



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y  
MECÁNICA**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE:**

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN  
AVIONES**

**TEMA: “IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE  
VUELO DEL AEROMODELO CHEETAH PROPULSADO POR EL  
MOTOR JETCAT-P80 PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE  
TECNOLOGÍAS, DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS  
ARMADAS –ESPE”**

**AUTOR: CAIZAPASTO SÁNCHEZ ESTEBAN DAVID**

**DIRECTOR: TLGO. PROAÑO ALEJANDRO**

**LATACUNGA  
2016**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**  
**UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**

**CERTIFICACIÓN**

Tlgo. Alejandro Proaño

**CERTIFICA**

Que el trabajo titulado “IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE VUELO DEL AEROMODELO CHEETAH PROPULSADO POR EL MOTOR JETCAT-P80 PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS, DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE” Realizado por ESTEBAN DAVID CAIZAPASTO SÁNCHEZ con C.I. 171816683-6 ha sido revisado y guiado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE en el reglamento de estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (PDF).

Autoriza a Esteban David Caizapasto Sánchez que lo entregue a la Ing. Lucía Guerrero Rodríguez en calidad de Directora de la Carrera de Mecánica Aeronáutica.

Latacunga, Marzo 2016

---

Tlgo. Alejandro Proaño  
DIRECTOR

# UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

## UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

### AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Esteban David Caizapasto Sánchez

Declaro que:

El proyecto de grado denominado “IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE VUELO DEL AEROMODELO CHEETAH PROPULSADO POR EL MOTOR JETCAT-P80 PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS, DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE”, ha sido desarrollado en base a una investigación científica exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la biografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Marzo 2016

---

Esteban David Caizapasto Sánchez

C.C: 171816683-6

# UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

## UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

### AUTORIZACIÓN

Yo, Esteban David Caizapasto Sánchez

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE la publicación en la biblioteca virtual de la Institución, del trabajo “IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE VUELO DEL AEROMODELO CHEETAH PROPULSADO POR EL MOTOR JETCAT-P80 PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS, DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusividad responsabilidad y autoría.

---

Esteban David Caizapasto Sánchez

C.C: 171816683-6

Latacunga, Marzo 2016

## DEDICATORIA

El presente trabajo me gustaría dedicarlo a mis padres Ramiro y Mónica que son las personas más importantes de mi vida, gracias a su amor y valores que me encaminaron e inculcaron en mi las ganas de superarse y prepararse día tras día, Ellos me han demostrado que existen muchos obstáculos en el transcurso de la vida, que hay que superarlos con esfuerzo y sacrificio, son y serán mi ejemplo de trabajo y superación, finalmente quisiera dedicar este Proyecto de Grado a mi hermano y sobrino que siempre me han apoyado en mis decisiones y han sido para mí una gran compañía que llena de alegría mi vida.

Esteban David Caizapasto Sánchez

## **AGRADECIMIENTO**

Son muchas las personas que han contribuido para que este Proyecto de Grado haya sido cristalizado y como tal quiero dedicarles estas líneas en señal de agradecimiento.

A Dios y a mis padres, Ramiro e Mónica quienes me han sabido guiar por el camino del bien y la sabiduría, brindándome incondicionalmente su apoyo moral y económico.

A mi hermano Ismael y sobrino Matías que con su amor y cariño siempre han estado a mi lado en todos aquellos momentos importantes en mi vida.

A mis amigos que han estado conmigo en las situaciones buenas y malas de la vida.

Por último quiero agradecer a todos los docentes que forman parte de la Unidad de Gestión de Tecnologías, en especial al Tlgo. Alejandro Proaño tutor del proyecto de grado.

Esteban David Caizapasto Sánchez

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN .....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
CAPÍTULO I .....	1
EL TEMA.....	1
1.1 ANTECEDENTES .....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	2
1.4 OBJETIVOS .....	3
1.4.1 OBJETIVO GENERAL .....	3
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
1.5 ALCANCE .....	4
CAPÍTULO II .....	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 MOTOR DE TURBINA .....	5
2.2 TOMA DE AIRE.....	6
2.3 COMPRESOR.....	7
2.4. CÁMARAS DE COMBUSTIÓN .....	8
2.5 TURBINA .....	9
2.6 INFORMACIÓN SOBRE EL MOTOR JETCAT P80SE .....	10
2.6.1 INFORMACIÓN TÉCNICA .....	10
2.6.2 CARACTERÍSTICAS.....	11
2.7 LA RADIOCOMUNICACIÓN .....	11
2.7.1 ANTENAS .....	12
2.7.2 FRECUENCIA .....	13

2.7.3 TRANSMISIÓN .....	13
2.7.4 RECEPTOR .....	14
2.8 SERVOS .....	15
2.8.1 TIPOS DE SERVOS.....	16
2.9 BATERÍAS.....	18
2.10 TREN DE ATERRIZAJE.....	19
2.10.1 CLASIFICACIÓN POR SU UBICACIÓN .....	20
2.10.2 TIPOS DE TREN DE ATERRIZAJE .....	20
2.11 CONTROLES DE VUELO .....	22
2.11.1 LOS TRES PLANOS .....	22
2.11.2 CONTROL DE CABECEO, ALABEO Y GUIÑADA. ....	24
2.11.3 SISTEMAS DE COMPENSACIÓN.....	26
2.11.4 ELEVONES.....	27
CAPÍTULO III .....	29
DESARROLLO DEL TEMA.....	29
3.1 PRELIMINARES.....	29
3.2 DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	30
3.2.1 SELECCIÓN DEL TIPO DE SERVOS .....	30
3.2.2 DATOS CARACTERÍSTICOS SERVO PROTEK RC100SS.....	31
3.2.3 SELECCIÓN DEL TIPO DE TREN DE ATERRIZAJE.....	32
3.2.4 DATOS CARACTERÍSTICOS DEL TREN DE ATERRIZAJE RETRÁCTIL..	32
3.2.5 SELECCIÓN DEL RADIO CONTROL.....	35
3.3 INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE CONTROL DE VUELO.....	37
3.3.1 INSTALACIÓN GENERAL DE LOS SERVOS. ....	37
3.3.2 SERVOS EN LOS FLAPS.....	39
3.3.3 SERVOS EN ELEVONES .....	40
3.3.4 SERVO DEL RUDDER .....	41
3.3.5 INSTALACIÓN DE TRENES DE ATERRIZAJE. ....	42
3.3.6 ACOPLAMIENTO DE RUDDER CON DIRECCIÓN DE GIRO DEL TREN DE NARIZ .....	48
3.4 PROGRAMACIÓN DE LOS SERVOS .....	50
3.4.1 FLAPS.....	51
3.4.2 SERVOS DE ELEVONES .....	52



3.4.3 TRENES DE ATERRIZAJE .....	53
3.4.4 RUDDER CON DIRECCIÓN DE GIRO DEL TREN DE NARIZ.....	53
3.5 CONFIGURACIÓN DEL MOTOR JETCAT P80.....	54
3.5.1 INSTALACIÓN DEL MOTOR .....	54
3.5.2 ESCAPE DEL MOTOR .....	59
3.5.3 PROGRAMACIÓN DE PARÁMETROS .....	60
3.6 MANUALES DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN.....	65
3.7 DIAGRAMA DE PROCESOS.....	90
3.7.1 DIAGRAMA DE PROCESOS DE INSTALACIÓN DE LOS FLAPS.....	90
3.7.2 DIAGRAMA DE PROCESOS DE LA INSTALACIÓN DE ELEVONES.....	92
3.7.3 DIAGRAMA DE PROCESOS PARA LA INSTALACIÓN DEL RUDDER Y LA DIRECCIÓN DE LA RUEDA .....	93
3.7.4 DIAGRAMA DE PROCESOS PARA LA INSTALACIÓN DE LOS TRENES DE ATERRIZAJE. ....	94
3.7.5 DIAGRAMA DE PROCESOS DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE .....	97
3.7.6 DIAGRAMA DE PROCESOS DEL SISTEMA DE PROPANO.....	98
3.8 CUADRO DE PRUEBAS OPERACIONALES .....	99
3.9 PRESUPUESTO .....	99
3.9.1 ANÁLISIS DE COSTOS .....	100
CAPÍTULO IV.....	102
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	102
4.1 CONCLUSIONES.....	102
4.2 RECOMENDACIONES .....	102
GLOSARIO .....	104
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	106
ANEXO.....	108

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Partes que conforman el sistema de control de vuelo .....	29
Tabla 2: Características de los servos .....	31
Tabla 3: Características del tren de nariz .....	32
Tabla 4: Características del kit de aire .....	33
Tabla 5: Características de los trenes principales .....	34
Tabla 6: Características de neumáticos ranurados .....	34
Tabla 7: Características del control transmisor .....	36
Tabla 8: Características del receptor.....	37
Tabla 9: Canales del receptor .....	51
Tabla 10: Dimensiones del escape .....	59
Tabla 11: Diagrama de procesos .....	90
Tabla 12: Proceso de instalación de los flaps .....	91
Tabla 13: Proceso de instalación de los elevones.....	92
Tabla 14: Proceso de instalación del rudder y dirección de rueda .....	93
Tabla 15: Proceso de instalación del tren de nariz.....	95
Tabla 16: Proceso de instalación de los trenes principales.....	96
Tabla 17: Proceso de instalación del sistema de combustible .....	97
Tabla 18: Proceso de instalación de sistema de propano .....	98
Tabla 19: Cuadro de pruebas operacionales.....	99
Tabla 20: Costos primarios.....	100
Tabla 21: Costos secundarios .....	101
Tabla 22: Total costos del proyecto de grado.....	101

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Bola wind.....	5
Figura 2: Turbo Jet HeS 3B.....	6
<b>Figura 3:</b> Entrada de Aire .....	6
<b>Figura 4:</b> Flujo de aire .....	7
Figura 5: Compresor de turbina.....	8
<b>Figura 6:</b> Cámara de combustión .....	8
<b>Figura 7: Flujo de aire en las cámaras</b> .....	9
<b>Figura 8: Turbina</b> .....	10
Figura 9: Radio ondas en la atmósfera .....	12
<b>Figura 10:</b> Antena .....	13
Figura 11: Señal modulada .....	14
<b>Figura 12:</b> Señal desmodulada.....	15
Figura 13: Constitución básica de un servo de imanes permanente. ....	17
Figura 14: Servos de imanes permanentes con encoder incorporado .....	18
Figura 15: Trenes de aterrizaje .....	19
Figura 16: Clasificación por su ubicación .....	20
Figura 17: Tren fijo Piper Cub .....	21
Figura 18: Tren retráctil Boeing 737 .....	21
Figura 19: Tres planos .....	23
Figura 20: Los tres ejes.....	23
Figura 21: Sistema básico de control de cabeceo.....	25
Figura 22: Guiñada adversa .....	26
Figura 23: Flaps .....	27
Figura 24: Elevones .....	28
Figura 25: Servo digital .....	31
Figura 26: Tren de nariz .....	33
Figura 27: Kit de aire .....	33
Figura 28: Trenes de aterrizaje principales .....	34
Figura 29: Neumáticos .....	35
Figura 30: Transmisor Futaba T8J .....	36
<b>Figura 31:</b> Receptor.....	37
Figura 32: Montaje de servos .....	38

Figura 33: Instalación protector térmico .....	39
Figura 34: Instalación de los servos en los compartimentos .....	40
Figura 35: Servo del elevon.....	41
Figura 36: Instalación del servo para el rudder .....	42
Figura 37: Montaje del tren de nariz.....	43
Figura 38: Instalación de la rueda del tren de nariz.....	43
Figura 39: Instalación del servo y la válvula de control .....	44
Figura 40: Esquema grafico de válvula de control de velocidad.....	45
Figura 41: Diagrama de líneas neumáticas .....	46
Figura 42: Boca de llenado del tanque de aire .....	46
Figura 43: Montaje de trenes los trenes principales .....	47
Figura 44: Instalación de neumáticos .....	47
Figura 45: Instalación del eje de dirección de la rueda .....	48
Figura 46: Extensión y filtro del rudder .....	49
Figura 47: Conexión del inversor.....	49
Figura 48: Conexión de cableado al receptor.....	50
Figura 49: Programación del canal para flaps .....	52
Figura 50: Programación de los servos en el intermix elevón .....	53
Figura 51: Programación de corrección en la opción reverse .....	54
Figura 52: Área del motor.....	55
Figura 53: Componentes del motor .....	55
Figura 54: Sección inferior de cabina .....	56
Figura 55: Sección superior de cabina .....	57
Figura 56: Tanque de combustible .....	57
Figura 57: Bomba de combustible exterior .....	58
<b>Figura 58:</b> Dimensiones de escape del motor .....	59
Figura 59: Escape del motor .....	60
Figura 60: Menú del GSU.....	61
Figura 61: Trim del radio control.....	61
Figura 62: Parámetros del Stick en posición neutral .....	62
Figura 63: Parámetros del Stick en posición superior .....	62
Figura 64: Parámetros Switch primera posición .....	63
Figura 65: Parámetros Switch segunda posición .....	63
Figura 66: Parámetros Switch tercera posición .....	64

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como finalidad la **implementación** de los sistemas de control de vuelo, eléctrico, neumático, combustible y trenes de aterrizaje del **aeromodelo** Cheetah, cuya finalidad es la operación de los mismos, utilizando un radio control Futaba T8J y un receptor de ocho canales los cuales integran la operación de cada uno de sus sistemas usando un canal independiente de acuerdo a las necesidades halladas durante el desarrollo y tomando en consideración que para la operación del motor es indispensable utilizar dos canales del receptor, incluyendo el motor. El trabajo escrito añade temas de suma importancia, los cuales permiten conocer la descripción, características, **programación** y **operación** de los dispositivos y sistemas empleados en el desarrollo del presente de trabajo. El análisis de cada sistema se desarrolla en base a las características dadas por el fuselaje y motor del aeromodelo. Además se detallada la ubicación de los dispositivos los cuales se encuentran distribuidos alrededor del mismo y se describirá aquellos sistemas que necesiten de abastecimiento tal como neumático, eléctrico y combustible. El sistema de combustible se crea permitiendo la mayor duración de vuelo posible, dado el empuje máximo del motor y su consumo específico de combustible, para lo cual el sistema se compone de dos tanques interconectados. El presente trabajo ha considerado todos los riesgos a los cuales los sistemas pueden encontrarse expuestos, por lo que se toman acciones correctivas para su operación segura. Los sistemas del motor fueron **configurados** y adaptados con el objeto de incorporarlos dentro del fuselaje.

### Palabras clave

- Implementación
- Aeromodelo
- Programación
- Operación
- Configurados

## ABSTRACT

This research work has as a main goal the implementation of the flight control systems and the electric, pneumatic, fuel, systems and landing gear of the Cheetah aircraft, the principal objective is their operation using a Futaba T8J radio control and a receptor of eight channels, these ones will be included in the operation of each system using an independent channel according the needs found during the development, taking into account for the engine operation is useful the use of two channels of the receptor, including the engine.

The written work includes interesting topics, these ones enable to know the description, characteristics, **programming and operation** of the devices and system used in the develop of this work.

The system analysis is developed according the characteristics provided by the fuselage and the engine of the aircraft. Moreover, the location of the devices is detailed they are distributed around it and those systems will be described which need maintenance such as pneumatic, electric, and fuel system.

The fuel system is created to provide the increasing flight duration, according the maximum engine's thrust and its specific fuel consumption, for that this system consists of two connected tanks. This investigative work has considered the risks that could be presented, therefore takes corrective actions for a safer operation. The engine systems were **configured** and adapted in order to incorporate in the fuselage.

### Key Words

- Implementation
- Aircraft
- Programming
- Operation
- Configured

## **CAPÍTULO I**

### **EL TEMA**

#### **1.1 ANTECEDENTES**

El aeromodelismo nace antes que la aviación. Esto se debe a la creación de artefactos que son capaces de mantenerse en vuelo siendo más pesados que el aire. El primer aeromodelo propulsado del que se tiene constancia es el conocido planophore, modelo diseñado por el francés Alphonse Pénaud en 1871. Pénaud fue el primer diseñador para lograr la estabilidad inherente, tanto longitudinal como lateralmente. La estabilidad longitudinal (estabilidad de cabeceo) fue proporcionado por el establecimiento de la cola horizontal a un ángulo con respecto a la línea de la cuerda del ala, y la estabilidad lateral (estabilidad roll) fue proporcionada por la flexión de las puntas de las alas. Desde entonces el aeromodelismo ha sido precursor de la aviación siendo la creación de modelos a escala un punto de partida para la fabricación de aeronaves de tamaño completo, donde estos aeromodelos funcionales y no funcionales son puestos a prueba en túneles de viento o en condiciones normales para probar su eficiencia y desempeño.

El aeromodelismo moderno no tiene como fin último la creación de un modelo a escala completa, sino que el desarrollo de una aeronave no tripulada para su vuelo como recreación, de forma competitiva y últimamente se utiliza también con fines militares. Estos últimos conocidos como UAV por sus siglas en inglés (Unmanned Aerial Vehicles) o (Vehículo Aéreo No Tripulado) que se dedican a la vigilancia, esta tecnología de vigilancia se aplica también con fines civiles. Por lo cual provoca el interés de diseñar y construir un aeromodelo jet CHEETAH propulsado con un motor JETCAT-P80 a escala y funcional, ya que en este momento el motor se encuentra limitado a funcionar en un banco de pruebas, este material didáctico ayudará en el aprendizaje práctico principalmente de los estudiantes de la Carrera de Mecánica Aeronáutica y además contribuir a las diferentes carreras, debido a ser el primer aeromodelo a escala de un avión jet .

Tomando como referencia algunos trabajos realizados por alumnos de la institución tales como: CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE UN MOTOR JETCATP80 brindando así un aeromodelo jet a escala.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La Unidad de Gestión de Tecnologías, de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE como centro de educación superior cuyo objetivo es la formación profesional aeronáutica, se limita a varios temas actuales como son los UAV's, esto se debe a que la mayoría de estas aeronaves son dirigidas para fines militares y se encuentran restringidas para su estudio, causando una ineficiencia en la calidad de formación de los futuros técnicos.

La necesidad de este tipo de aeromodelos no solo fue causada por su dificultad de su desarrollo sino también, por el factor económico el mismo que ha impedido que la institución pueda adquirirlo para fines didácticos, este tipo de aeronave a escala con motor JETCAT P80, no existe en el país, razón por la cual se torna más difícil la enseñanza en las aulas.

El desarrollo de prácticas didácticas de vuelo de aeromodelos y el diseño de un jet a escala se verán perjudicados, al no poder aplicar un equipo operativo de un motor turbina que pueda ser manipulable y permita que los estudiantes de la Unidad de Gestión de Tecnologías - ESPE amplíen sus conocimientos de aeronaves no tripuladas de mayor velocidad; además tendría como consecuencia que en su desempeño dentro del campo laboral tenga un bajo rendimiento debido a su limitado nivel de conocimientos.

## **1.3 JUSTIFICACIÓN**

La Unidad de Gestión de Tecnologías, de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE como entidad educativa superior de muy alto nivel y prestigio, dispone de la carrera de Mecánica, el mismo que cuenta con personal



administrativo y docente, capaz, responsable y profesional, además de instalaciones adecuadas para una formación integral para los alumnos, no obstante carece de material didáctico para el aprendizaje de mantenimiento y operación de aeromodelos, lo cual permitirá una mejorara en la enseñanza y además del control autónomo del mismo, lo cual permite que los alumnos adquieran nuevos conocimientos de formación y aprendizaje.

El estudio de este trabajo es de gran importancia para la carrera de Mecánica Aeronáutica, puesto que es un soporte sustancial en el perfil académico del estudiante, además este trabajo ofrece a los estudiantes conocimientos técnicos y prácticos, ya que se contara con una gama tecnológica apropiada para el desenvolvimiento técnico del estudiante.

Este trabajo ayuda a la capacitación práctica de los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica, en el campo del aeromodelismo, el cual no ha involucrado lo suficiente en los conocimientos prácticos y didácticos. Por lo expuesto anteriormente es importante que la Unidad de Gestión de Tecnologías, de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE cuente con la implementación didáctica del presente trabajo, con la finalidad de formar técnicos profesionales con conocimientos sólidos.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Implementar los sistemas de control de vuelo del aeromodelo Cheetah propulsado por el motor Jetcat-P80, mediante el uso de sistemas de control remoto por radio frecuencia, para el movimiento de las superficies de vuelo, tren de aterrizaje y control del motor para la Unidad de Gestión de Tecnologías, de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Recopilar información de los manuales de operación y esquemáticos de los componentes que conforman los sistemas de control de vuelo para el desarrollo del presente trabajo.
- Implementar sistemas de control de vuelo de la aeronave: tren de aterrizaje, servos eléctricos en superficies de control de vuelo, y elementos anexos para su operación.
- Realizar pruebas operacionales mediante la medición de los tiempos de reacción de los sistemas del aeromodelo y comprobación de los rangos de movimiento de las superficies de control de vuelo.

### **1.5 ALCANCE**

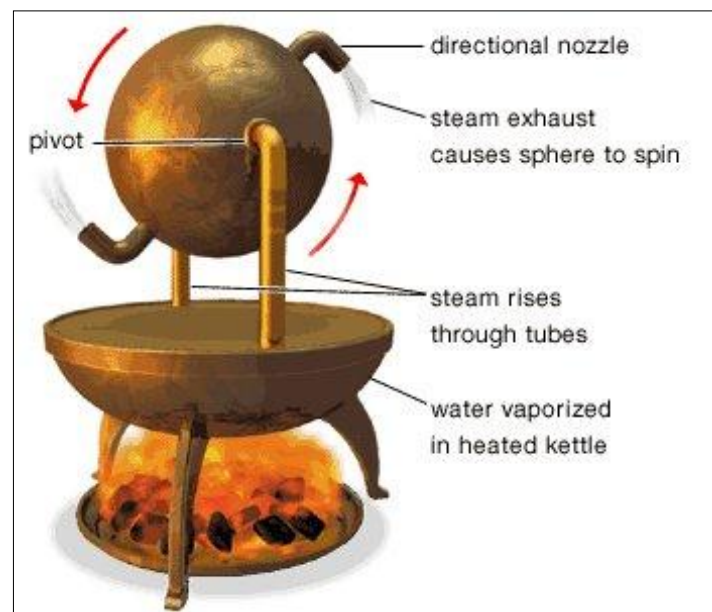
El presente trabajo promueve la implementación de los sistemas de control de vuelo del aeromodelo Cheetah propulsado por el motor Jetcat-P80, el cual permitirá realizar diferentes trabajos prácticos sobre el funcionamiento del aeromodelo y de esta manera conseguir beneficios a la Unidad de Gestión de Tecnologías, de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE; logrando elevar el nivel de conocimientos en el campo de Mecánica Aeronáutica ya que es una excelente herramienta didáctica, permitiendo al estudiante poner en práctica los conocimientos adquiridos y mejorar sus destrezas; asimismo servirá de referencia para otras personas que continúen aportando material didáctico, lo cual ayuda al mejoramiento de la enseñanza en la Universidad.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 MOTOR DE TURBINA

La propulsión por escape de gas (jet propulsión) puede definirse como la fuerza que se genera en sentido opuesto a la de expulsión de los gases. El primer motor de reacción de la historia puede atribuirse a Hero de Alexandria, alrededor de 250 AC. Este motor consistía de una esfera con dos toberas soportada por una base que se calentaba por su parte inferior. El fluido contenido en la base, al incrementar su temperatura salía a presión por las dos toberas de escape.



