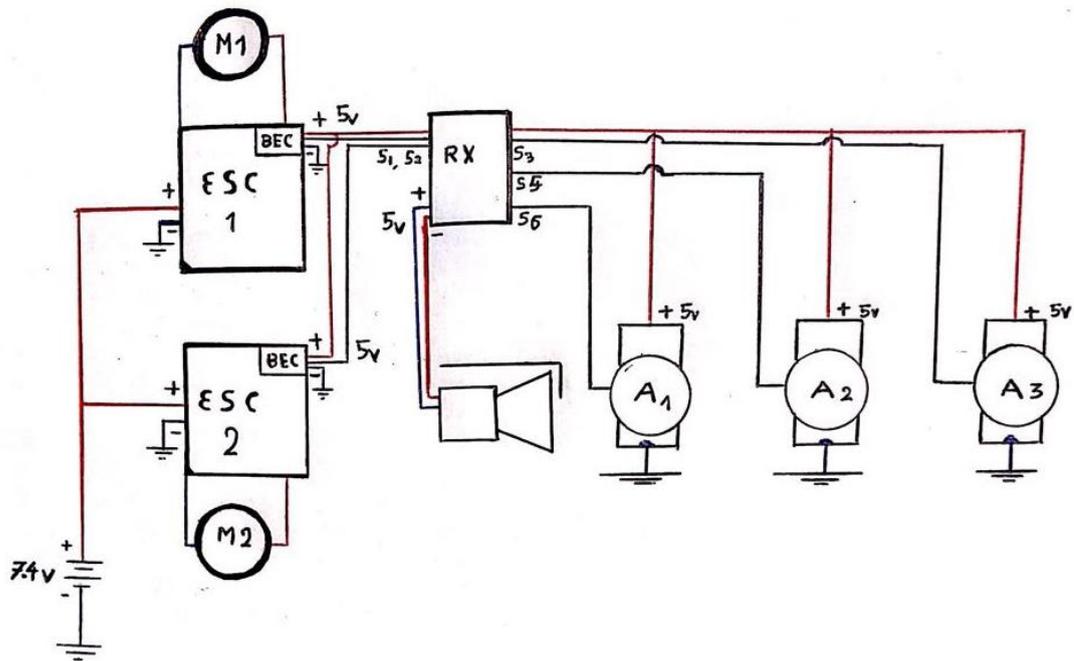


Figura 13 Diagrama eléctrico

3.7 Pruebas operacionales

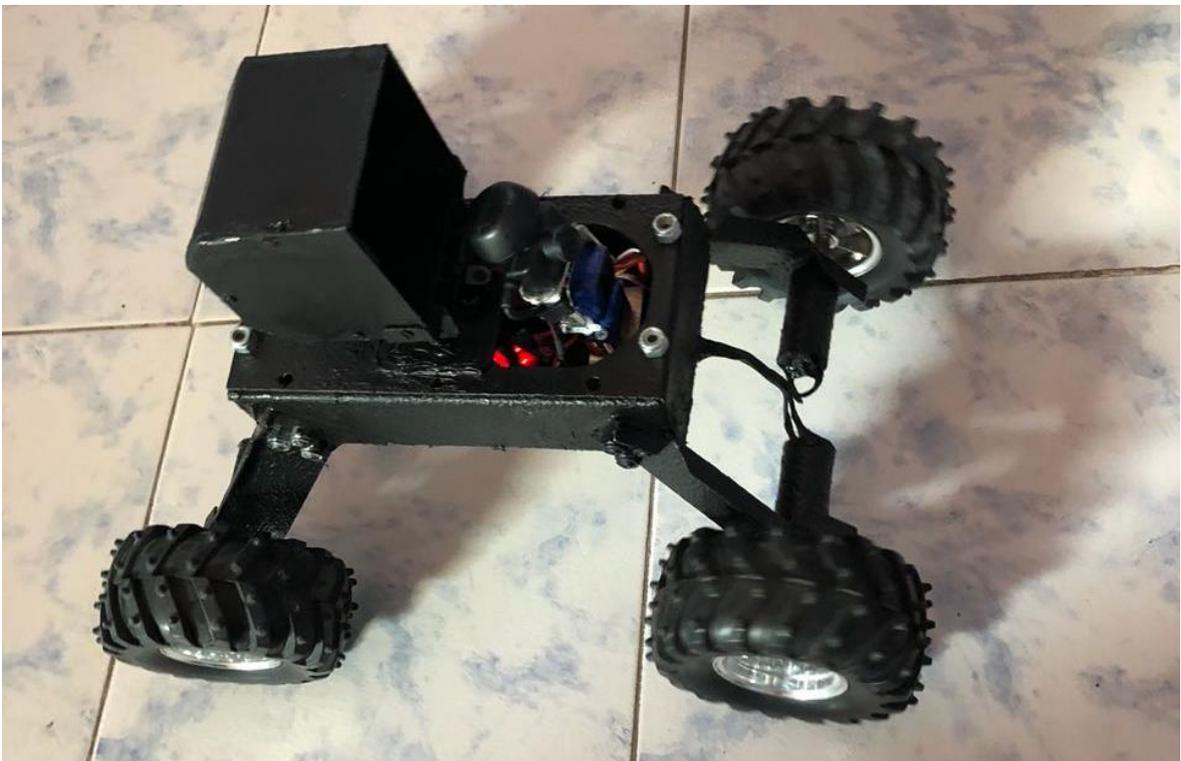


Figura 14. Pruebas operacionales

Al momento de realizar las pruebas operacionales tiene un rango de operación de 64 m lineales de operación en línea de vista sin ningún obstáculo que permite realizar las operaciones con normalidad y eficiencia, al momento de superar este rango se pierde el control del equipo.

Tabla 3

Costos

Detalle	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Motores Pololu	6	\$50,00	\$300,00
ESC	2	\$70,00	\$140,00
Radio control y receptor SPEKTRUM DX7s	1	\$400,00	\$400,00
Fat Shark Cámara de video	1	\$110,00	\$110,00
Fat Shark Gafas de video	1	\$220,00	\$220,00
Estructura Robot	1	\$160,00	\$160,00
ferreteria	1	\$70,00	\$70,00
Ruedas Pololu	4	\$15,00	\$60,00
Batería	1	\$55,00	\$55,00
TOTAL			\$1565,00

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- El control de movimientos del proyecto utilizan esc's para el control de tracción al adquirir la señal desde el receptor y decodificarla para tener un control pwm en función a la frecuencia adquirida y a su vez el sentido de giro.
- El sistema eléctrico, presente en el proyecto esta dimensionado para soportar cargas de alto amperaje y a su vez considerando el alto índice de descarga que proporciona la tecnología lipo y así obtener su máximo rendimiento en función al uso de altos índices de corriente.
- Las pruebas operacionales para descartar errores dieron como finalidad un mejor prototipo sin errores para el usuario final.

4.2 RECOMENDACIONES

- Evitar la sobrecarga de los esc's al someternos a un uso continuo extenso ya que al calentarse demasiado se pueden quemar.