**Figura 1:** Bola wind

**Fuente:** (Parejo, Turbo Jet. The heart of the aeroplane , 2009)

Los motores de turbina se basan en la 3ª ley de Newton (acción-reacción). No obstante, el primer motor de reacción aplicado a la aviación fue desarrollado por el alemán Hans von Ohain en 1936. El motor era el HeS 3 y se utilizó para propulsar el primer avión a reacción de la historia, el Heinkel HE-178.

Paralelamente, el ingeniero inglés Frank Whittle también realizó estudios sobre el motor de turbina de gas, aunque fueron los alemanes los que lo desarrollaron generando el primer avión a reacción de la historia, el Heinkel HE-178. (Parejo, Turbo Jet. The heart of the aeroplane , 2009)

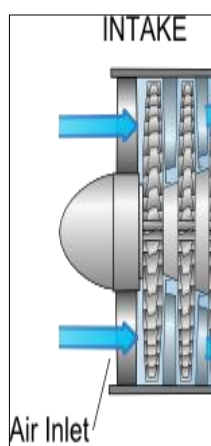


**Figura 2:** Turbo Jet HeS 3B

**Fuente:** (Aircraft Engine Historical Society, 2015)

## 2.2 TOMA DE AIRE

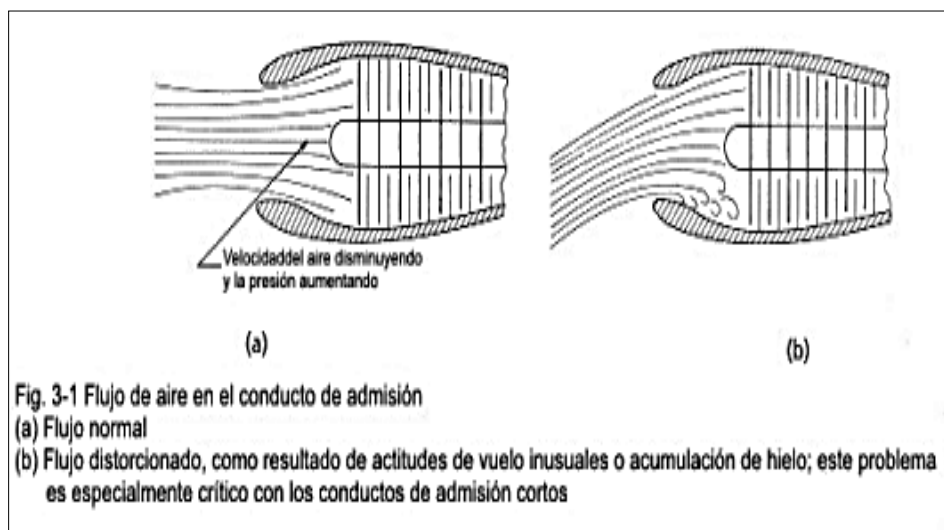
Capta la masa de aire del exterior y la introduce al compresor. A mayor velocidad mayor gasto másico ( $G$ ) y mayor empuje. El gasto másico se mide en Kg/s. (Knezevich, 1996)



**Figura 3:** Entrada de Aire

**Fuente:** (Parejo, Turbo Jet. The heart of the aeroplane, 2015)

Aunque el conducto de admisión lo construye el fabricante del avión, durante la operación en vuelo es muy importante para la actuación general del motor de reacción. Cuanto más rápido vuela el avión, más crítico será el diseño del conducto. El empuje del motor puede ser alto solo si el conducto de admisión abastece al motor con el flujo de aire requerido a la más alta presión posible. El conducto también debe permitir que el motor opere con las mínimas tendencias a la entrada en pérdida (stall) o inestabilidad (surge), así como admitir las amplias variaciones en ángulo de ataque y guiñada del avión. Para los aviones subsónicos, el conducto no debería producir fuertes ondas de choque o separaciones de flujo, y lo mismo para los diseños subsónicos que supersónicos deberían ser del menor peso posible.

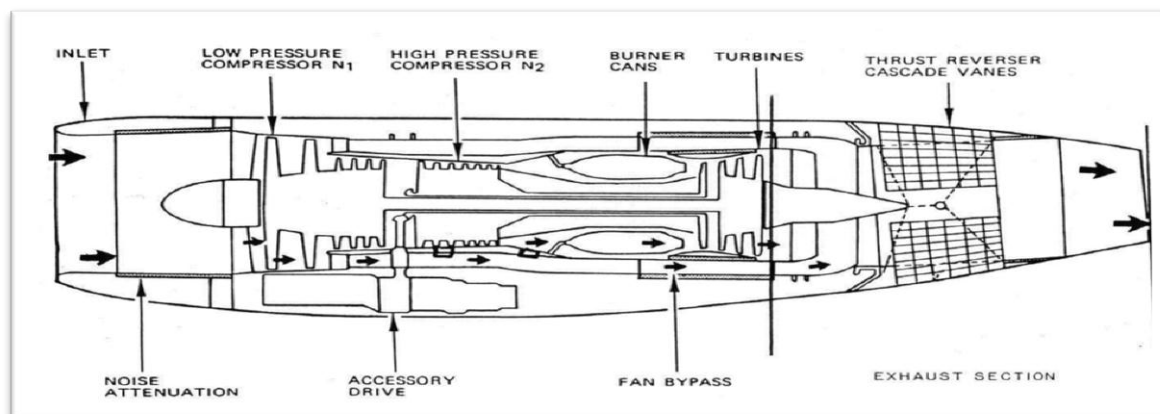


**Figura 4:** Flujo de aire

**Fuente:** (Rivas, 2015)

### 2.3 COMPRESOR

Se encuentra ubicado detrás de la toma de aire. Es la encargada de comprimir el aire (disminuir su velocidad) antes de ser introducido en las cámaras de combustión. El empuje incrementa cuanto mayor es la compresión.



**Figura 5:** Compresor de turbina

**Fuente:** (Boeing 737, 2000)

## 2.4. CÁMARAS DE COMBUSTIÓN

Las cámaras de combustión funcionan con hidrocarburos líquidos como combustibles, el cual es inyectado en forma atomizada. El factor más importante del combustible es su viscosidad para poderlo inyectar por medio de una tobera. Los combustibles pesados son precalentados para reducir su viscosidad y asegurar la inyección.



**Figura 6:** Cámara de combustión

**Fuente:** Manual de mantenimiento de Boeing 727-200

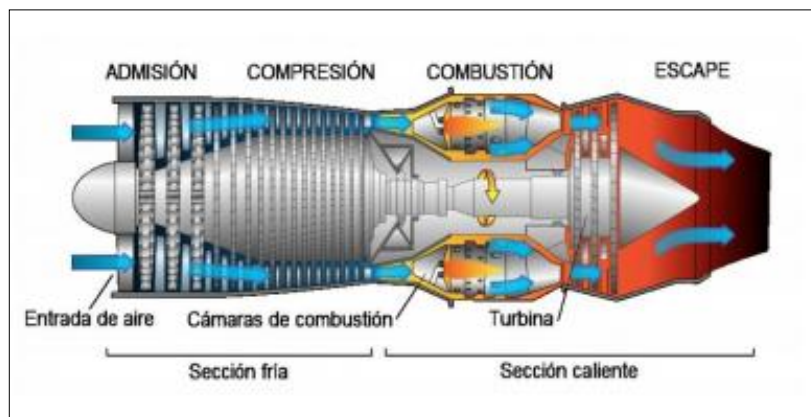
Antes de la combustión el combustible se mezcla con el aire elevando la temperatura de ignición la cual varía dependiendo de la relación combustible, aire ( $f/a$ ) y la presión. El comienzo de la combustión se hace por medio de una bujía y de aquí en adelante la combustión es continua.

La velocidad de la propagación de la llama depende, de la relación de combustible; para una máxima velocidad se necesita una mezcla livianamente más rica que la relación teórica.

El flujo de aire entra por dos fases:

La primaria va a la zona de combustión y alcanza mayores temperaturas.

La secundaria sirve como aislante de temperatura, reducción de ruido, y enfría los gases de salida de la turbina.



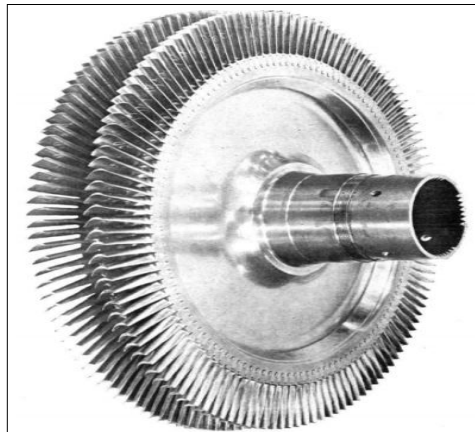
**Figura 7: Flujo de aire en las cámaras**

**Fuente:** (Vilajosana, 2011)

## 2.5 TURBINA

El objetivo es pasar la energía de los gases en energía mecánica para mover el compresor y el remante de la energía cinética para acelerar el

avión. Extrae la energía de los gases calientes (potencial + cinética) y la convierte en energía mecánica. Gracias a esta energía, la turbina incrementa la velocidad y transmite ese movimiento al compresor.



**Figura 8: Turbina**

**Fuente:** (Oñate, 2007)

## **2.6 INFORMACIÓN SOBRE EL MOTOR JETCAT P80SE**

### **2.6.1 INFORMACIÓN TÉCNICA**

EMPUJE: 22 Lb aprox. (10kg)

PESO: 1.360 gramos (inc. sistema de arranque automático).

DIÁMETRO: 112 mm.

LONGITUD: 315 mm. (incl. motor de arranque)

REVOLUCIONES: 35.000 - 117.000 r.p.m.

TEMPERATURA DE ESCAPE: 510 - 700°C.

CONSUMO: 95-275 ml/min.

COMBUSTIBLE: jet A1, Keroseno, Parafina.

LUBRICACIÓN: 5% de aceite sintético especial en el combustible.



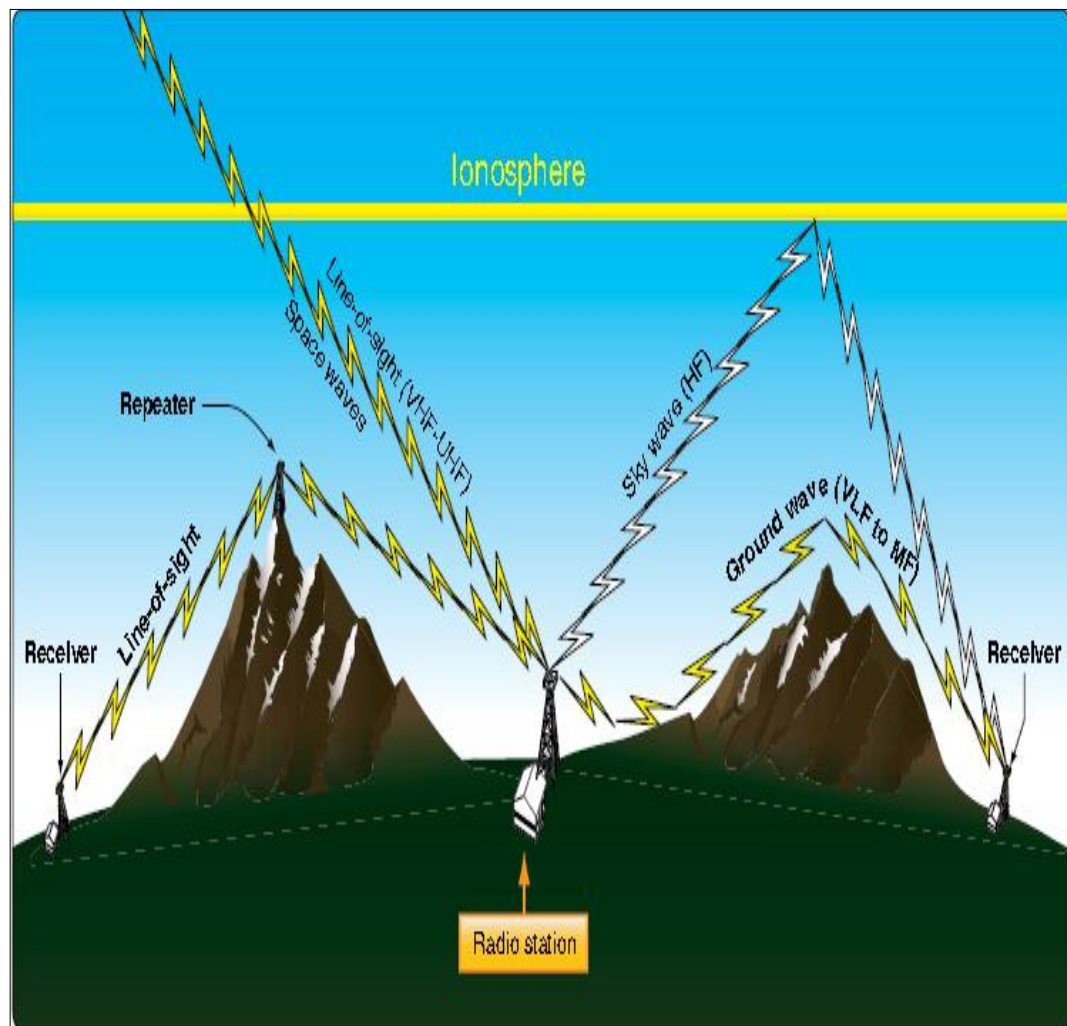
## **2.6.2 CARACTERÍSTICAS**

Arranque de la turbina totalmente automático por una orden del trasmisor, sin ningún tipo de conexión externa. La turbina arranca sin compresor de aire y sin ayuda externa. Refrigeración automática cuando la turbina es apagada. Rodamientos cerámicos de precisión para un bajo mantenimiento. Rueda de turbina del alto rendimiento. Comprobada al 100%. Manejo integrado de la bujía, con función separada para chequear el estado de encendido de la bujía. La supervisión y la regulación de la turbina asistida por la medida de las RPM y de la temperatura del gas de escape. Un sistema electrónico gradual que en todo momento comprueba para saber si la intervención es correcta. Conexión al sistema de R/C vía 1 o 2 canales del receptor (gas e interruptor de tres posiciones o rotatorio). Rápida respuesta al acelerador. Mínimas y máximas RPM programables dentro de un margen permisible. El arranque completamente automático y un procedimiento sencillo de manipulación reducen al mínimo las averías que podrían dar lugar a dañar la turbina.

Fácil visualización de los parámetros de la turbina en funcionamiento por ejemplo: temperatura del gas de escape, RPM, consumición de combustible, combustible restante, tiempo de funcionamiento en el último arranque, suma total de los tiempos de funcionamiento, voltaje de la batería, condición de la turbina, método empleado en el último apagado de la turbina, etc.

## **2.7 LA RADIOCOMUNICACIÓN**

La radiocomunicación está compuesta por varios dispositivos eléctricos los cuales se encargan de la transmisión y recepción de información a través de ondas moduladas o radio ondas las cuales viajan por atmósfera. (Federal Aviation Administration, 2012)



**Figura 9:** Radio ondas en la atmósfera

**Fuente:** (Federal Aviation Administration, 2012)

### 2.7.1 ANTENAS

Las antenas son una parte fundamental para la radiocomunicación ya que es la encargada de transmitir y recibir las ondas de frecuencia. La forma y material del cual está compuesta una antena depende mucho en la alteración en el momento de transmitir y recibir información. (Federal Aviation Administration, 2012)



**Figura 10:** Antena

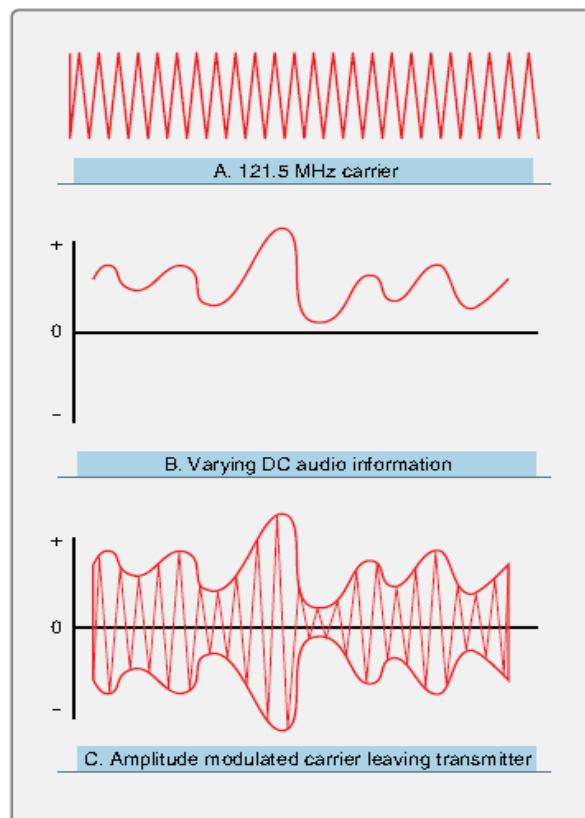
**Fuente:** (Federal Aviation Administration, 2012)

### **2.7.2 FRECUENCIA**

La frecuencia se denomina al número de veces que sucede un fenómeno en un momento periódico en un tiempo determinado o como también puede ser el número de veces que una onda sinusoidal se completa o realiza un ciclo en un segundo, a esta unidad de frecuencia se le conoce como Hertz (Hz). (Federal Aviation Administration, 2012)

### **2.7.3 TRANSMISIÓN**

Esto es posible gracias a los transmisores los cuales constan de circuitos oscilantes, estos crean una onda de frecuencia AC. Esta onda será la onda portadora de la información que se quiera transmitir, esta será combinada con circuitos amplificadores y circuitos moduladores, este último es el encargado de filtrar la información, la información ingresa como una señal de audio de corriente directa. La combinación de la señal de audio de corriente directa y la onda portadora es enviada por una antena. El usuario solo debe sintonizar la frecuencia en la que quiera enviar la información deseada y esta será enviada como se explicó anteriormente. (Federal Aviation Administration, 2012)



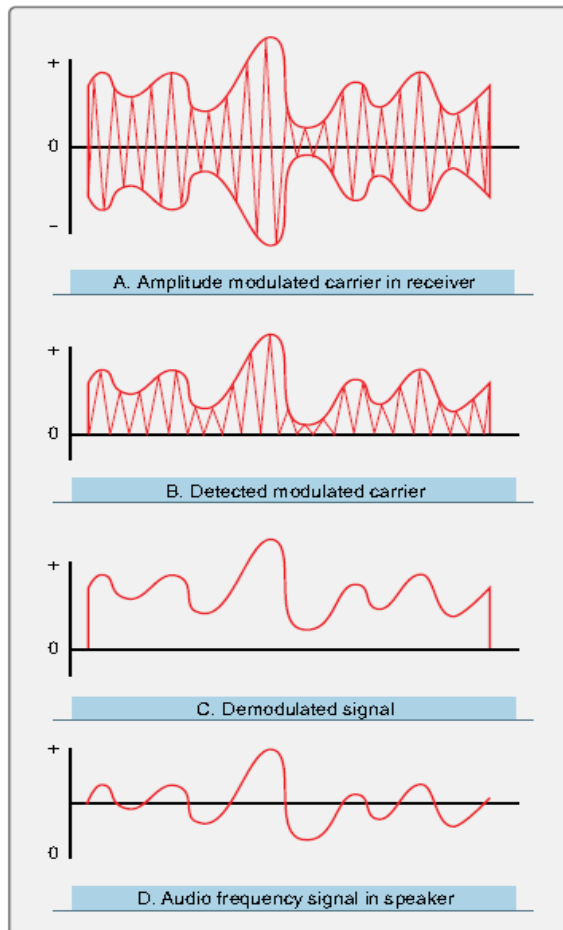
**Figura 11:** Señal modulada

**Fuente:** (Federal Aviation Administration, 2012)

#### 2.7.4 RECEPTOR

Una antena es la encargada de recibir todas las ondas que se encuentren en el ambiente. Un receptor va a ser el encargado de separar a la onda que contiene la información. Esta onda es la portadora de la información la cual se podrá ver en pantallas o por altavoces. Cuando esta onda es separada se necesita amplificarle ya que está llegando débil, esto se lo hace a través de circuitos amplificadores. Un oscilador que se encuentra en el receptor selecciona la onda de frecuencia deseada, mientras que las otras son enviadas a tierra. Este oscilador crea una frecuencia diferente a la portadora, al combinarlas resultan cuatro nuevas frecuencias estas son: la frecuencia de radio, la frecuencia del oscilador, la suma y diferencia de las dos frecuencias.

La diferencia de las frecuencias contienen la información, esta al final es demodulada a través del demodulador, la cual separa la información de la onda portadora. (Federal Aviation Administration, 2012)



**Figura 12:** Señal desmodulada

**Fuente:** (Federal Aviation Administration, 2012)

## 2.8 SERVOS

Es un motor cuyas aplicaciones son muy adaptables y flexibles, ya que pueden ser controlados tanto en su velocidad de funcionamiento como en su posición dentro del rango de operación para realizar cualquier actividad. Estos son controlados a través de una señal electrónica codificada, esta señal indica los rangos de velocidad y movimiento a ejecutar. El servo es

instalado en cualquier equipo o máquina para cumplir funciones de posición, dirección y velocidad al momento de su uso.

El hecho de que un servo sea de dimensiones reducidas esto no implica que se vea reducida su potencia, esto se debe a que cuenta con una característica importante la cual es la capacidad de torque que esta posee, además de tener un menor peso.

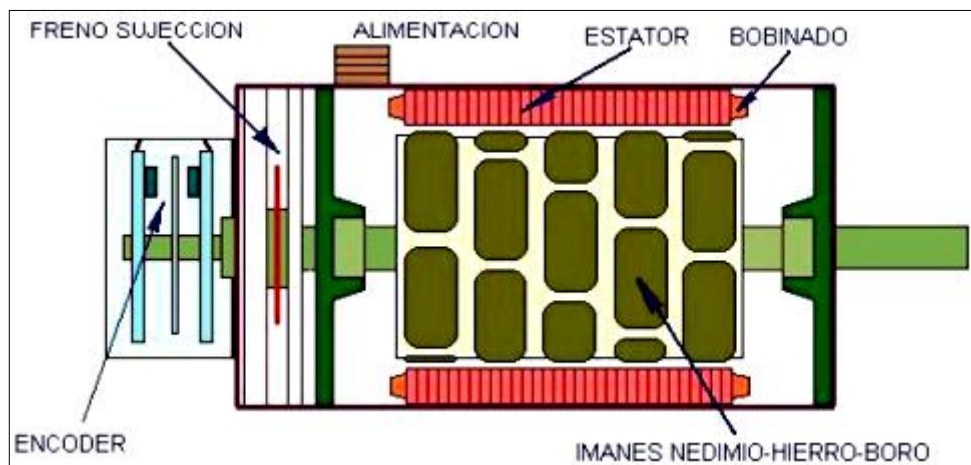
Los servos se comunican mediante pulsos eléctricos a través de un circuito de control para determinar el ángulo de posición del motor, este pulso es enviado cada 20 milisegundos o 0.02 segundos. La longitud del pulso determinara los giros que realizara el motor. Por ejemplo la longitud del pulso hará que la posición del motor se encuentre a 90 grados, este será la posición neutral. Mientras un pulso menor de 1,5 milisegundos estará en la posición cerca de 0 grados. Si el pulso es mayor a 1,5 milisegundos el eje se moverá cerca a los 180 grados.

### 2.8.1 TIPOS DE SERVOS

Encontramos varios tipos de servos: servos de corriente continua, servos de corriente alterna analógicos y servos de imanes permanentes digitales. Las cualidades que los diferencian son la velocidad y posición dentro del rango de operación.

- **SERVOS DE CORRIENTE CONTINÚA.-** Los primeros servos funcionaban con corriente continua. La energía necesaria para el movimiento es mínima, esto se lo puede conseguir con pilas y baterías, por lo que los voltajes son pequeños. El flujo de energía de los electrones es en un solo sentido. Este solo girara a su máxima velocidad en un solo sentido cuando se aplica un voltaje en sus terminales pero si el voltaje aplicado a sus terminales es inverso, el sentido de giro también se invierte.

- **SERVOS DE CORRIENTE ALTERNA.-** En la actualidad son más utilizados los servos de corriente alterna, en estos el flujo de electrones cambian de sentido en todo momento. Este tipo de servos requieren voltajes altos, por lo que se obtendrá mayor potencia de trabajo al momento de desempeñar cualquier actividad.
- **SERVOS DE IMANES PERMANENTES.-** Este tipo de servos son capaces de realizar altos torques hasta 3 o 4 veces mayor a un torque que realizarían los anteriores. Además de tener un mayor control del movimiento pues permiten rápidas aceleraciones y desaceleraciones, así como el control de altas velocidades. El servo posee un estator el cual cuenta con un núcleo laminado y un bobinado de cobre uniformemente distribuido. La fijación de los imanes al rotor ha sido una de las más importantes características debido a las altas fuerzas centrífugas a las que se encuentran expuestos durante la aceleración y frenado.



**Figura 13:** Constitución básica de un servo de imanes permanente.

**Fuente:** (DSCS, 2015)

Los servos de estructura compacta incorporan dentro de un encoder, este es el que suministra la información al servo. Este computador manda la

señal hacia la bobina, la cual genera un campo magnético. Gracias al campo magnético que se genera, el polo del imán permanente en el rotor se mantiene girando en un ángulo de 90 grados. Este tipo de construcción cerrada es útil para trabajar en ambientes sucios.



**Figura 14:** Servos de imanes permanentes con encoder incorporado

**Fuente:** (DSCS, 2015)

## 2.9 BATERÍAS

La batería es un dispositivo que almacena energía en forma electroquímica, los dos tipos de baterías son primarias y secundarias. Las primarias son aquellas cuya reacción electroquímica es irreversible, esto significa que una vez descargada esta no puede volverse a cargar, mientras que las secundarias disponen de una reacción electroquímica que les permite volver a cargarse desde una fuente externa de corriente continua cuando estas se han descargado.

Una batería funciona a través de dos electrodos que se encuentran dentro de celdas electroquímicas, estos electrodos son el ánodo y el cátodo.



La corriente eléctrica fluye del ánodo al cátodo porque existe una diferencia potencial entre ambos electrolitos.

## 2.10 TREN DE ATERRIZAJE

La función del tren de aterrizaje es absorber las cargas de aterrizaje y operación en tierra del peso de un avión. Este está unido a miembros estructurales primarios de la aeronave, además este cuenta con ruedas las que facilitan la operación en superficies duras, tales como pistas de aeropuertos. (Federal Aviation Administration, 2012)

Además encontramos varias configuraciones de tren de aterrizaje, estos dependen del tipo de superficie en la que se mantenga un contacto físico con la pista. Encontramos las ruedas para superficies duras, los ski para helicópteros, los ski para nieve y flotadores para contacto en agua.



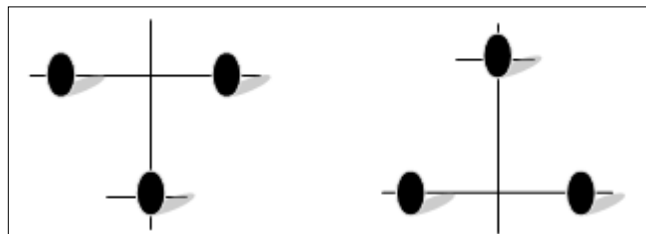
**Figura 15: Trenes de aterrizaje**

**Fuente:** (Federal Aviation Administration, 2012)

### 2.10.1 CLASIFICACIÓN POR SU UBICACIÓN

Por su clasificación se establece por el número de ruedas que tiene el tren y por la geometría de su posición. El número de ruedas depende del peso del avión y consistencia del pavimento de las pistas.

La configuración de tres patas, una situada al frente y dos principales detrás es la más utilizada actualmente, este es conocido como tren convencional. Cada pata puede tener su propia configuración de ruedas. Si la pata individual se encuentra en la cola de esta configuración se denomina triciclo con rueda en cola. Esta configuración tiene una desventaja con respecto al tren convencional ya que esta hace que la nariz del avión se encuentre levantada mientras que en la otra el piloto tiene una mejor visibilidad al exterior durante las fases de despegue, aterrizaje y maniobras en tierra.



**Figura 16:** Clasificación por su ubicación

**Fuente:** (Oñate, 2007)

### 2.10.2 TIPOS DE TREN DE ATERRIZAJE

Estos se dividen en retráctiles y fijos, esto depende de las características de articulación de sus componentes. Además el tipo de tren que tendrá una aeronave depende de su diseño y velocidad de vuelo.

- **FIJOS.**- Los aviones que cuentan con trenes fijos en su gran mayoría son aviones pequeños, ya que sus características ofrecen una mayor

resistencia al avance. La idea es tener una velocidad mucho menor y considerable, además de tener un menor costo y mantenimiento.



**Figura 17:** Tren fijo Piper Cub

**Fuente:** (Oñate, 2007)

- **RETRÁCTILES.**- Los trenes retráctiles tienen una gran ventaja ya que este es capaz de replegarse y alojarse dentro de la estructura del avión. Los aviones que tienen una velocidad moderada o mayor cuentan con tren retráctil ya que este no presenta ninguna resistencia al avance como es en un tren fijo que resultaría una resistencia excesiva.



**Figura 18:** Tren retráctil Boeing 737

**Fuente:** (Oñate, 2007)

## **2.11 CONTROLES DE VUELO**

Los controles de vuelo son aquellas superficies por medio del piloto logra equilibrar la aeronave o alcanzar una determinada actitud de vuelo.

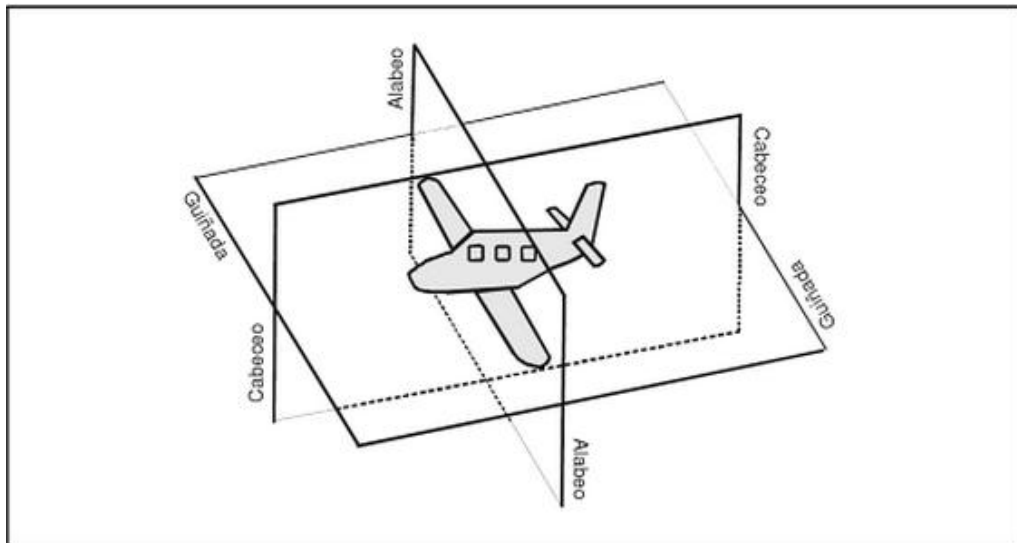
Los controles de vuelo se clasifican en primarios y secundarios. Los primarios son aquellos utilizados para el control de la aeronave durante el vuelo, estos son: alerones para el control lateral, los timones de profundidad o elevadores para el control longitudinal y el timón de dirección o rudder para el control de dirección.

Los controles secundarios son aquellos utilizados para mejorar la actuación de la aeronave tal como los flaps, spoilers y slats.

También se consideran como controles de vuelo secundarios a los sistemas de compensación utilizados para aliviar al piloto de la necesidad de mantener una presión constante sobre los mando de vuelo. Estos son las aletas de compensación o trim tabs, aletas auxiliares de compensación o balance tabs y antialetas auxiliares de compensación o antibalance tabs.

### **2.11.1 LOS TRES PLANOS**

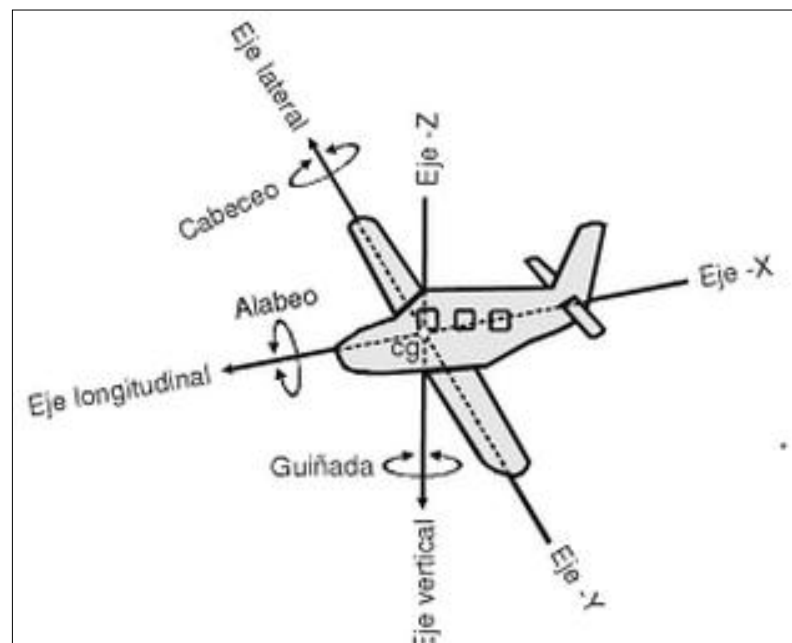
Estos tres planos son de la misma simetría de la aeronave, sus intersecciones se cortan en un solo punto, el cual es el centro de gravedad de la aeronave. Esto permite determinar al actitud y orientación de una aeronave en vuelo, por medio de su rotación alrededor de cada uno de esos tres planos.



**Figura 19:** Tres planos

**Fuente:** (Adsuar, 2007)

Los planos denominados como alabeo, cabeceo y guiñada contienen tres ejes, los cuales son los ejes lateral, longitudinal y vertical.



**Figura 20:** Los tres ejes

**Fuente:** (Adsuar, 2007)

Cada uno de estos ejes es perpendicular a los otros dos, el eje contenido en cada uno de los tres planos permite establecer un sistema coordinado con el origen del centro de gravedad de la aeronave. A continuación se indica la explicación de cada uno de los ejes y sus rotaciones:

- **Eje lateral:** Este eje se extiende transversalmente, de punta a punta de ala y la rotación de la aeronave sobre este eje se conoce como cabeceo o pitch.
- **Eje longitudinal:** Este eje se extiende a lo largo de la aeronave, desde la nariz o morro hasta la cola de la aeronave y la rotación de la aeronave sobre este eje se conoce como alabeo o roll.
- **Eje vertical:** Este eje es perpendicular al plano que contiene las alas que pasa por el centro de gravedad y la rotación de la aeronave sobre este eje se conoce como guiñada.

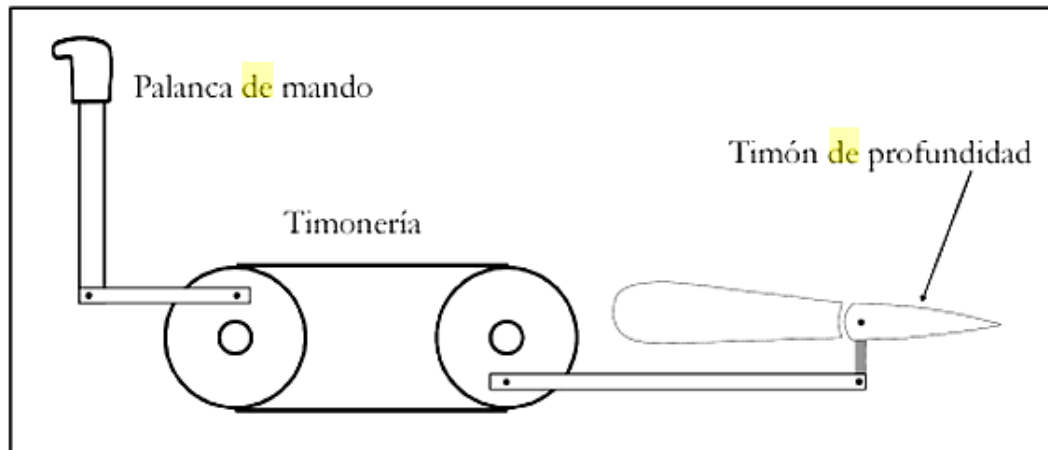
### **2.11.2 CONTROL DE CABECEO, ALABEO Y GUIÑADA.**

El piloto puede accionar las superficies de control primarias de control de cabeceo y alabeo con la palanca de mando y la superficie de control de guiñada por medio de los pedales del timón de dirección.

Las superficies de control de las aeronaves son utilizadas bajo sistemas básicos de tipo mecánico y comprenden un conjunto de cables, palancas, poleas, etc. En aeronaves de mayores características estas superficies de control se mueven a través de diferentes servomecanismos y otros sistemas más complejos como son sistemas hidráulico mecánicos, mandos eléctricos y electrónicos, etc.

Cuando el piloto tira de la palanca, el sistema levanta los timones de profundidad. Al disminuir la sustentación, la cola es empujada hacia abajo y

la aeronave, se mueve de tal manera sobre su centro de gravedad, lo cual hace que cabecee hacia arriba. Si el piloto empuja la palanca hacia adelante el efecto es opuesto, los timones de profundidad bajan, el aumento de sustentación empuja la cola hacia arriba, eso hace que la aeronave cabecee hacia abajo.



**Figura 21:** Sistema básico de control de cabeceo

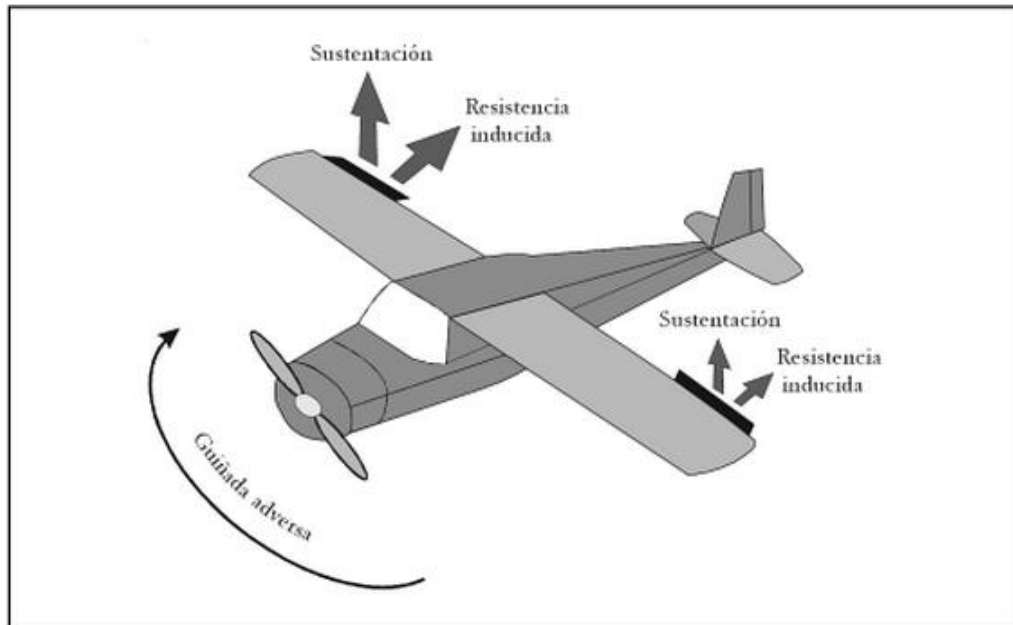
**Fuente:** (Adsuar, 2007)

Los alerones están conectados entre sí y estos se desplazan con el movimiento de la palanca de mando. Cuando el piloto mueve la palanca de control hacia la derecha el alerón derecho se eleva y el izquierdo desciende. El desplazamiento del alerón derecho hace que la sustentación del ala disminuya, mientras que el alerón izquierdo aumenta la curvatura alar por lo que aumenta la sustentación. Por lo tanto las diferencias de estas sustentaciones hacen que la aeronave gire hacia la derecha.

El aumento de sustentación cuando uno de los alerones se encuentra abajo produce una mayor resistencia inducida. Mientras el alerón desplazado hacia arriba, disminuye una sustentación y resistencia inducida.

El resultado de estas presiones inducidas es una guiñada de la nariz de la aeronave en dirección al que se encuentra levantada o donde el alerón se

encuentra hacia abajo y mayor resistencia. Este movimiento es conocido como una guiñada adversa, ya que es una guiñada contraria al viraje de la aeronave.



**Figura 22:** Guiñada adversa

**Fuente:** (Adsuar, 2007)

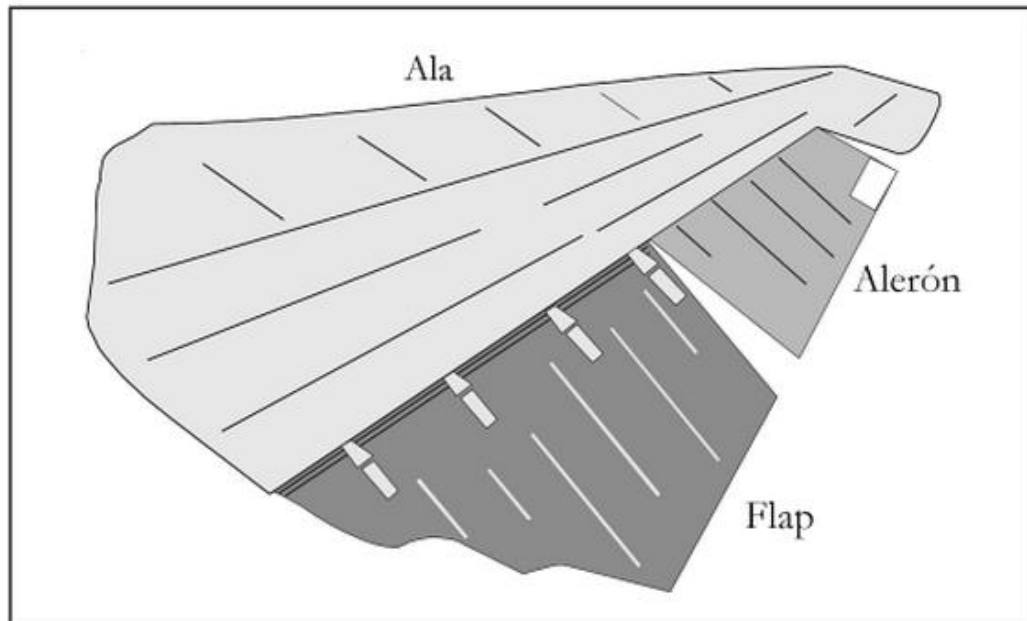
Para obtener un viraje coordinado se debe utilizar los controles de alabeo, cabeceo y guiñada. Por lo tanto este tipo de guiñada adversa disminuye el momento de alabeo o viraje. Entonces desde el momento que se aplica el control de alabeo para un viraje se aplica también los controles de guiñada o pedales, los cuales ayudan a obtener un viraje coordinado.

### 2.11.3 SISTEMAS DE COMPENSACIÓN

Los flaps aumentan la curvatura del ala de la aeronave, de este modo incrementa la sustentación. Su función principal es poder reducir las velocidades de despegue y aterrizaje.