- Al momento de realizar un mantenimiento interno en el prototipo se debe tener cuidado de no ingresar líquidos o materiales corrosivos dentro del compartimiento interno.
- Al momento de realizar pruebas con el prototipo se debe considerar el uso adecuado del mismo y no sobre esforzarlo a condiciones y ambientes no idóneos para su diseño.

BIBLIOGRAFÍA

- (s.f.). Obtenido de <https://www.amazon.com/Brush-Motor-Speed-Controller-Brake/dp/B071JMW7L9>
- autorrio, t. (24 de 05 de 2016). *fpvmax*. Obtenido de <http://fpvmax.com/2017/07/28/protocolos-comunicacion-drones/>
- Fernández, V. G. (3 de Mayo de 2018). *Materiales didácticos de Control y Robotica*. Obtenido de http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0204/cyr_01/robotica/teleoperado.htm#arriba
- Frias, T. (17 de agosto de 2014). *Club RC del Desierto*. Obtenido de <http://rc-saltillo.yolasite.com/fpv-uav/que-significa-fpv-o-uav-hobbyking>.
- (03 de mayo de 2018). *hobbyking*. Obtenido de hobbyking: https://hobbyking.com/es_es/turnigy-battery-nano-tech-3000mah-2s-25-50c-lipo-pack-xt-60.html
- Hobbyking. (3 de mayo de 2018). *hobbyking*. Obtenido de https://hobbyking.com/en_us/fatshark-teleporter-v5-fpv-goggles-urban-camo-w-1g3-ground-camera.html
- mercadolibre. (05 de mayo de 2018). *mercadolibre*. Obtenido de https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-457371353-mini-micro-servomotor-sg90-9g-tower-pro-arduino-robotica-_JM
- Pololu. (03 de mayo de 2018). *pololu*. Obtenido de pololu: <https://www.pololu.com/product/1574>
- Scharfe, H. (15 de junio de 2012). *gestion*. Obtenido de <https://gestion.pe/tecnologia/robotica-trata-reemplazar-humanos-aprender-13381>
- spektrumrc. (15 de Mayo de 2014). *spektrumrc*. Obtenido de <https://www.spektrumrc.com/Products/Default.aspx?ProdId=SPM7800>

ANEXOS