Aterrizar con flaps incrementa la pendiente de planeo, lo cual disminuye la velocidad de aproximación y la longitud de pista necesaria. Cuando el uso de flaps se utiliza para el despegue de la aeronave, la extensión del flap reduce la velocidad de despegue al igual que disminuye la longitud de pista necesaria. Se utilizan ángulos pequeños durante el despegue.



**Figura 23: Flaps**

**Fuente:** (Adsuar, 2007)

#### **2.11.4 ELEVONES**

Algunas aeronaves son diseñadas con una superficie de control, la cual puede cumplir con doble propósito. El elevon es una combinación de dos controles de vuelo, este efectúa las funciones del alerón y el elevador. Su diseño es una cola horizontal móvil llamada estabilizador, este estabilizador combina la acción del estabilizador horizontal y los alerones.



**Figura 24:** Elevones

**Fuente:** (Federal Aviation Administration, 2012)

## CAPÍTULO III DESARROLLO DEL TEMA

### 3.1 PRELIMINARES

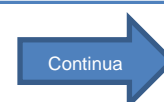
Este capítulo detalla los diferentes pasos del montaje de las partes que conformarán los sistemas de control de vuelo para el aeromodelo Cheetah.

Las condiciones del aeromodelo construido bajo las características del motor Jetcat- P80 contienen las dimensiones adecuadas para el ensamblaje de los diferentes dispositivos cuyas características permitirá a la aeronave realizar vuelos operativos.

Referente a cada una de las partes del sistema de control de vuelo se procedió a realizar mantenimiento preventivo de los elementos a utilizar, detallado en la **Tabla 1**.

**Tabla 1:** Partes que conforman el sistema de control de vuelo

Partes del sistema de control de vuelo				
Nº	Nombre de los elementos	Servible	Inoperativo	Faltante
1	Motor Jetcat-p80	X		
2	ECU	X		
3	Bomba de combustible	X		
4	Batería Lipo	X		
5	Válvula de combustible	X		
6	Starting gas valve	X		
7	Cable set		X	
8	Kit de líneas de combustible		X	
9	Starting gas tank	X		
10	Quick disconnections (Fuel/gas)	X		
11	Filler connectors	X		
12	Filtro de combustible y propano	X		



13	Tanque de combustible		X
14	Montante del motor	X	
15	Trenes de aterrizaje		X
16	Servos		X
17	Radio control		X
18	Neumáticos		X

## 3.2 DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS

### 3.2.1 SELECCIÓN DEL TIPO DE SERVOS

Para determinar el tipo de servos a utilizar se tomó en cuenta las siguientes características:

- Los servos de corriente continua tipo brushless poseen baja velocidad de respuesta a las acciones de los mandos, la señal se determina por la separación de pulsos que este recepta. Por lo tanto en movimientos rápidos el motor del servo no podrá rectificar giros.
- Los servos de corriente alterna analógicos son sistemas cuya velocidad de respuesta es baja ya que solo admite un pulso a la vez.
- Los servos de imanes permanentes digitales puede programar el sentido de giro como normal e inverso. La diferencia con los otros servos es el rendimiento en la velocidad que este reacciona, este servo digital puede recibir cinco o seis veces más pulsos que los analógicos. Como resultado la respuesta del servo a un cambio en la orden de posición es mucho más veloz. Además se puede programar una posición neutral o central y dar diferentes topes de recorrido para cada lado sin afectar los radios de giro.

Por las razones anteriormente expuestas se ha utilizado servos 100SS, mismos que fueron importados debido a la baja disponibilidad de estos elementos en el mercado nacional ya que su uso es para aeromodelos de

alto rendimiento y el aeromodelo Cheetah volara a altas velocidades exigiendo rápida respuesta por parte del usuario.

### 3.2.2 DATOS CARACTERÍSTICOS SERVO PROTEK RC100SS

**Tabla 2:** Características de los servos

CARACTERÍSTICAS DEL SERVO	
Modelo de servo	100SS
Aplicación recomendada	1/10 a 1/8 superficies a escala
Voltaje	4.8V – 6.0V
Temperatura	14° a 140° F (-10 a 60° C)
Velocidad a 6.0V	0,09/60 ° seg.
Torque dinámico a 6,0V	168 oz-in (12,1 kg-cm)
Tipo de motor	Tubular motor DC
Eje de salida	Diente 25
Engranajes	Metal
Peso	54,9 g
Pulso/Frecuencia	152µs / 333hz



**Figura 25:** Servo digital

**Fuente** (Amaint Performance hobbies, 2015)

### 3.2.3 SELECCIÓN DEL TIPO DE TREN DE ATERRIZAJE

Para determinar el tipo de tren que se utilizará en la aeronave se analizaron las siguientes características:

- Los trenes de aterrizaje fijos producen una considerable resistencia, y provoca una menor velocidad y un mayor gasto de combustible.
- Los trenes de aterrizaje retractiles fueron diseñados para que se posicionen dentro de la estructura de la aeronave, lo cual facilita el avance de la aeronave.

Se selecciona el tren de aterrizaje retráctil para el aeromodelo Cheetah, ya que el empuje del motor es de 22 libras que provocará cargas excesivas para un tren de aterrizaje fijo.

### 3.2.4 DATOS CARACTERÍSTICOS DEL TREN DE ATERRIZAJE RETRÁCTIL

**Tabla 3:** Características del tren de nariz

CARACTERÍSTICAS DEL TREN DE NARIZ	
Modelo tren de nariz	Robart 555RS 90°
Perfil	1-3/16" (31 mm)
Distancia/orificio de montaje centro a lo ancho	1" (25,4 mm)
Distancia/orificio de montaje dentro a lo ancho	1-3/8" (35 mm)
Ancho del montaje de la placa	1-1/2"(38 mm)
Altura del montaje de la placa	1-3/4" (45 mm)
Ancho de la estructura a cada lado del cilindro	13/16" (21 mm)
Longitud de la estructura del ensamblaje del cilindro	3-7/16" (88 mm)



**Figura 26:** Tren de nariz  
**Fuente** (Tower Hobbies, 2015)

El modelo Robart 555RS 90° incluye Robart Standart Air Control Kit

**Tabla 4:** Características del kit de aire

KIT DE AIRE	
Modelo	L5ET2102
Válvula de control de aire	2"
Ancho	1/2"
Longitud recipiente	6 1/2"
Diámetro de recipiente	1-3/4"



**Figura 27:** Kit de aire  
**Fuente** (Robart, 2014)

**Tabla 5:** Características de los trenes principales

<b>TRENES PRINCIPALES</b>	
Modelo tren principal	E-flite 60-120 85°
Consumo de corriente	5mA a 900mA
Voltaje	4,8-7,4V
Peso de aeronaves recomendada	8,0 a 15 lbs.
Peso	130 g c/u
Ancho de pulso/Punto inferior	1,331 ms
Ancho de pulso/Punto superior	1,690 ms
Operación DSM	20 ms a 3,3V
Tiempo de secuencia a 6,0V	1 seg

**Figura 28:** Trenes de aterrizaje principales

Fuente (Horizon Hobbie, 2015)

**Tabla 6:** Características de neumáticos ranurados

<b>Tipo de neumáticos</b>	<b>Neumáticos ranurados</b>
<b>Dimensiones</b>	<b>90mm (3,5 pulgadas)</b>
<b>Peso</b>	<b>56g</b>
<b>Material de aros</b>	<b>Aleación de aluminio</b>
<b>Ejes</b>	<b>5mm</b>





**Figura 29:** Neumáticos

**Fuente:** (Hobby king, 2015)

### 3.2.5 SELECCIÓN DEL RADIO CONTROL

Para determinar el tipo de radio control a utilizar se determinó los siguientes parámetros:

- 8 canales mínimo para el control de servos y sistemas.
- Alta velocidad de fotogramas o pulsos.
- Adaptable para baterías NiCd, NiMH, LiPo y LiFe.
- Modos seleccionables son S-FHSS y FHSS.
- Comprende 4 canales en el modo FHSS.
- Prueba de fallos en todos los canales en el modo S-FHSS.
- Voltajes admisibles 4,8 – 7,4V.
- Mezclas programables y dos conjuntos de aceleración de 5 puntos.
- Dos conjuntos de 5 puntos de cabeceo.
- Flaperón con rangos diferenciales.
- Flap trim.
- Elevón.

Por lo tanto se escogió como mejor alternativa el transmisor Futaba T8J y el receptor R2008SB los cuales cuentan con las características adecuadas para el funcionamiento de radiocontrol del aeromodelo Cheetah.

**Tabla 7:** Características del control transmisor

Modelo	Futaba T8J
Tipo	2-stick
Velocidad de pulso	6,8 ms
Consumo de corriente	170 mA



**Figura 30:** Transmisor Futaba T8J

**Fuente** (Tower Hobbies, 2015)

**Tabla 8:** Características del receptor

<b>Modelo</b>	<b>R2008SB</b>
Modos	FHSS o S-FHSS
Voltaje	4,8V – 7,4V
Baterías compatibles	NiCd, NiMH, LiPo y LiFe
Dimensiones	1-11/16 x 15/16 x 5/16" (43 x 24 x 7.9mm)
Peso	0,29 oz (8,3 g)
Consumo de corriente	80 mA

**Figura 31:** Receptor

**Fuente** (Tower Hobbies, 2015)

### 3.3 INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE CONTROL DE VUELO

#### 3.3.1 INSTALACIÓN GENERAL DE LOS SERVOS.

La instalación de los servos es desde los compartimientos que los contienen hasta la superficie de vuelo la cual moverán. El servo contará con un brazo mecánico el cual se inserta al engranaje del servo, este engranaje cuenta con 25 dientes.

Para ubicar el brazo del servo debemos tomar en cuenta el movimiento que se quiera obtener. Además hay que ubicar el brazo desde la posición neutral para que su movimiento sea total o de 180°.

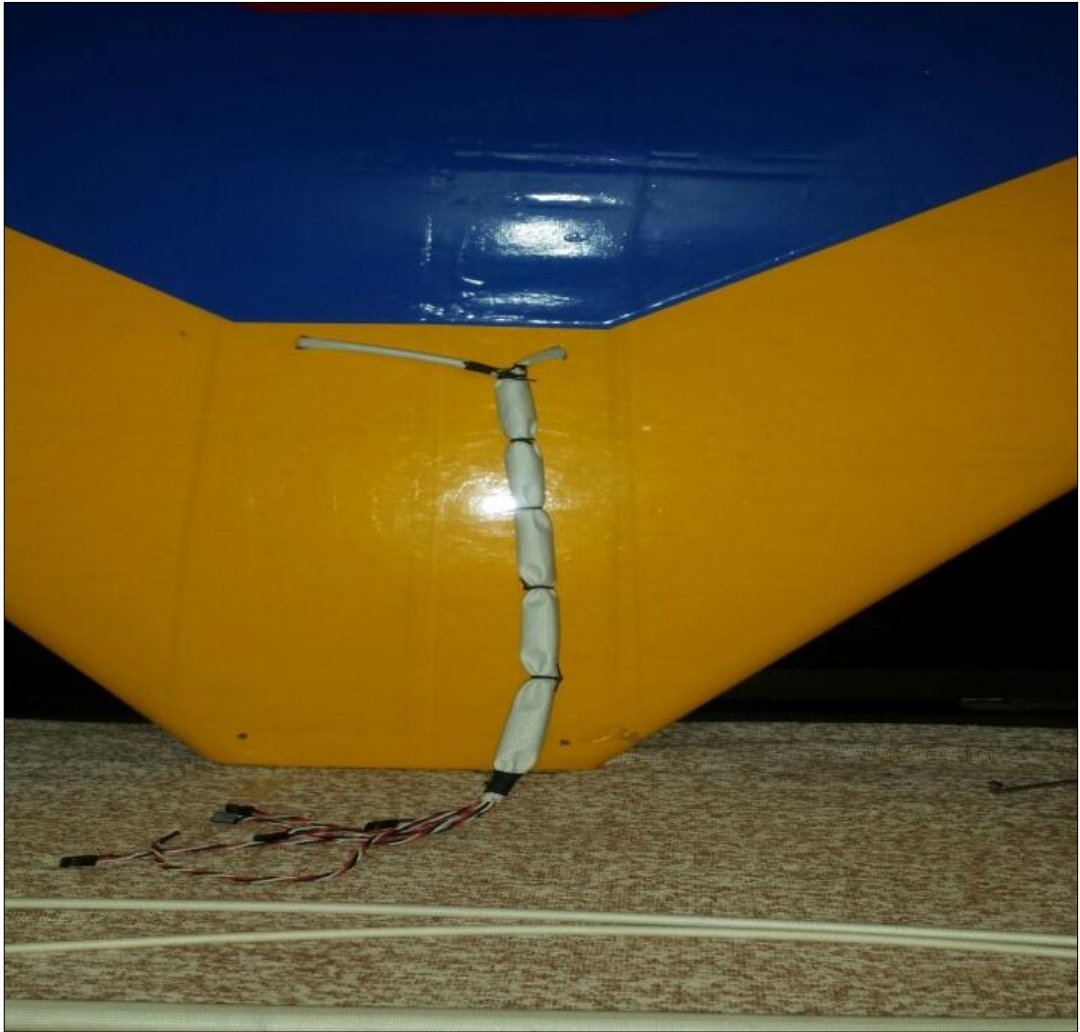


**Figura 32:** Montaje de servos

Desde el brazo del servo se alinea el control horn, el cual se encuentra en la superficie de vuelo. El control horn es una palanca la cual se junta a la superficie de vuelo, esta ayuda a que la superficie de vuelo se retraiga o despliegue de la manera en la que el brazo se mueva.

Para la instalación del control horn hay que ubicar el agujero del control horn en forma perpendicular a la ranura que existe entre el ala y la superficie del ala. Esto es para que la distancia de despliegue y retracción sea la misma. Ya ubicado el control horn se procede a realizar tres agujeros, aquí se ubicaran tres pernos los cuales se ajustan a la superficie de vuelo.

El cableado de los servos estará cubierto de un protector térmico, debido a que atraviesan el área del motor.



**Figura 33:** Instalación protector térmico

El receptor al cual todos los servos están conectados se encuentra en la nariz del avión.

### **3.3.2 SERVO EN LOS FLAPS**

Los servos para los flaps están localizados en los intrados de los compartimentos de la parte inferior del ala.



**Figura 34:** Instalación de los servos en los compartimentos

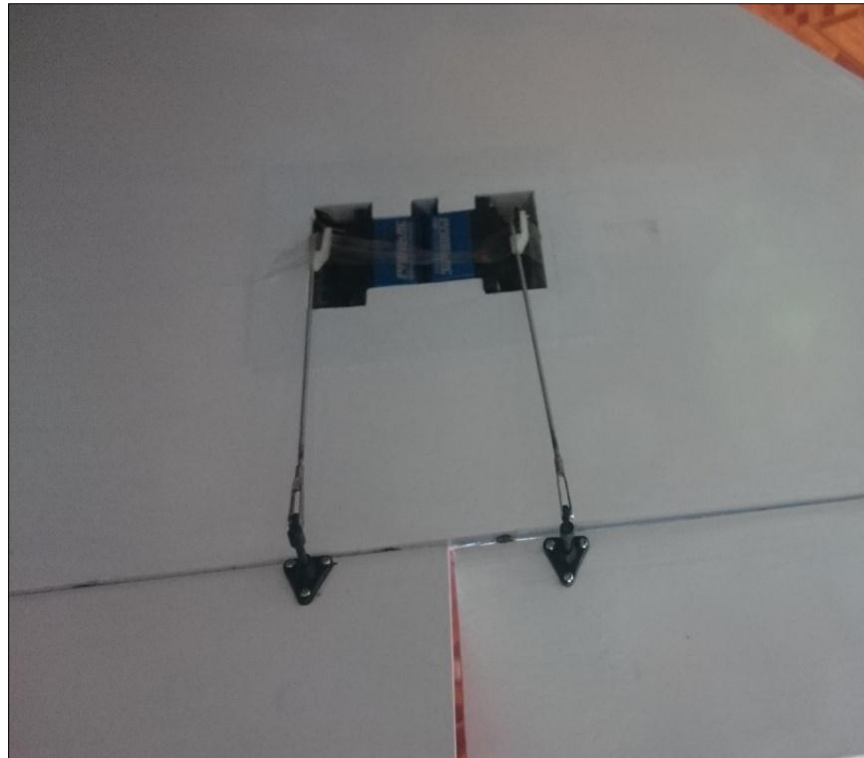
El brazo del servo es colocado en tal forma de que su recorrido sea desde su grado neutral hasta su mayor giro que es de  $180^{\circ}$ . Un servo para cada flap es unido a través de una varilla la cual es unida desde el brazo del servo hacia el control horn.

El cableado de los servos va por la parte interior del ala, está comprendido por filtros, los cuales mantienen la señal de los servos hacia el receptor y más una extensión de cable hacia el receptor. Para el control de ambos servos se utilizará un cable tipo "Y", este tipo de cable tiene una entrada y dos salidas. La entrada es hacia el receptor y las salidas van conectadas hacia el cableado de cada servo.

### 3.3.3 SERVO EN ELEVONES

El servo para los elevones se encuentra en la parte inferior del ala en la parte exterior del compartimiento. El brazo del servo debe estar en su posición neutral para que su recorrido sea de  $90^{\circ}$  a sus dos extremos. Un servo para cada elevón ayudará al movimiento mutuo de dos configuraciones tanto para elevadores y alerones.

El servo del elevón se une a través de una varilla la cual está ubicada desde el brazo del servo hacia el control horn. El cableado de los servos va por la parte interior del ala, se usaron filtros de señal en función de la longitud del cable, los cuales conservan dicha señal desde los servos hacia el receptor.



**Figura 35:** Servo del elevon

### **3.3.4 SERVO DEL RUDDER**

El servo del rudder se encuentra en la parte derecha del empenaje. El servo va ajustado dentro de su compartimiento por 4 tornillos.

El control horn se encuentra en la base inferior del rudder ajustado por 3 tornillos, hay que asegurarse que se encuentre perpendicular al brazo del servo y finalmente ubicar la varilla que va desde el servo hacia el control horn.



**Figura 36:** Instalación del servo para el rudder

La instalación de un filtro entre el receptor y el servo ayuda a mantener un voltaje continuo, hay que tener en cuenta que entre más larga sea la distancia entre el receptor y el servo resulta en una pérdida del voltaje. Con esto se obtendrá un movimiento continuo sin tener fallas en la acción del servo.

### 3.3.5 INSTALACIÓN DE TRENES DE ATERRIZAJE.

- **INSTALACIÓN DE TREN DE NARIZ.-** El tren de nariz es instalado en la parte frontal del fuselaje, este va montado con cuatro pernos a la base del pozo que ha sido construido para que el tren se mantenga dentro de la estructura cuando el avión se encuentre en vuelo.





**Figura 37:** Montaje del tren de nariz

La instalación del strut se consigue colocándolo en el soporte y ajustando con un prisionero, este remuerde la parte superior del strut con el soporte.

El neumático es instalado en la parte inferior del strut. En la parte inferior cuenta con un eje en el cual se montara el neumático y para mantenerlo fijo se ajustara por el lado opuesto con un perno.



**Figura 38:** Instalación de la rueda del tren de nariz

El funcionamiento del tren de nariz es a través del sistema neumático, el cual funciona con el kit de aire, la válvula de control de velocidad, cañerías y un servo el cual accionara la válvula de paso ubicada en la válvula de control de velocidad.

Un servo controlará la válvula a través de una palanca que irá conectada al eje movable de la válvula. Por lo tanto en el momento que el servo actúe para adelante y para atrás, estará abriendo o cerrando el paso de aire. Por lo tanto cuando el servo se activa permite el despliegue o retracción del tren de nariz.

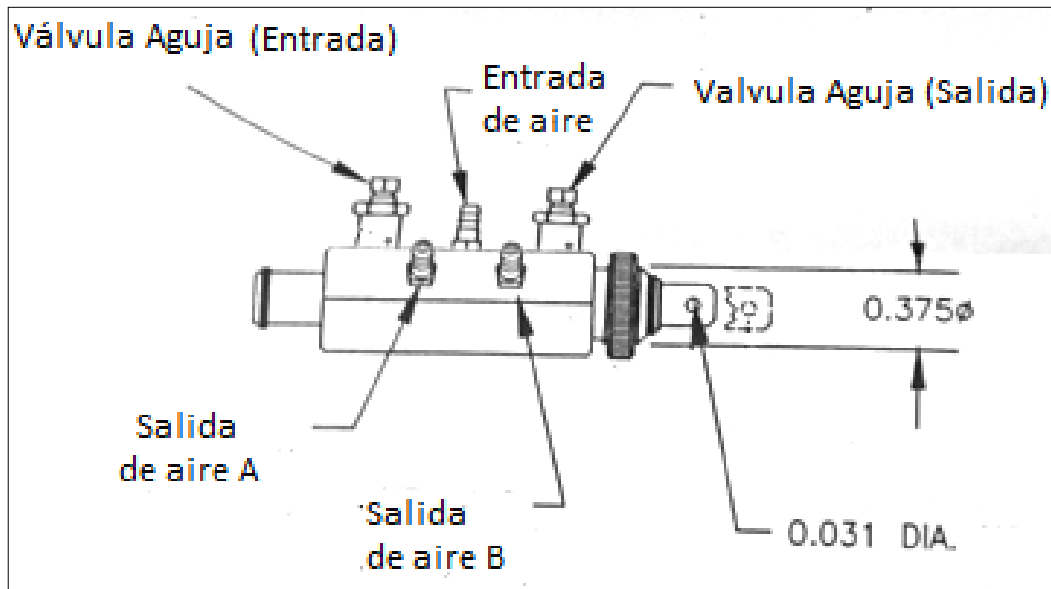


**Figura 39:** Instalación del servo y la válvula de control

- **MONTAJE DEL SISTEMA NEUMÁTICO.-** Para el funcionamiento del tren de nariz se necesita un sistema de air comprimido el cual le permite moverse, el kit de aire ayuda al despliegue y retracción del tren de nariz. Este sistema consta con un tanque de aire, una boca de llenado, cañerías y la válvula de control de velocidad.

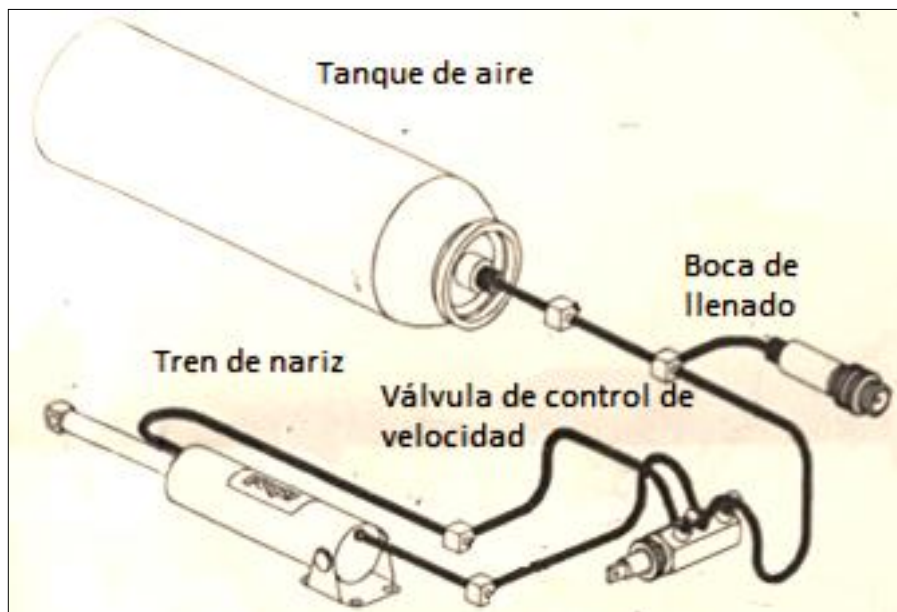
La válvula de control de velocidad regula la velocidad en la que el tren se mueve. Es una válvula con una entrada o admisión de aire y con dos salidas. La rapidez de actuación de la válvula en general depende

de dos válvulas tipo aguja ubicadas en la parte superior en la misma. Una aguja regula que tan rápido el tren va hacia arriba mientras que la otra aguja regula que tan rápido va el tren hacia abajo.



**Figura 40:** Esquema grafico de válvula de control de velocidad

El tanque de aire está ubicado dentro de la estructura en la nariz del avión, después hay que realizar una conexión tipo “Y”, esto es debido a que se necesita una conexión para la boca de llenado y otra hacia la entrada de la válvula de control de velocidad. Una válvula de salida se conecta a la toma de entrada de aire del tren mientras que la otra salida de la válvula se conecta la salida del tren para su retorno. Además contiene una boca de llenado de aire, la cual abastece al tanque de aire, esta se encuentra en el lado derecho de la estructura. Se abastece a 40 psi el tanque de aire debido a que durante las pruebas de extensión y retracción de trenes se corroboró que el gasto de presión generaba decrementos de 4 psi por ciclo de funcionamiento del tren de aterrizaje, por tanto la duración aproximada del aire en el tanque permitirá al menos 10 operaciones.

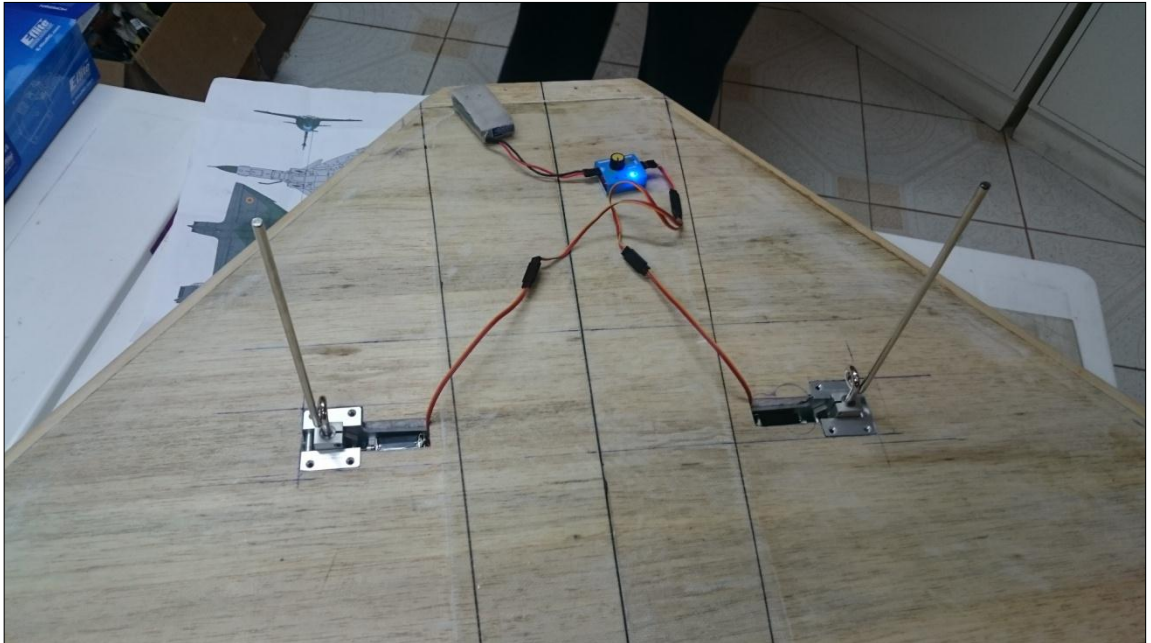


**Figura 41:** Diagrama de líneas neumáticas



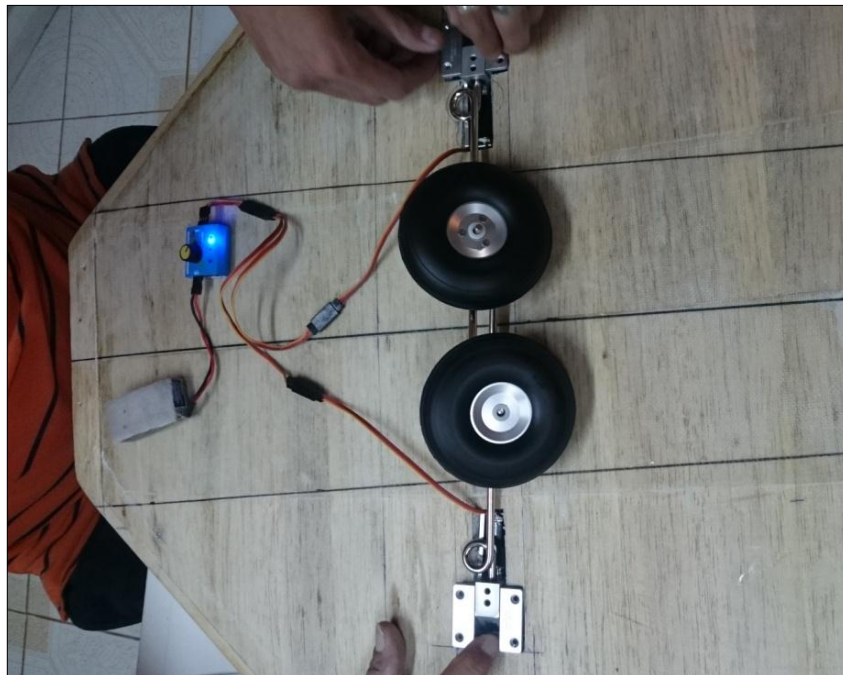
**Figura 42:** Boca de llenado del tanque de aire

- **INSTALACIÓN DE TRENES PRINCIPALES.-** La instalación de cada tren principal es a través de la sujeción de cuatro pernos, los cuales están montados individualmente en cada ala. Cada ala alberga un espacio o pozo donde se ubicarán los trenes de aterrizaje.



**Figura 43:** Montaje de trenes los trenes principales

Los trenes principales cuentan cada uno con un servo independiente, los cuales ayudan a la retracción y extensión de cada uno de ellos.



**Figura 44:** Instalación de neumáticos

Estos servos son conectados a través de una conexión eléctrica en “Y” y además unidas a otra conexión en “Y” al servo del tren de nariz, con esto se conseguirá de que todo los servos se encuentren conectados a un solo canal del receptor y así controlarlos todos a la vez con una sola orden desde el transmisor. La instalación de un filtro desde el receptor hacia el servo fue con la finalidad de evitar pérdidas de voltaje entre el receptor y el servo.

### 3.3.6 ACOPLAMIENTO DE RUDDER CON DIRECCIÓN DE GIRO DEL TREN DE NARIZ

El servo del rudder se conecta con el servo que controla la dirección de giro del tren de nariz. El movimiento de la dirección de la rueda es a través de un perno ubicado perpendicularmente al tren de nariz, el cual cuenta con dos tuercas plásticas ubicadas en sus extremos. Estas tuercas tienen incorporadas unas varillas las cuales se conectarán al brazo del servo, el cual gracias a su movimiento ayudara al movimiento direccional de la rueda.



**Figura 45:** Instalación del eje de dirección de la rueda

El servo del rudder se encuentra dentro del empenaje, esto es para no tener resistencia al avance. El servo del rudder debe tener instalado un filtro para evitar una pérdida de voltaje o interferencia al movimiento.



**Figura 46:** Extensión y filtro del rudder

La conexión de los servos se realizara a través de una conexión en “Y”, hay que tomar en cuenta la conexión de un inversor para el servo del rudder, esto se realiza para que los movimientos del rudder y la dirección se muevan siempre al mismo sentido.



**Figura 47:** Conexión del inversor

Ambos servos deberán ser conectados a un mismo canal del receptor, con esta conexión se conseguirá ahorrar un canal en el receptor.



**Figura 48:** Conexión de cableado al receptor

### 3.4 PROGRAMACIÓN DE LOS SERVOS

La programación de los servos se realiza mediante el control remoto pero previo a la programación se debe seleccionar que controles de vuelo serán designados a cada uno de los canales receptores.

El receptor en total posee 9 canales de los cuales los cuales 4 de sus canales son fijos mientras que los demás son auxiliares y el canal 9 se lo designo para la batería a bordo.



**Tabla 9:** Canales del receptor

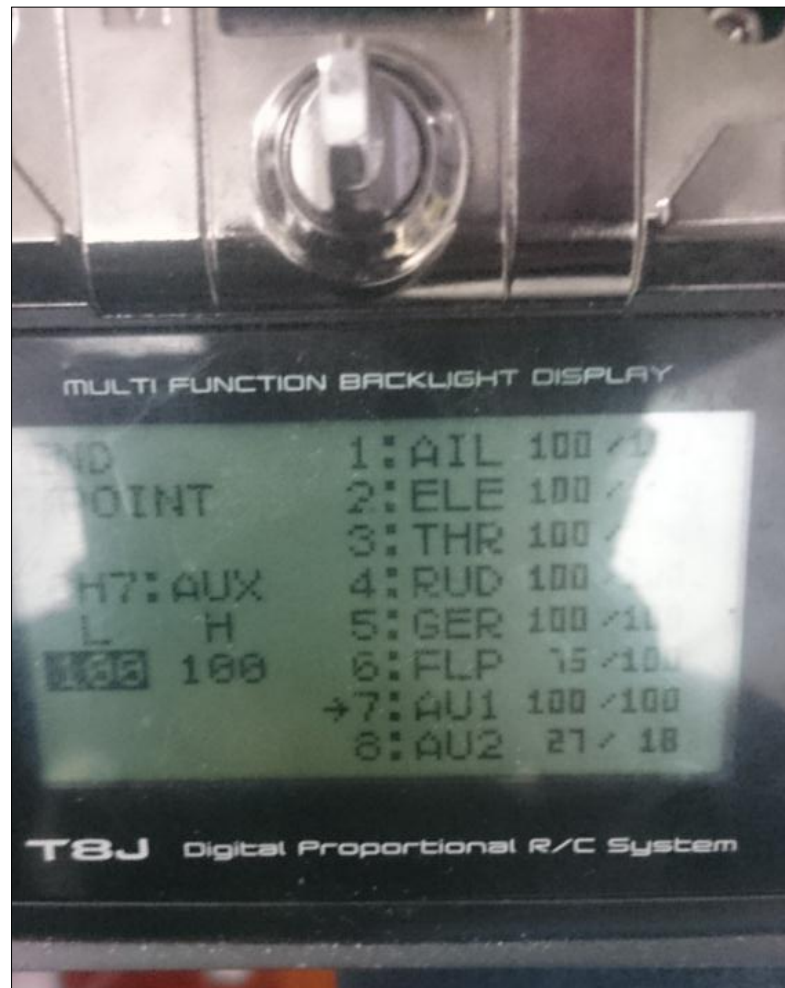
Canales	Sistemas
Alerones (Elevon)	1
Elevador (Elevon)	2
Timón y dirección	4
Flaps	6
Trenes	8
Motor	3,5

Para seleccionar los switches que accionaran los distintos canales auxiliares se debe presionar el botón del “+” en el control, haciendo esto se ingresa al menú, después se ingresa a la opción “aux channel” y se determinara cada uno de los diferentes canales.

### 3.4.1 FLAPS

En la pantalla aparecerán los canales del 5 al 8. Seleccionamos el canal 6 y movemos el switch “E” con esta acción se abra configurado el canal entendiendo que este canal será accionado con este switch de tres posiciones, con este switch de 3 posiciones se obtendrá que el flap se extienda a lo mínimo, a la mitad y su extensión total de su recorrido.

Para lograr que los flaps realicen los movimientos requeridos, se necesita limitarlos. Para esto debemos entrar al menú presionando el botón “+”, después seleccionar “end point”, luego seleccionamos el canal 6 y damos valores de porcentaje de movilidad 75/100, esto significa que en el primer movimiento se desplazara solo un 75% de su movimiento y el 100% para el movimiento total.



**Figura 49:** Programación del canal para flaps

### 3.4.2 SERVO DE ELEVONES

Para que los elevones realicen los movimientos de un elevador y un alerón se debe configurar en el control, esto se realiza para que se mueva con switch llamado stick. Para configurar se debe ingresar al menú presionando “+”, después seleccionamos “elevons”. Con esta opción se logra mezclar los canales asignados al elevón. La pantalla indicará porcentajes de movimiento tanto para el alerón y el elevador, al final no se limitará estos movimientos y se guardará.



**Figura 50:** Programación de los servos en el intermix elevón

### 3.4.3 TRENES DE ATERRIZAJE

Dentro de la opción de “aux canal” se selecciona el canal 8 y se moverá el switch “O”, este switch es de dos posiciones con esto actuara el despliegue y retracción del conjunto de trenes de aterrizaje.

### 3.4.4 RUDDER CON DIRECCIÓN DE GIRO DEL TREN DE NARIZ

La programación de este sistema es directo al canal 4 ya que en vuelo se utilizara para el rumbo y en tierra es para la dirección de la rueda en carreteo.

Para que el movimiento sea coordinado con el stick del control y las superficies, se escoge la opción de reverse en el menú, con esto corregiremos el error del movimiento asimétrico. Seleccionar el canal 4 y mover su indicación hacia un extremo y guardar.



**Figura 51:** Programación de corrección en la opción reverse

### 3.5 CONFIGURACIÓN DEL MOTOR JETCAT P80

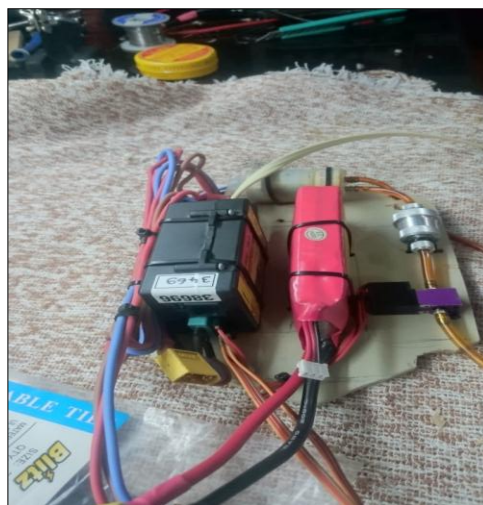
#### 3.5.1 INSTALACIÓN DEL MOTOR

El motor se va encontrar en la parte interior del fuselaje montado con 4 pernos.



**Figura 52:** Área del motor

En la parte delantera en la cabina inferior se encuentra el área de la ECU, la bomba de combustible, la válvula de corte de combustible y la batería LiPo.



**Figura 53:** Componentes del motor

Dentro de la cabina se encuentra el cableado que va desde la ECU hasta el motor, este va a través de la pared la cual separa el área del motor y la cabina. En esta sección se encuentra la válvula de corte, filtro, las mangueras de combustible, una para el motor y otro hacia los tanques de combustible.



**Figura 54:** Sección inferior de cabina

En la sección superior se encuentra la botella de propano, válvula de paso, filtro, válvula de corte y boca de llenado. La manguera de propano hacia el motor pasa a través de la pared que separa el área del motor con el de cabina.



**Figura 55:** Sección superior de cabina

Los tanques de combustible se encuentran en las paredes interiores del fuselaje. Estos se encuentran conectados entre sí a través de una manguera flexible.



**Figura 56:** Tanque de combustible

La conexión interna entre tanques es un sistema el cual permitirá el consumo de ambos tanques a la vez. Para esto se realiza una conexión de una manguera del tanque N1 al tanque N2, mientras otra manguera va desde el tanque N1 a la bomba. El tanque N2 contara con un tubo de cobre el cual funciona para la ventilación y para dar una presión positiva hacia la bomba.

Hay que tomar en cuenta que la instalación de las mangueras debe encontrarse en el fondo del tanque, esto se debe por seguridad de la bomba para evitar que esta trabaje en seco y pueda dañarse.

El abastecimiento de combustible se realiza gracias a una bomba externa la cual succiona de un lado el combustible para enviarlo a la boca de llenado del combustible instalado en el fuselaje.



**Figura 57:** Bomba de combustible exterior

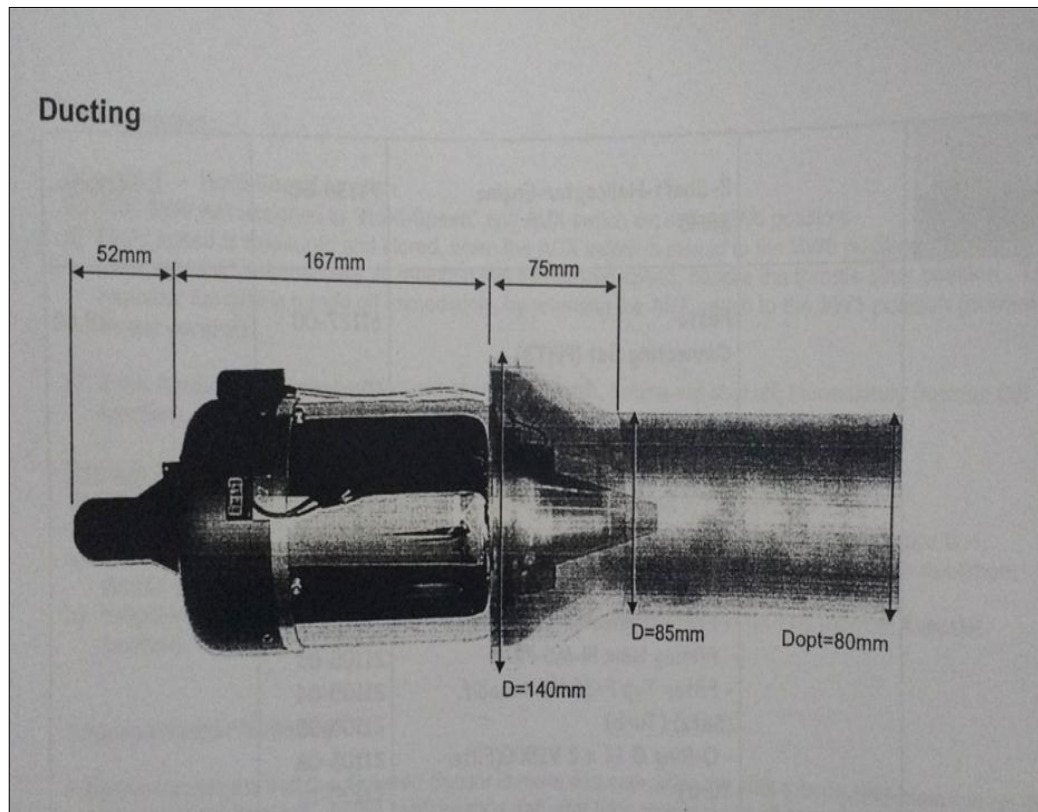


### 3.5.2 ESCAPE DEL MOTOR

El escape del motor se construyó bajo las dimensiones emitidas por el manual del motor Jetcat-P80.

**Tabla 10:** Dimensiones del escape

Entrada de escape	<b>140mm</b>
Zona intermedia	85mm
Salida de escape	80mm



**Figura 58:** Dimensiones de escape del motor

El material a utilizar es acero de 0,032" y soldado con soldura Mig. Se realizó cordones de soldadura a lo largo del escape y también alrededor de

la zona media para unirlos. Se realizó un molde en cartulina para realizar el trazo en la lámina de acero.

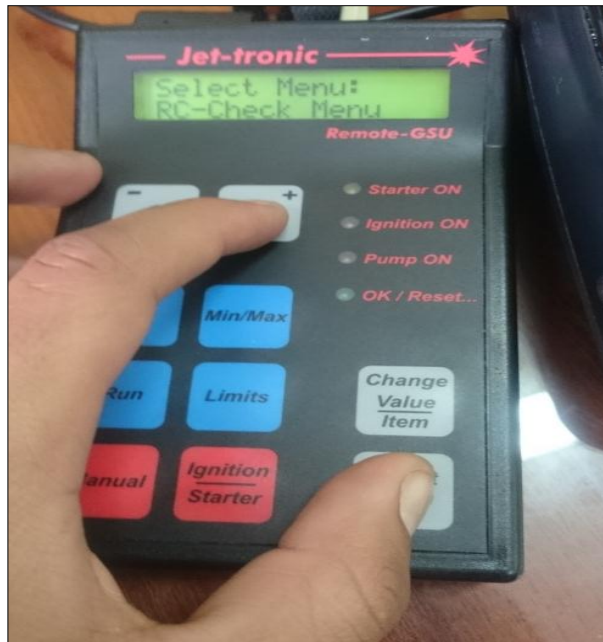


**Figura 59:** Escape del motor

### **3.5.3 PROGRAMACIÓN DE PARÁMETROS**

Dentro del GSU se configuran los parámetros del motor controlados por el radio control. Debe estar conectado principalmente los canales del throttle y auxiliar en el receptor.

En el GSU se ingresa al menú a través del botón “Select Menú”, dentro de este menú se encontrará la opción “RC-Check Menu”.

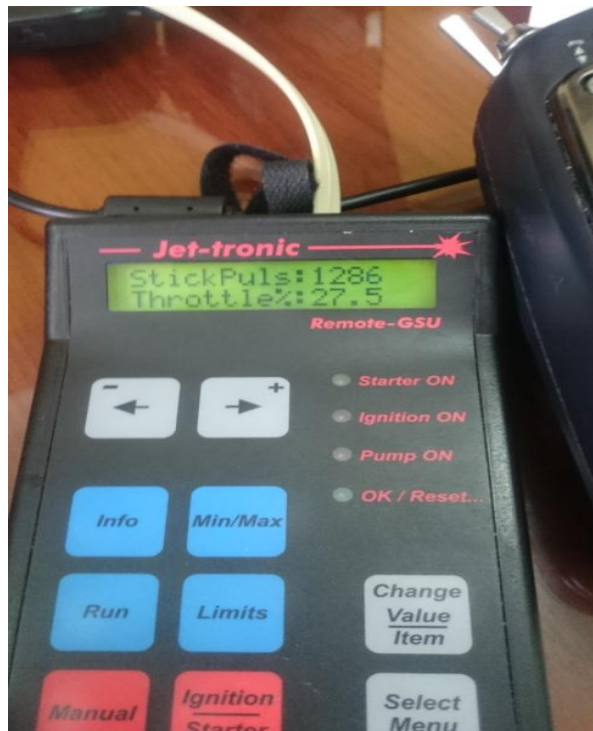


**Figura 60:** Menú del GSU

En el radio control se incrementará el trim y se verificará los siguientes parámetros: Stick Puls. En 1286 y Throttle en 27,5%, estos parámetros son con el stick en posición neutral.



**Figura 61:** Trim del radio control



**Figura 62:** Parámetros del Stick en posición neutral

Cuando el stick se ubica en la posición superior debe estar en los siguientes parámetros: Stick Puls. En 1966 y Throttle en 100%.



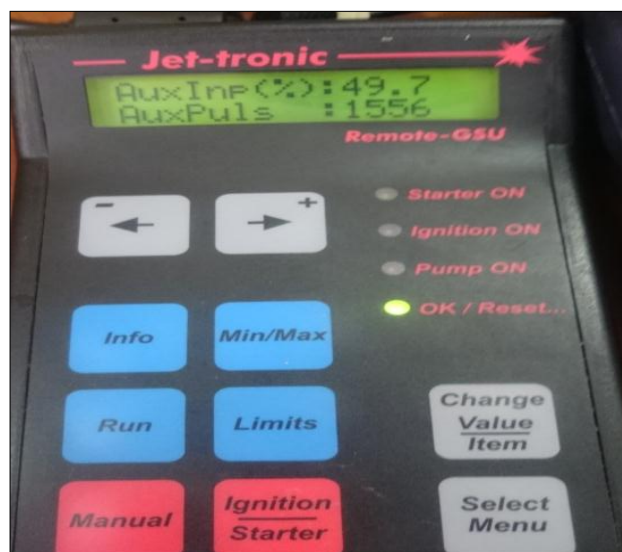
**Figura 63:** Parámetros del Stick en posición superior

El switch está configurado por cada posición que este contiene. La primera posición debe contener los siguientes parámetros.



**Figura 64:** Parámetros Switch primera posición

La segunda posición debe contener los siguientes parámetros




**Figura 65:** Parámetros Switch segunda posición

La tercera posición debe contener los siguientes parámetros.



**Figura 66:** Parámetros Switch tercera posición

### 3.6 MANUALES DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN.

	<b>MANUALES</b>	<b>Pág. :</b> 1 de 19
	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL AEROMODELO CHEETAH</b>	<b>Código:</b> MOP-AC
	<b>Elaborado por:</b> Sr. Esteban Caizapasto	<b>Revisión Nº: 01</b>
	<b>Aprobado por:</b> Tlgo. Alejandro Proaño	<b>Fecha :</b> 01/12/2015
<p><b>1. OBJETIVO</b> Documentar los procedimientos del aeromodelo Cheetah</p> <p><b>2. ALCANCE</b> Proporcionar información para la correcta utilización de los componentes, su remoción e instalación.</p> <p><b>3. MATERIALES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 Tornillos autoperforantes</li> <li>• 4 Pernos presión</li> <li>• 4 Arandelas</li> </ul> <p><b>4. HERRAMIENTAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pinzas de sujeción</li> <li>• Destornillador estrella magnetizado 1/8 o 5/32</li> <li>• Hexagonal 3mm</li> </ul> <p><b>5. REMOCIÓN</b> <b>Notas:</b> Verifique los 8 tornillos autoperforantes que se requieren para la operación de desmontaje e instalación de las cubiertas y cuadernas del aeromodelo que no presenten hilos desgastados.</p>		
		<b>Pág. 1</b>

Verifique en los orificios de las tapas no exista la presencia de desgastes excesivos que fracture o debilite el material.

Verifique que el switch de la batería se encuentre en la posición "OFF" para proceder con la remoción.

### **5.1 COBERTOR MOTOR**

1. Remover el cobertor de motor desajustando los dos pernos en sentido anti-horario.
2. Deslizar el cobertor hacia adelante para desenganchar sus guías de la estructura.



### **5.2 COBERTOR DEL EQUIPO AVIONICO**

1. Remover el cobertor desajustando el perno ubicado en la parte frontal en sentido anti-horario.
2. Deslizar el cobertor hacia adelante para desenganchar sus guías de la estructura.





### 5.3 MORRO

1. Desajuste los 3 pernos ubicados en la base del morro en sentido anti-horario.

### 5.4 REMOCIÓN COMPARTIMENTO DEL MOTOR

1. Desconectar la manguera de combustible, para esto se debe presionar el plug de conexión ubicada en la parte inferior del motor y halar la manguera al mismo tiempo.

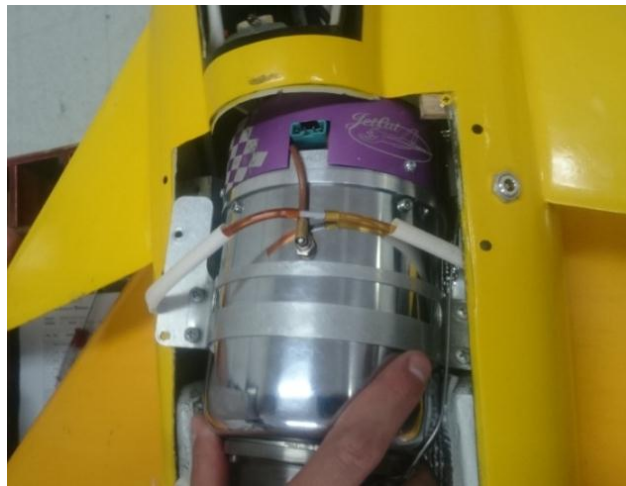
2. Desconectar la manguera de propano, se debe presionar el plug de conexión ubicado en la parte superior en el motor y halar la manguera al mismo momento.



**3.** Desatornillar los 4 pernos de sujeción del montante del motor en sentido anti horario.

**4.** Para desconectar el cable de datos y el cable del glow plug, se debe mover un poco el motor hacia la parte trasera del aeromodelo para lograr desconectar, si es necesario deslizar el tubo de escape hacia atrás.

**5.** Ya desconectado en su totalidad el motor, removerlo de forma inclinada y halando un poco la estructura para que su remoción sea más fácil.



**6.** Desconectar los cables 1,2,6 y 8 de sus extensiones, estos se encuentran dentro de un arnés cubierto de un protector térmico



### 5.5 REMOCIÓN EQUIPO AVIÓNICA

1. Desconectar la manguera de propano de la pared la cual divide los compartimentos.
2. Remover la base superior, deslizándole hacia adelante e inclinándola.



**Nota:** No remover la base completamente hasta desconectar el terminal de la válvula de corte de propano desde la ECU, la cual se encuentra en la base inferior.

3. Para remover la base inferior, primero desconectar la manguera de combustible que proviene desde el tanque hacia la válvula de paso.



4. Desconectar los terminales 3A y 5A ubicados en la ECU.

5. Desconectar el terminal de la válvula de corte de combustible, la cual se encuentra en la ECU.

6. Desconectar la batería desde la ECU.



7. Desconectar el cable de datos el cual va conectado a la ECU

8. Desconectar el terminal de la bomba de combustible de la ECU.

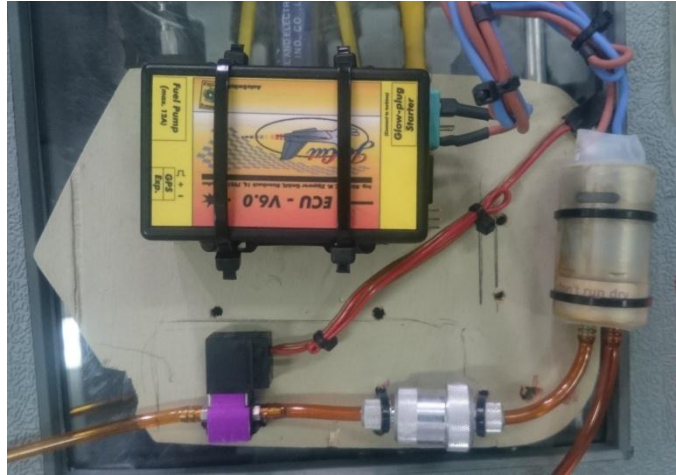


9. Desconectar el cable del Glow plug.



**10.** Remover la base, se debe mover hacia adelante e inclinar para remover con facilidad.

**11.** Remover todos los terminales que se encuentran en el receptor.



## 5.6 TOBERA

1. Remover los 4 pernos que unen la estructura y el ala.
2. Tome la tobera de los dos extremos empuje desde la parte posterior hasta que la misma caiga del mamparo.
3. La tobera debe estar con el cordón de suelda hacia arriba.
4. Brindar un pequeño giro en la misma para mayor facilidad de salida



## 6. INSTALACIÓN

### 6.1 COLOCACIÓN DE LA TOBERA DE ESCAPE

#### Ingreso:

1. Ingresar la tobera con el cordón de soldadura hacia abajo del avión
2. Es necesario la ayuda de dos personas para que guie la tobera hacia el mamparo posterior y empujar hasta la línea indicada.
3. Colocar la cuaderna posterior junto con los tornillos autoperforantes



### 6.2 CUADERNAS DE EL AEROMODELO

1. Las cuadernas se deben ubicarse con precisión en puntos donde exista debilidad estructural para reforzar el fuselaje.
2. En el fuselaje existirá una sola cuaderna móvil la cual permita su remoción e instalación ayudando en la salida de la tobera de escape.

### 6.3 MONTAJE DEL ALA

1. Coloque el ala sobre la parte inferior del fuselaje (color blanco)
2. Asegurar que al ingresar quede alineada para los pernos de sujeción.
3. Atornille hasta el ras con un  $\frac{1}{4}$  de vuelta adicional utilizando un hexagonal de 3 mm.



#### 6.4 MORRO

1. Ubique el morro en la posición que indica la fecha marcada en la parte interior del mismo e instálelo sobreponiendo la tapa al elemento de fijación
2. Alinee las perforaciones de la tapa con las del montante.
3. Instale los 3 pernos de forma cruzada; no ajuste hasta tener los 3 pernos a ras con la estructura
4. Al momento de hacer contacto la tapa con el montante proporcione un ajuste igual a  $\frac{1}{4}$  de vuelta en el perno



#### 6.5 CABLEADO ELÉCTRICO

El cableado eléctrico se encuentra identificado con números en cada terminal el cual evitará la confusión en sus canales, para lo cual se encuentran identificados:

- Canal 1: Elevón izquierdo
- Canal 2: Elevón derecho

- Canal 3 : Potencia del motor
- Canal 4: Rudder y dirección de neumático
- Canal 5: Auxiliar del motor
- Canal 6: Flaps
- Canal 8: Trenes de aterrizaje

### 1. Conexiones en el compartimento del motor:

Encontrará dos mazos de cable blindados con protección térmica marcados con los números 1,2,6 y 8, cuatro machos y cuatro hembra, Conecte de forma secuencial las parejas verificando que los colores de cable coincidan al conectar

**Nota:** En el canal 6 el cable amarillo reemplaza al blanco

### 2. Conexiones de compartimento aviónico

En el compartimento aviónico encontrar 5 terminales hembra marcado con los números 1, 2, 4, 6 y 8. Conecte al receptor Futaba los terminales de acuerdo a su número ubicados en la carcasa verificando que el cable negro siempre se ubique en el pin inferior.

**Nota:** Presionar el plug hasta el fondo del receptor



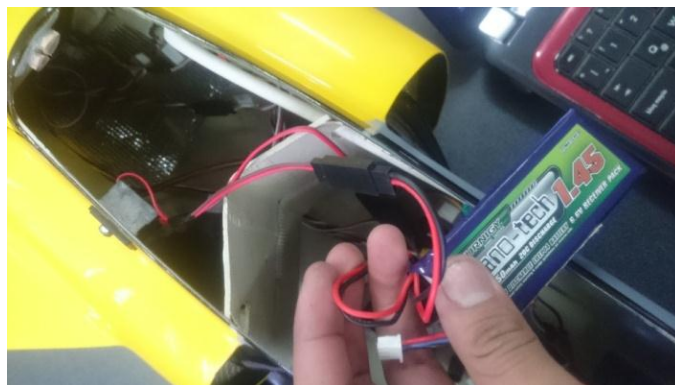
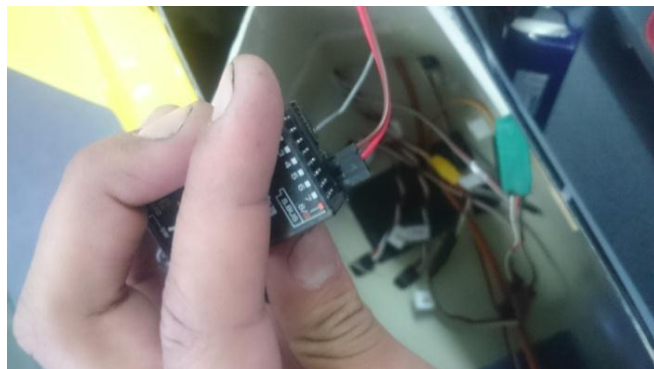
Para la instalación de los cables del motor primero identificar en la carcasa de la ECU los canales “THR CH” y “AUX CH” , luego identificar los cables



con sus terminales 3A y 3B y otro cable con sus terminales 5A y 5B. Conectar el terminal 3A en la ECU en los pines superiores de tal forma que el cable negro quede hacia la derecha, y conectar el terminal 3B en el receptor. Conectar el terminal 5A en la ECU en los pines inferiores revisando que el cable negro va hacia la derecha

El switch de la batería tiene 1 terminal hembra identificado como BAT1 y un terminal macho identificado como BAT2. El terminal BAT1 va conectado de forma horizontal hacia el canal del receptor, el cable café va en el lado derecho. Mientras que el terminal BAT2 va hacia la batería, verificar que coincidan los colores del cable.

**Nota.** El cable café reemplaza al negro.



## 6.6 INSTALACIÓN DEL MOTOR

1. Posicionar la admisión de aire del motor hacia la parte frontal del aeromodelo y verificar que la bujía y el plug se encuentren en la parte superior.
2. Ingresar el motor de forma inclinada hacia el lado derecho y por debajo de la cañería de combustible recubierta por protector térmico, halar el fuselaje de forma cuidadosa para ingresar de forma más cómoda el motor
3. Ya ingresado el motor dentro del fuselaje conectar el plug eléctrico de color verde en la parte superior y verificar la guía del plug para conectar hacia el motor.
4. Conectar el cable de datos de color blanco en el lado derecho del motor.
5. Dirigir el cable de datos de color blanco por un agujero ubicado en lado superior derecho de la pared hasta el compartimento aviónica.



6. Asentar la base del motor en el montante del motor ubicado en las paredes del fuselaje interno.
7. Alinear o guiar los agujeros de la base del motor con el montante de este.
8. Ajustar los 4 tornillos en forma horaria hasta que este consiga un buen ajuste entre la base y el montante.

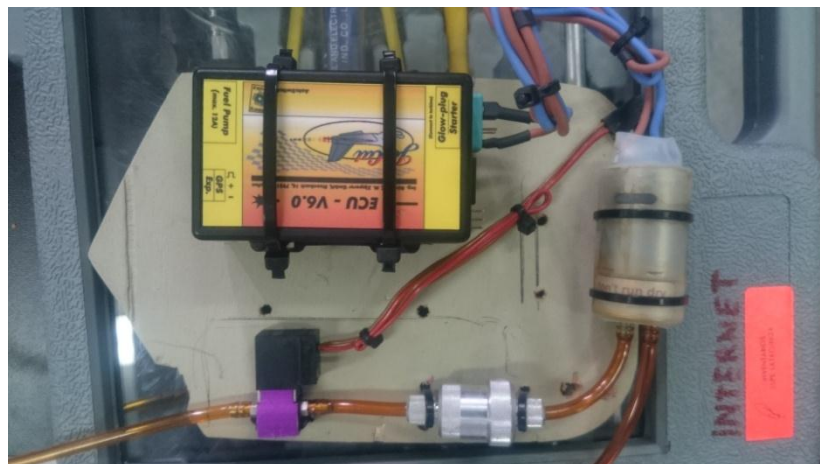


**9.** Dentro del compartimento aviónica ingresar de forma inclinada la base de color café y hacia adelante hasta que toda la base ingrese,

**Nota:** La punta de la base hacia atrás pegada a la pared

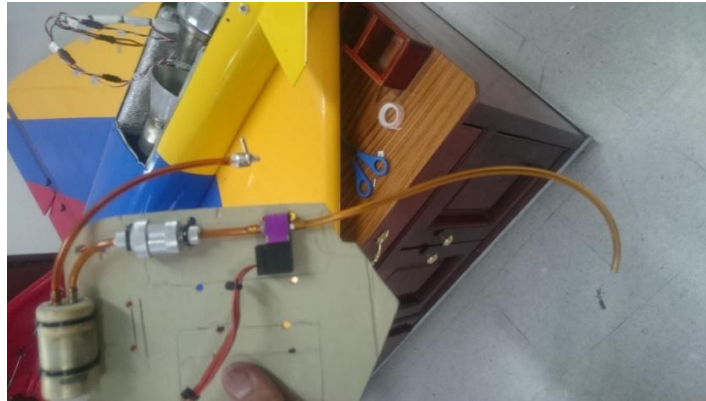
**Nota:** Aquí se encontrará la caja electrónica (ECU), bomba de combustible, filtro de combustible y válvula de corte de combustible.

**Nota:** Todos los componentes deben estar en la superficie superior.



**10.** Dentro del compartimento aviónico se encuentra una manguera de color café. Conectar esta manguera con la llave de paso ubicada de después de la bomba de combustible.

**Nota:** Calentar o expandir el extremo de la manguera para facilidad de su conexión.



**11.** Dirigir la manguera de combustible la cual proviene desde la válvula eléctrica de corte por debajo de la pared que separa los compartimentos.

**12.** Conectar la manguera en el acople rápido ubicado en la posición inferior del motor.

**Nota:** Empujar la manguera hasta el fondo y después halar la manguera para verificar que este bien conectado,



**13.** Conectar el terminal del cable de la válvula eléctrica de corte de combustible hacia el canal identificado de "FUEL" en la ECU.

**Nota:** El cable negro se conecta hacia el lado derecho.



**14.** Conectar el cable de la bomba de combustible hacia la ECU. Se encontrará la identificación en la carcasa de la ECU



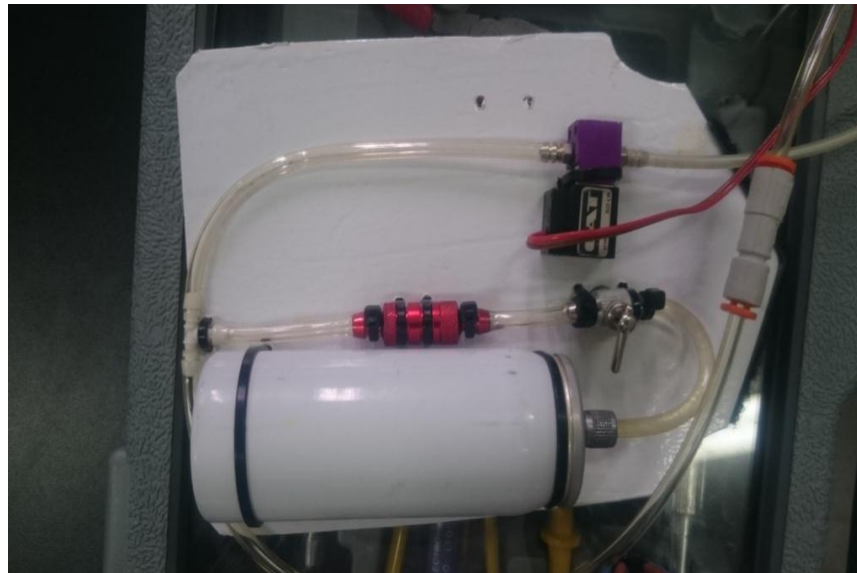
**15.** Conectar el cable de datos de color blanco hacia el canal de Temp&Rpm Sensor.

**16.** Conectar la batería de color rojo al canal de batería ubicada en la ECU.



17. Identificar y acercar la base de color blanco hacia el compartimento aviónico.

**Nota:** En esta base se encuentra el tanque de propano, la válvula de corte de propano y filtro.



18. Conectar el terminal del cable de la válvula de corte de propano hacia la ECU

**Nota:** El cable café va hacia la derecha.

**Nota:** La punta de la base va pegado hacia la derecha.



**19.** Dentro del compartimento aviónico ingresar de forma inclinada la base de color blanco y hacia adelante hasta que toda la base ingrese, esta va encima de la base de color café sobre una riel ubicada en el fuselaje.

**20.** Conectar la manguera blanca al acople rápido del motor superior atravesando por un agujero en la pared.

**Nota:** Empujar la manguera hasta el fondo y después halar la manguera para verificar que este bien conectado,

## 6.7 COBERTOR DEL EQUIPO AVIÓNICO

**1.** Ubique las dos guías de la tapa apuntando hacia el frente del avión, asegúrese de que la tapa se sobreponga al fuselaje

**2.** Deje caer la tapa sobre la estructura, alineado la única perforación a su respectiva ancla.

**3.** Atornille el perno tripe pato y de un ajuste de  $\frac{1}{4}$  de vuelta cuando el tornillo se encuentre al raz de la estructura



### 6.8 COBERTOR MOTOR

1. Alinee las guías del cobertor apuntándolas hacia la parte posterior del avión, asegúrese que el cobertor se sobreponga a la estructura
2. Presione ligeramente la parte delantera de cobertor y alinee las dos perforaciones con sus respectivas anclas.
3. Atornille los dos pernos tornillos autoperforantes hasta que se ubiquen al ras de la estructura y de un ajuste de  $\frac{1}{4}$  de vuelta.



### 7. MANTENIMIENTO


1. Chequear después que cada operación que las cañerías no presenten fugas
2. Chequear los cables de los plugs hacia el receptor no se encuentren rotos
3. Revisar los pernos de anclaje del soporte



4. Revisar los pernos del montante que estén debidamente ajustados.
5. Revise el estado del tubo de escape
6. Revise el estado de los neumáticos
7. Revise que no exista doblamiento en las varillas de los servos

## **8. SOLUCIÓN**

1. Si existen fugas en cañerías, ajustar o reemplazar cañerías. Para neumático y propano utilizar manguera de suero y si es manguera de combustible utilizar manguera de nitro de modelismo.
2. Si existen cables o extensiones rotas se debe reemplazar.
3. Si existe corrosión o desgaste en los pernos de sujeción reemplazarlos con tornillos del mismo largo y diámetro.
4. Revisar continuamente el ajuste de los pernos de sujeción, si están flojos ajustarlos o deteriorados se debe reemplazar.
5. Revisar el estado físico del tubo de escape que no presente perforaciones o desgaste en sus puntos de suelda. En caso de que esto se presente reforzar puntos de suelda o reemplazar.
6. Si existe desgaste en los neumáticos o no se visualiza su ranurado se debe reemplazarlos.
7. Si existe desgaste o dobles en las palancas de los servos se debe reemplazar.

	<b>MANUALES</b>	<b>Pág. :</b> <b>1 de 6</b>
	<b>MANUAL DE OPERACIÓN DEL AEROMODELO CHEETAH</b>	<b>Código:</b> MOP-AC
	<b>Elaborado por:</b> Sr. Esteban Caizapasto	<b>Revisión Nº: 01</b>
	<b>Aprobado por:</b> Tlgo. Alejandro Proaño	<b>Fecha :</b> 01/12/2015

### 1. OBJETIVO

Documentar los procedimientos de uso del aeromodelo Cheetah

### 2. ALCANCE

Dar a conocer al operador los pasos que debe seguir para utilizar el respectivo aeromodelo.

### 3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

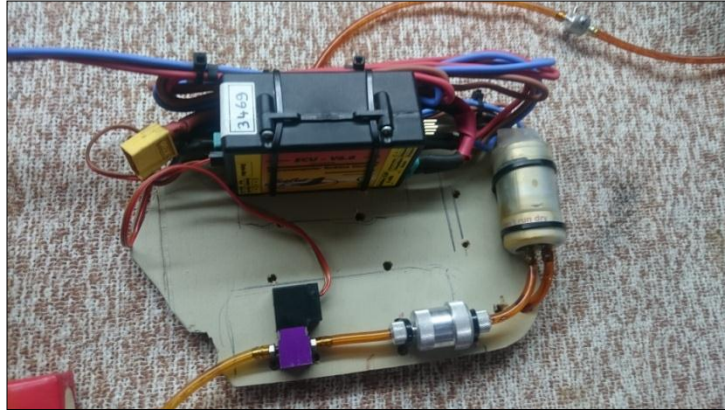
- Alto 0.40 m
- Longitudes 2,10 m
- Peso vacío. 8kg

### 4. ANTES DEL USO

- Cargue la batería de la ECU (Unidad de control electrónica).



- Preparar extintor en caso de necesitarlo.
- Revise las líneas de combustible y el filtro. Asegúrese de que estén limpios y sin restricciones.



- Mezcla del aceite del 5% en el combustible (es decir: ¼ de galón de aceite por 5 galones de JP1)
- Asegúrese que se encuentre lleno el depósito de combustible caso contrario proceda a llenarlo. .
- Asegúrese de que el tanque de gas propano se encuentre lleno es recomendable llenar después de cada encendido y tener en cuenta que se debe abrir la válvula de paso.



- Cargue el tanque de aire del tren de nariz a través de la boca de llenado a 40 PSI



- Cargue la batería antes de su uso.
- Conecte la batería al receptor.



- Encienda el control de remoto.



## 5. DURANTE LA OPERACIÓN

- Chequear los movimientos adecuados de los elevones y del rudder con el stick N2 del control.



- Chequear el movimiento de los flaps a través del Stick "E"
- Con el avión levantado asegurarse la retracción y extensión de los trenes de aterrizaje con el stick "O"
- Para el encendido del motor debe pulsar los siguientes botones simultáneamente (MANUAL IGNITION/STARTER).



- Una vez que el motor haya arrancado se debe verificar en el GSU que las revoluciones alcancen las 55.000 a 60.000rpm.
- En caso de que no alcance este rango se procede al corte de combustible y de gas propano.

- Si ha alcanzado este rango se debe observar que el motor comienza a disminuir las revoluciones hasta alcanzar las 35.000.
- Para poder observar los distintos parámetros que nos ofrece el motor debemos pulsar el botón (INFO).
- Si deseamos saber los parámetros en los que se encuentra el motor pulsamos el botón (RUN) No coloque ningún objeto delante de la toma de admisión.
- Si deseamos acelerar al motor debemos utilizar el control remoto y mover la palanca del acelerador sin exceder las 125.000rpm debido a que se apagaría el motor por un sistema de protección.



## 6. DESPUÉS DE LA OPERACIÓN

- Para apagar el motor se debe cerrar la válvula de paso del gas propano para evitar un reencendido.



- Cierre la válvula de paso del combustible para que las cámaras de combustión no se llenen.




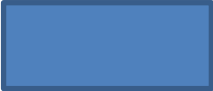
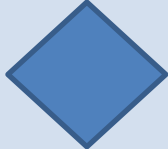


- Después de que el proceso de enfriamiento (aproximadamente dos minutos), apagar el interruptor del receptor.



### 3.7 DIAGRAMA DE PROCESOS

A continuación en la siguiente tabla se representa el esquema de los pasos secuenciales y lógicos realizados para la instalación de los sistemas de vuelo, el cual permite visualizar la instalación completa de los sistemas de vuelo para el aeromodelo Cheetah.

**Tabla 11:** Diagrama de procesos

NÚMERO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO
1	<b>Inicio</b>	
2	<b>Proceso</b>	
3	<b>Decisión</b>	
4	<b>Conector</b>	
5	<b>Fin</b>	

#### 3.7.1 DIAGRAMA DE PROCESOS DE INSTALACIÓN DE LOS FLAPS

Para realizar la instalación de los flaps se realizó pasos descriptivos a continuación:

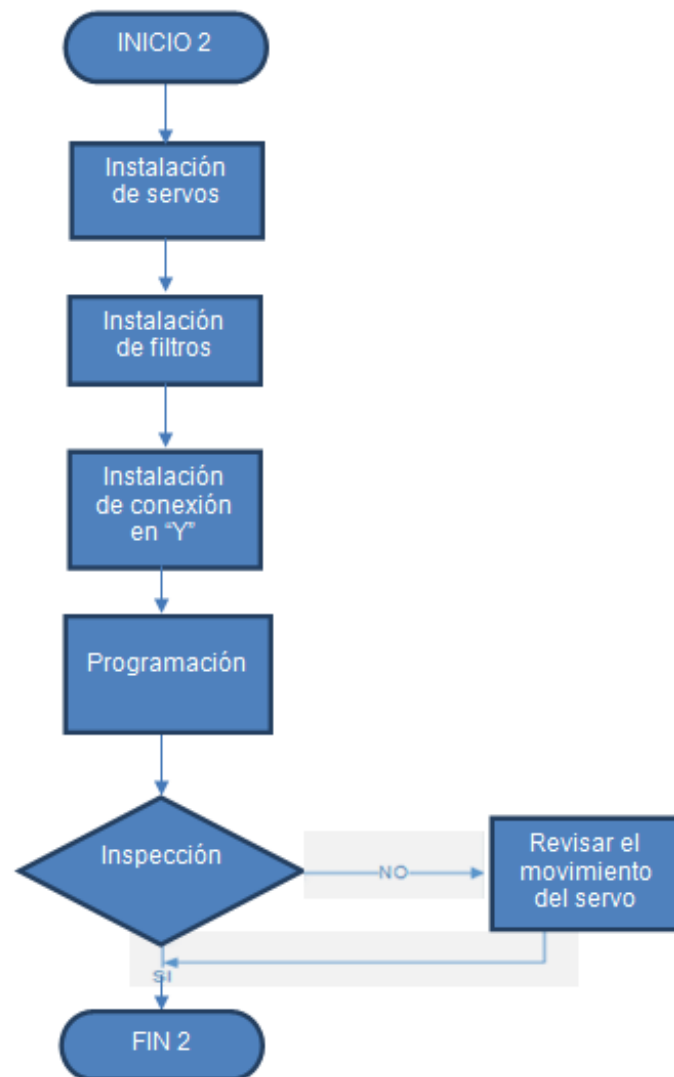




**Tabla 12:** Proceso de instalación de los flaps

Operación	Descripción
1	Instalar los servos en el compartimiento del ala
2	Instalar los filtros desde cada servo.
3	Instalar la conexión en “Y” entre los dos flaps.
4	Programar los servos para el control.
5	Inspeccionar el desplazamiento del servo.

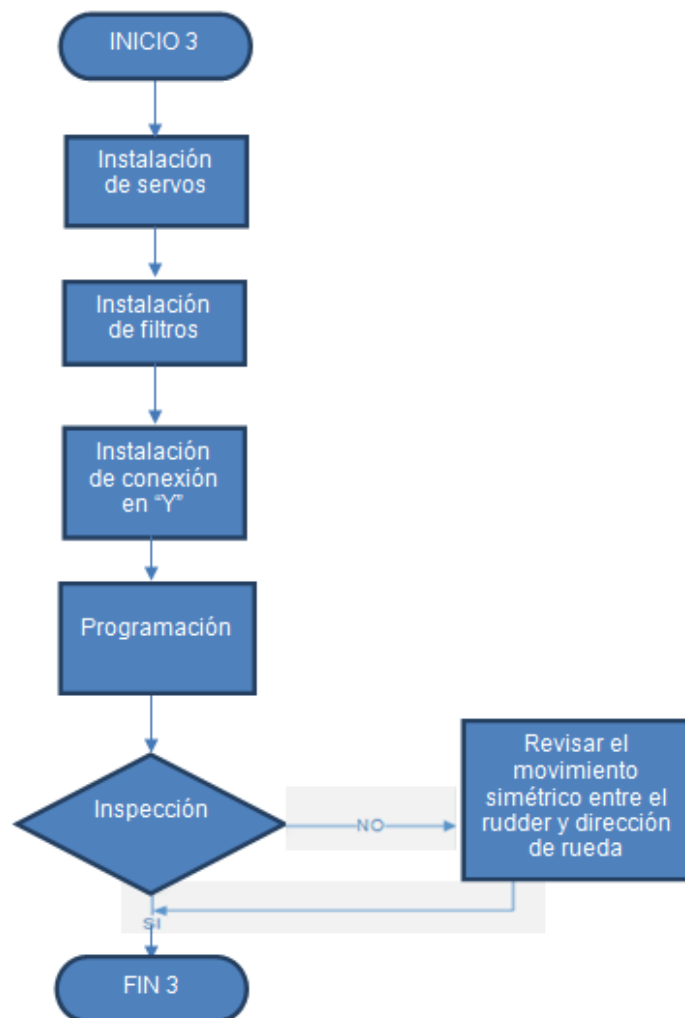
### 3.7.2 DIAGRAMA DE PROCESOS DE LA INSTALACIÓN DE ELEVONES.



**Tabla 13:** Proceso de instalación de los elevones

Operación	Descripción
1	Instalar los servos en el compartimiento del ala.
2	Instalar los filtros desde cada servo.
3	Instalar la conexión en “Y” entre los dos elevones.
4	Programar los servos para el control.
5	Inspeccionar los desplazamientos de los servos.

### 3.7.3 DIAGRAMA DE PROCESOS PARA LA INSTALACIÓN DEL RUDDER Y LA DIRECCIÓN DE LA RUEDA

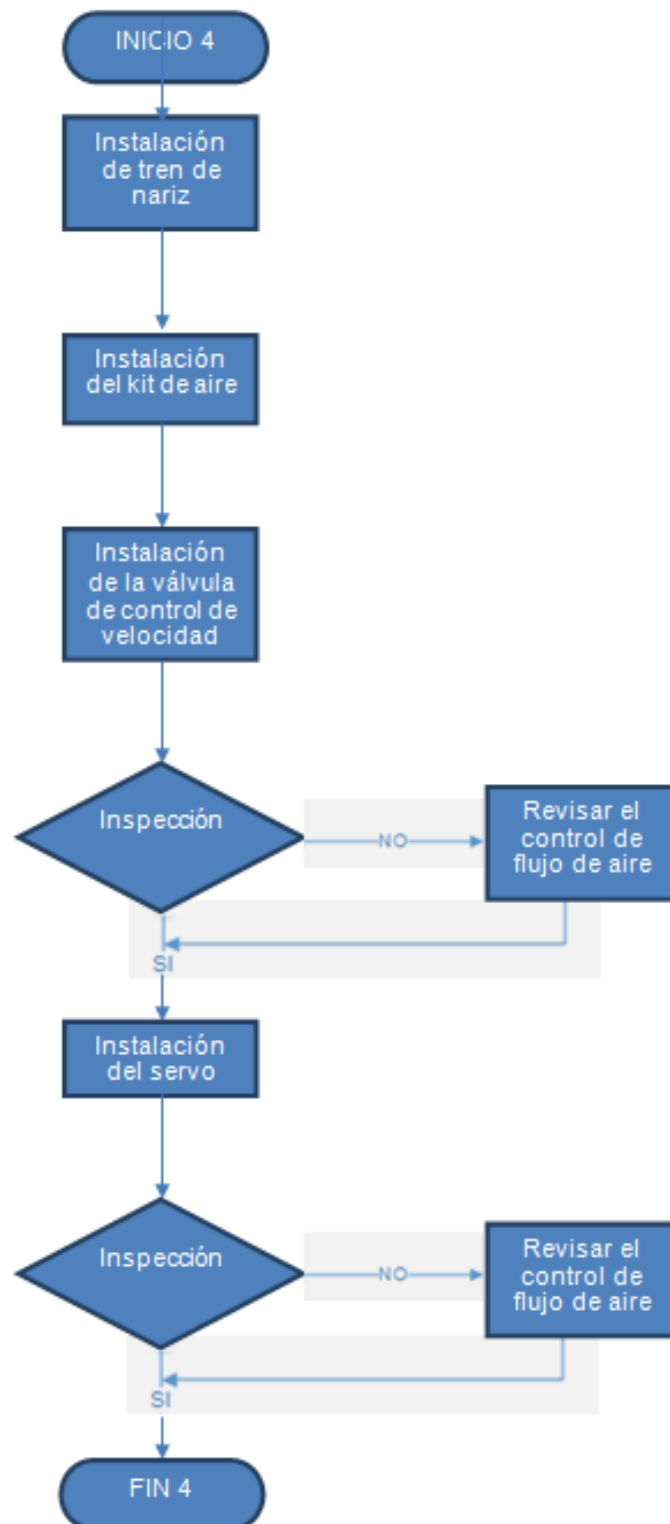


**Tabla 14:** Proceso de instalación del rudder y dirección de rueda

Operación	Descripción
1	Instalar el servo del rudder en el empenaje y el otro servo en la base detrás del tren de nariz
2	Instalar los filtros desde cada servo.
3	Instalar la conexión en "Y" entre el rudder y la dirección de la rueda
4	Programar el control de simetría hacia los servos
5	Inspeccionar los desplazamientos de los servos.

### 3.7.4 DIAGRAMA DE PROCESOS PARA LA INSTALACIÓN DE LOS TRENES DE ATERRIZAJE.

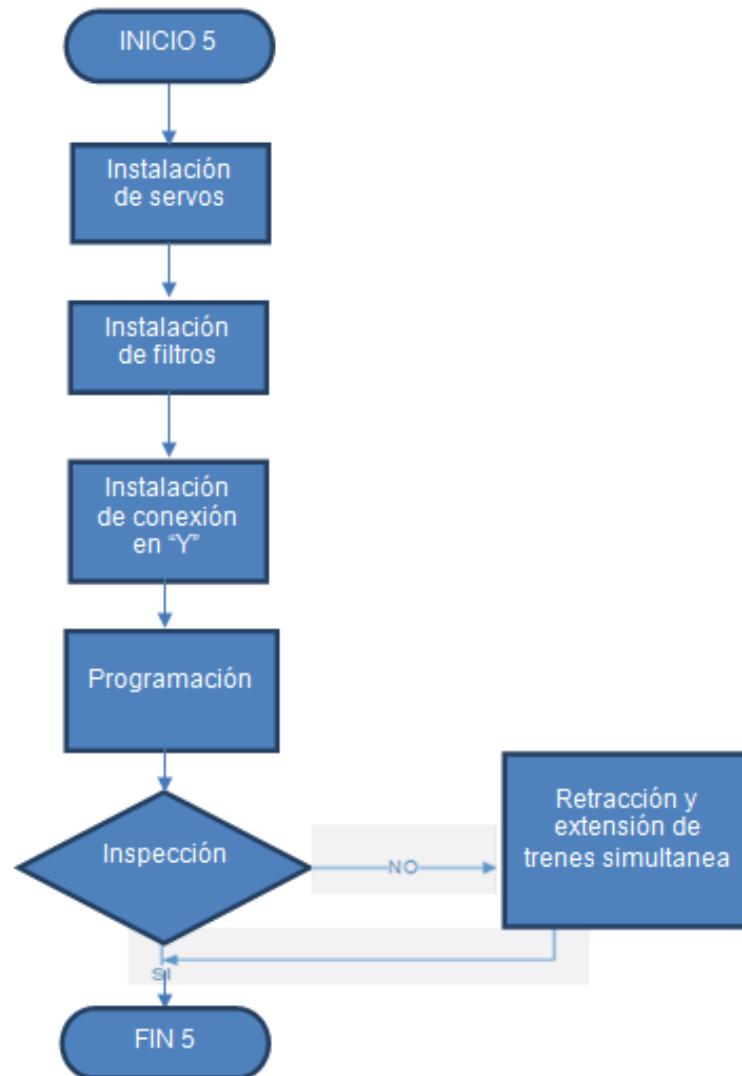
- Diagrama de procesos para la instalación del tren de nariz.



**Tabla 15:** Proceso de instalación del tren de nariz.

<b>Operación</b>	<b>Descripción</b>
1	Instalación del montante con la sujeción de 4 pernos en la base del tren de nariz.
2	Instalación de los neumáticos en cada eje de los trenes principales.
3	Instalación del tanque de aire dentro del fuselaje.
4	Instalación de la boca de llenado en la estructura del avión.
5	Instalación de la válvula de control de velocidad, regular el flujo de aire a través de las válvulas de aguja de entrada y salida hasta obtener tu velocidad de retracción y extensión deseada.
6	Inspección del flujo de aire que es regulada por la válvula de control de velocidad.
7	Instalar el servo para que abra la válvula de paso que se encuentra en la válvula de control de velocidad.
8	Inspeccionar que el servo este correctamente instalado para que abra la válvula de control de velocidad.

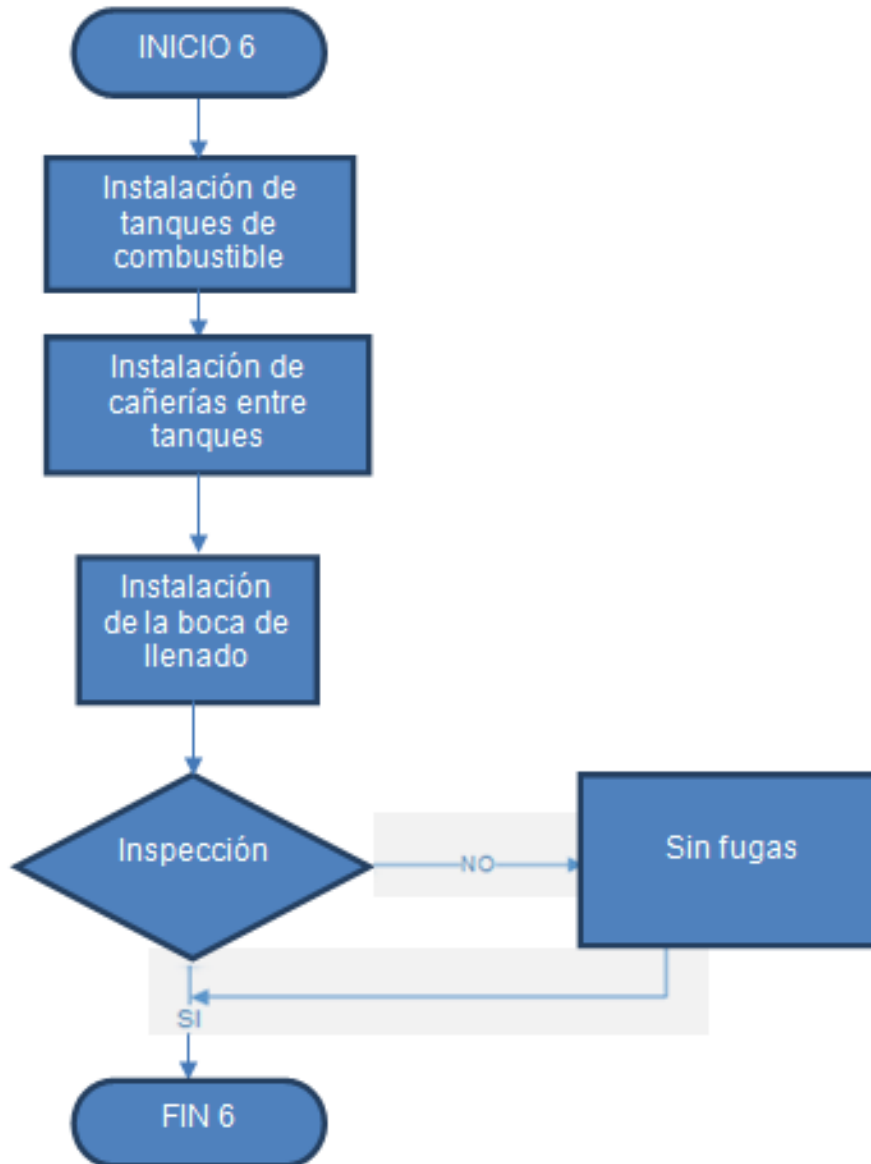
- Diagrama de procesos para la instalación del tren principal.



**Tabla 16:** Proceso de instalación de los trenes principales

Operación	Descripción
1	Instalar los servos en los soportes bajo el ala
2	Instalar los filtros en cada tren principal
3	Instalar la conexión en “Y” entre dos trenes principales
4	Programar los servos.
5	Inspeccionar los desplazamientos de los servos sean simultáneos.

### 3.7.5 DIAGRAMA DE PROCESOS DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE



**Tabla 17:** Proceso de instalación del sistema de combustible

Operación	Descripción
1	Instalar los tanques de combustibles
2	Instalar las cañerías entre tanques y hacia el motor
3	Instalar la boca de llenado en el fuselaje
4	Inspeccionar que no exista fugas en todo el sistema

### 3.7.6 DIAGRAMA DE PROCESOS DEL SISTEMA DE PROPANO



**Tabla 18:** Proceso de instalación de sistema de propano

Operación	Descripción
1	Instalar el tanque de propano
2	Instalar el filtro del propano
3	Instalar la boca de llenado en el fuselaje
4	Inspeccionar que no exista fugas en todo el sistema



### 3.8 CUADRO DE PRUEBAS OPERACIONALES

**Tabla 19:** Cuadro de pruebas operacionales

ELEMENTO	PRUEBA	ESTADO	OBSERVACIONES
<b>Elevones</b>	Desplazamientos adecuados	Giros incorrectos	Corrección en conexión del receptor
<b>Flaps</b>	Extensión	Un solo recorrido	Limitación del servo para dos recorridos
<b>Trenes de aterrizaje</b>	Extensión	No se extienden y retraen	Colocación de filtros
<b>Rudder</b>	Desplazamientos adecuados	Giros incorrectos en referencia al control	Colocación de un inversor
<b>Combustible</b>	Estanqueidad	Optimo	Sin fugas
<b>Propano</b>	Estanqueidad	Optimo	Sin fugas
<b>Control Transmisor</b>	Chequeo de canales	Optimo	Canales enganchados
<b>Sistema neumático</b>	Estanqueidad	Optimo	Sin fugas

### 3.9 PRESUPUESTO

El presupuesto que se presentó en el anteproyecto no es el presupuesto real que se utilizó en la implementación de los sistemas de control del

aeromodelo Cheetah llegando a tener variaciones durante el proceso de construcción.

### 3.9.1 ANÁLISIS DE COSTOS

Para la reparación la implementación de los sistemas de control del aeromodelo Cheetah, se llegaron a obtener costos primarios y costos secundarios que a continuación se detalla:

- **COSTOS PRIMARIOS**

**Tabla 20:** Costos primarios

N°	DETALLE	CANT.	V/U	V/T
1.	Servos	07	50.00	350.00
2.	Tren de nariz	01	120.00	120.00
3.	Trenes principales	01	150.00	150.00
4.	Kit de aire	01	70.00	70.00
5.	Neumáticos	03	10.00	30.00
6.	Control horn	2 kits	3.00	6.00
7.	Varilla	08	1.00	8.00
8.	Strut	2	8.50	17.00
9.	Extensión	5	8.00	40.00
10.	Cables en "Y"	4	8.00	32.00
11.	Filtros	07	21.00	147.00
12.	Aislante térmico	01	3.00	3.00
13.	Tubo de escape	01	150.00	150.00
14.	Botella de propano	01	15.00	15.00
15.	Especialista		500.00	500.00
<b>TOTAL</b>			<b>USD</b>	<b>1638.00</b>

- **COSTOS SECUNDARIOS**

**Tabla 21:** Costos secundarios

CANTIDAD	MATERIAL	V/U	V/T
1	Anillados	15.00	15.00
2	Empastados	20.00	20.00
3	Alimentación	20.00	20.00
4	Transporte	50.00	50.00
5	Varios	20.00	20.00
TOTAL		<b>USD</b>	125.00

- **COSTO TOTAL DEL PROYECTO DE GRADO**

**Tabla 22:** Total costos del proyecto de grado

N°.	DETALLE	VALOR TOTAL
1	Gastos Primarios	USD 1638.00
2	Gastos Secundarios	USD 125.00
TOTAL		USD 1763.00

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **4.1 CONCLUSIONES**

- Se realizó la recopilación de datos sobre las características de los servos, trenes de aterrizaje, transmisor, receptor, sistema eléctrico y neumático a utilizarse en el aeromodelo Cheetah de acuerdo a los requerimientos operacionales consiguiendo minimizar gastos.
- Los sistemas de control de vuelo se instalaron de tal forma que ninguno de los servos y demás dispositivos presenten resistencia en su desplazamiento o pérdida de señal al accionarlos, comprobando operación en función de la longitud de los cables y mediante el uso de filtros de señal.
- Las pruebas realizadas a los sistemas de control comprendidos en el aeromodelo Cheetah fueron satisfactorias, cumpliendo el objetivo en base a los requerimientos de tiempos de reacción de los servos y alcance del radio control.

#### **4.2 RECOMENDACIONES**

- Es importante reconocer los movimientos de las superficies de control sobre sus ejes a razón de una posible errónea conexión en los servos, lo cual puede ocasionar un incidente en su operación.
- En la instalación de los servos hay que tomar en cuenta no colocar la varilla en el servo hacia la superficie al momento de energizar, puesto que estos vuelven a su posición central, lo que conlleva a un sobreesfuerzo del servo pues no se encontraba en su posición para su instalación.
- Es necesario que después utilizar el aeromodelo se realice una inspección de todos los componentes así como una limpieza de los componentes para preservar el estado físico de los mismos.

- El manual de operación de Jetcat proporciona información incompleta, al momento de energizar el equipo asegúrese que nunca se exceda de 5 voltios de alimentación para los canales que controlan el motor.

## GLOSARIO

**Aeromodelo:** Avión reducido para vuelos deportivos o experimentales.

**Asimétrico:** La asimetría es una propiedad de determinados cuerpos, funciones matemáticas y otros tipos de elementos en los que, al aplicarles una regla de transformación efectiva, se observan cambios respecto al elemento original.

**Batería:** Se denomina batería al dispositivo que consiste en una o más celdas electroquímicas que pueden convertir la energía química almacenada en electricidad.

**Dispositivos:** es un aparato o mecanismo que desarrolla determinadas acciones. Su nombre está vinculado a que dicho artefacto está dispuesto para cumplir con su objetivo.

**Combustible:** es cualquier material capaz de liberar energía cuando se oxida de forma violenta con desprendimiento de calor.

**Frecuencia:** Es una magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o suceso periódico.

**Programación:** Es el proceso a través del cual un programa o aplicación informática es desarrollado.

**Resistencia:** La resistencia es entendida como la acción o capacidad de aguantar, tolerar u oponerse.

**Servo:** Es un dispositivo similar a un motor de corriente continua que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición

**Válvula:** Es un dispositivo que básicamente regula el paso de líquidos y/o gases entre diferentes conductos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adsuar, J. C. (2007). Principios de vuelo. Madrid: Thomson Parainfo.
- Aircraft Engine Historical Society. (2015, Enero 30). Deutsches Museum Flugwerft Schleißheim (3-1). Retrieved from Gas Turbine Images from Paolo Pisani:  
<http://www.enginehistory.org/Museums/Deutsches/deutschesmuseum3-1.shtml>
- Amaint Performance hobbies. (2015). Amaint Performance Hobbies. Retrieved from <http://www.amainhobbies.com/rc-cars-trucks/protek-rc-100ss-standard-digital-super-speed-metal-gear-servo-ptk-100ss/p253591>
- Boeing 737. (2000, Febrero 04). Aircraft Maintenance Manual Boeing 737. Washington, EEUU.
- Federal Aviation Administration. (2012). Aviation Maintenance Technician Handbook Airframe, Volumen 1. Retrieved from [http://www.faa.gov/regulations\\_policies/handbooks\\_manuals/aircraft/amt\\_airframe\\_handbook/media/amt\\_airframe\\_vol1.pdf](http://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aircraft/amt_airframe_handbook/media/amt_airframe_vol1.pdf)
- Federal Aviation Administration. (2012). Aviation Maintenance Technician Handbook Airframe, volumen 2. Retrieved from [http://www.faa.gov/regulations\\_policies/handbooks\\_manuals/aircraft/amt\\_airframe\\_handbook/media/amt\\_airframe\\_vol2.pdf](http://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aircraft/amt_airframe_handbook/media/amt_airframe_vol2.pdf)
- Hobby king. (2015). Hobby King. Retrieved from [http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/\\_\\_25496\\_\\_90mm\\_3\\_5\\_inch\\_Lightweight\\_Alloy\\_Scale\\_Wheel\\_Assembly\\_2pc\\_.html](http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/__25496__90mm_3_5_inch_Lightweight_Alloy_Scale_Wheel_Assembly_2pc_.html)
- Horizon Hobbie. (2015). E-flite. Retrieved from <http://www.e-fliterc.com/Products/Support.aspx?ProdID=EFLG410>
- Knezevich, J. (1996). Mantenimiento. madrid: Isdefe.
- Oñate, A. E. (2007). Conocimientos del avión. Thomson Parainfo.
- Parejo, J. C. (2009, Enero 24). Turbo Jet. The heart of the aeroplane . Retrieved from <http://www.petervaldivia.com/technology/mechanisms/turbo-jet.php>



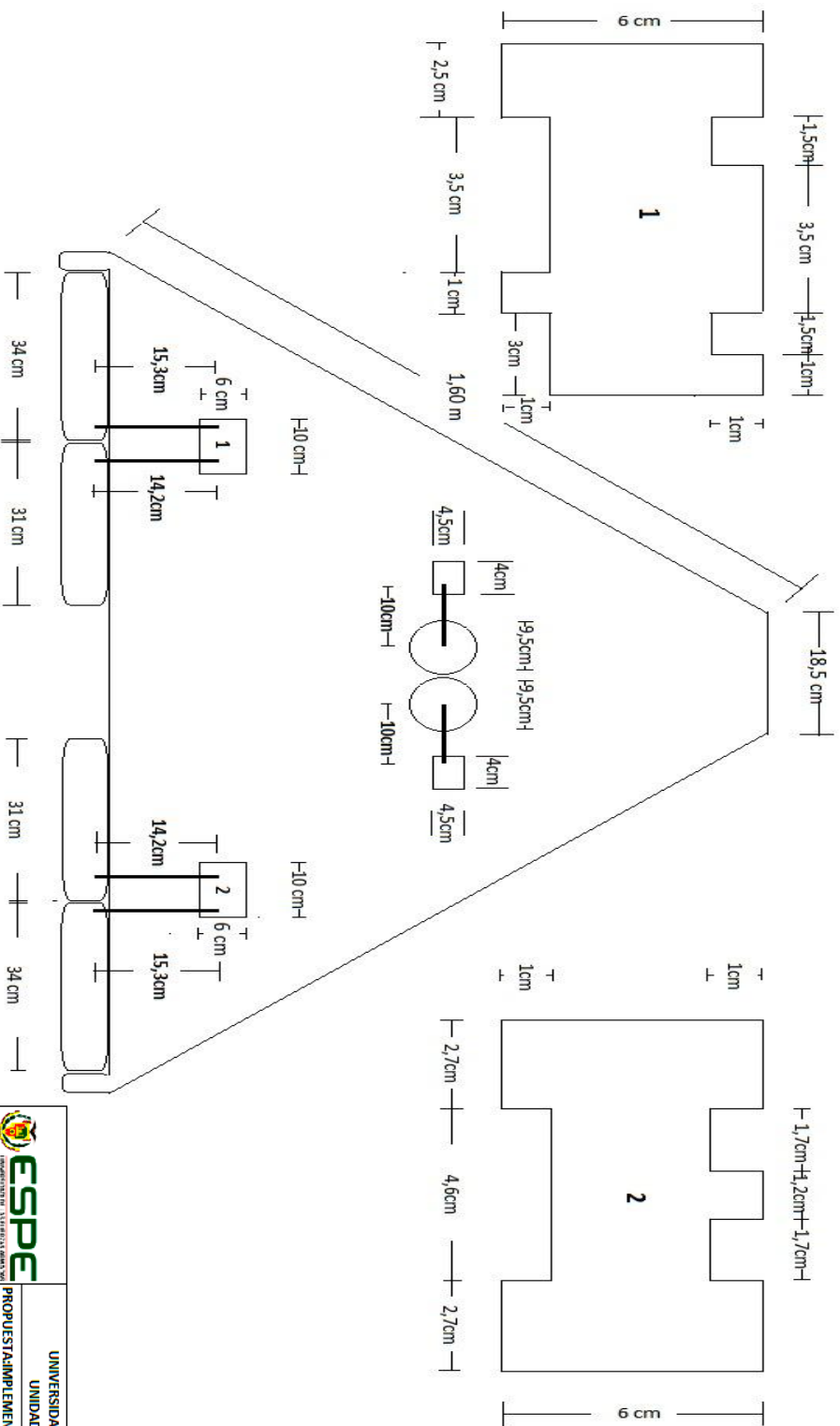
- Parejo, J. C. (2015, Enero 30). Turbo Jet. The heart of the aeroplane.
- Rivas, A. (2015, Enero 01). Motores De Turbina De Gas. Retrieved from <http://buscar-aviso.com/14004/motores-de-turbina-de-gas-a-g-rivas>
- Robart. (2014). Robart. Retrieved from <http://robart.com/collections/gear-finder-ziroli-turbinator/products/small-variable-rate-air-control-kit>
- Tower Hobbies. (2015). Tower Hobbies. Retrieved from <http://www3.towerhobbies.com/cgi-bin/wti0001p?&I=LXDBKB>
- Tower Hobbies. (2015). Tower Hobbies. Retrieved from <http://www3.towerhobbies.com/cgi-bin/wti0001p?&I=LXBWGR&P=ML>
- Tower Hobbies. (2015). Tower Hobbies. Retrieved from <http://www3.towerhobbies.com/cgi-bin/wti0001p?&I=LXPKN&P=M>
- Vilajosana, E. V. (2011). El motor de turbina. Retrieved from [http://www.aviaco-va.es/WP/motor\\_de\\_turbina.pdf](http://www.aviaco-va.es/WP/motor_de_turbina.pdf)


# ANEXO

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

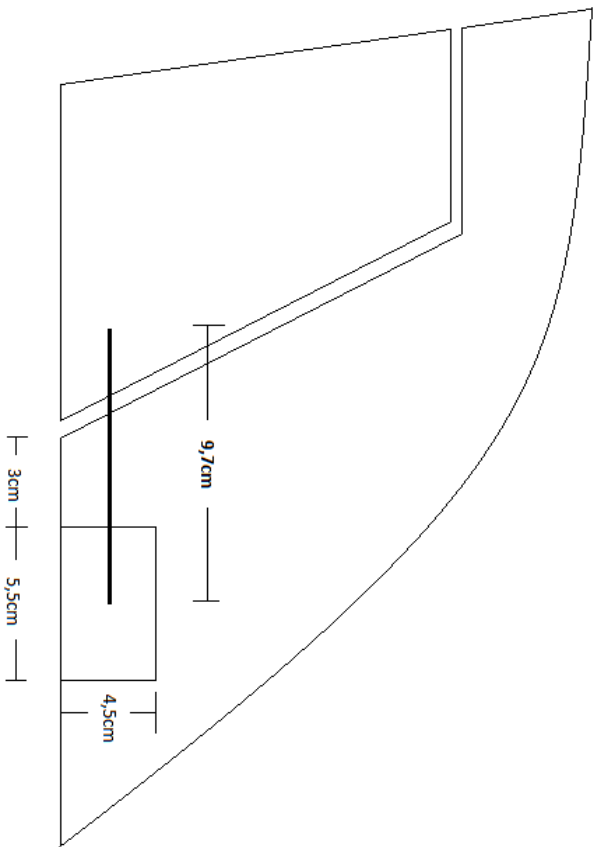
- ANEXO A** Ubicación de los servos en el ala
- ANEXO B** Ubicación del servo del rudder
- ANEXO C** Ubicación del servo del tren de nariz
- ANEXO D** Ubicación del servo de dirección de la rueda
- ANEXO E** Diagrama eléctrico
- ANEXO F** Diagrama del sistema eléctrico
- ANEXO G** Diagrama del sistema de propano
- ANEXO H** Válvula de control de velocidad
- ANEXO I** Manual del kit de control de aire
- ANEXO J** Sistema eléctrico de servos y receptor


**ANEXO A UBICACIÓN DE LOS  
SERVOS EN LAS ALAS**



 <b>ESPE</b> <small>UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE</small> <small>UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS</small>		<b>UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE</b> UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS	
PROPUESTA/IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE VUELO DEL AEROMODELO CHEETAH PROPULSADO POR EL MOTOR JETCAT-P80 PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS, DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS -ESPE			
CONTIENE: UBICACIÓN DE LOS SERVIDOS EN EL ALA			
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	RESPONSABLE LAB:	UBICACIÓN
ESTEBAN CAZAPASTO	ALEJANDRO PROAÑO	ALEJANDRO PROAÑO	LABORATORIO 1.1
			SEDE: UGT-ESPE
			CIUDAD: LATACUNGA
			FECHA: 07/12/2015
			ESCALA 1:1000
			LÁMINA: 1/1

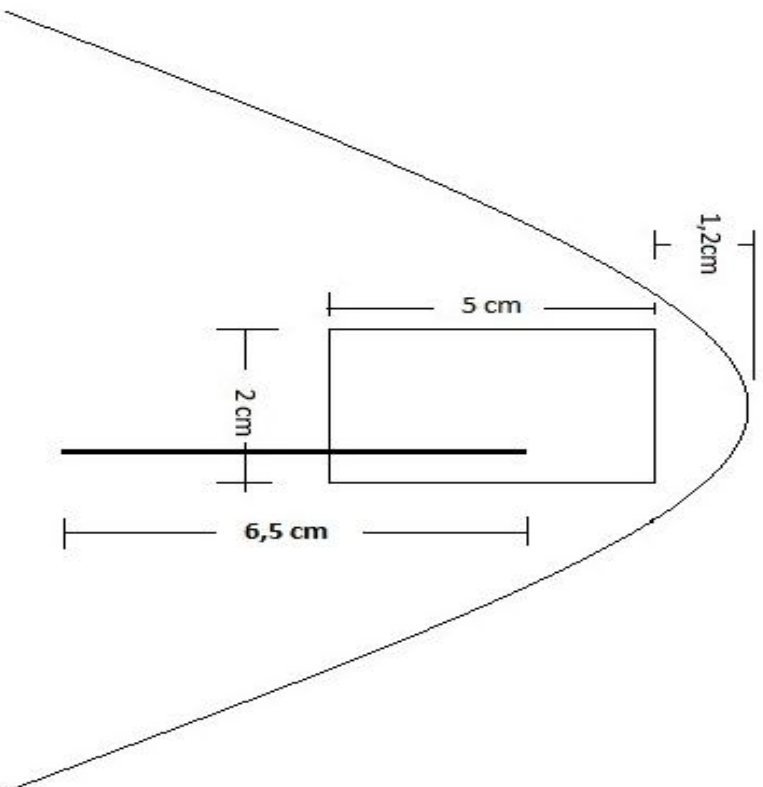
# **ANEXO B UBICACIÓN DEL SERVO DEL RUDDER**




 <b>ESPE</b> <small>UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE</small> <small>UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS</small>		<b>UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE</b> UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS	
		PROPUESTA IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE VUELO DEL AEROMODELO CHEETAH PROPULSADO POR EL MOTOR JETCAT P80 PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS, DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS -ESPE	
CONTIENE: UBICACIÓN DEL SERVO DEL RUDDER			
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	RESPONSABLE LAB:	UBICACIÓN
ESTEBAN CAZAPASTO	ALEJANDRO PROAÑO	ALEJANDRO PROAÑO	LABORATORIO 1.1 SEDE: UGT-ESPE CIUDAD: LATACUNGA
			FECHA: 07/12/2015
			ESCALA 1:1000
			LÁMINA: 1/1

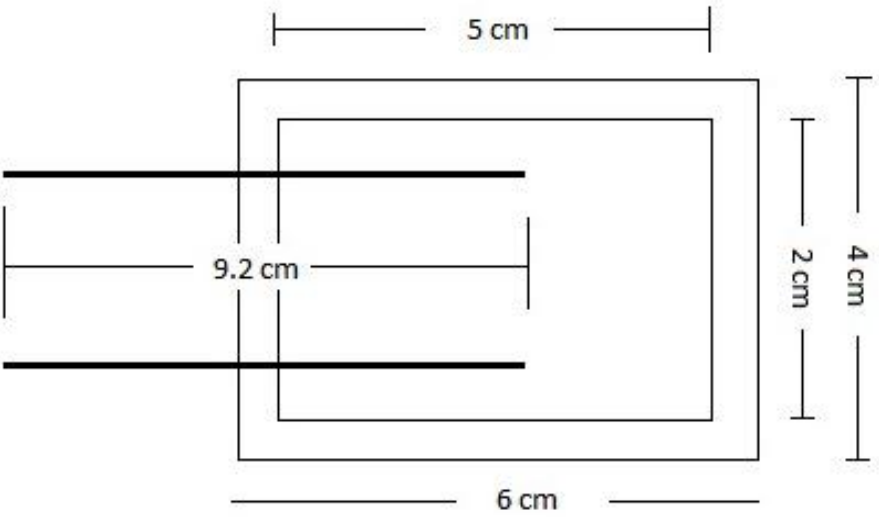
# **ANEXO C UBICACIÓN DEL SERVO DEL TREN DE NARIZ**





 <b>ESPE</b> <small>UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE</small> <small>UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS</small>		<b>UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE</b> <b>UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS</b>	
<b>PROPUESTA-IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE VUELO DEL AEROMODELO CHEETAH PROPULSADO POR EL MOTOR JETCAT-P80 PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS, DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE</b>			
<b>CONTIENE: UBICACIÓN DEL SERVO DEL TREN DE NARIZ</b>		<b>UBICACIÓN</b>	
<b>ELABORADO POR:</b>	<b>REVISADO POR:</b>	<b>RESPONSABLE LAB:</b>	<b>LABORATORIO 1.1</b>
<b>ESTEBAN CAZAPASTO</b>	<b>ALEJANDRO PROAÑO</b>	<b>ALEJANDRO PROAÑO</b>	<b>SEDE: UGT-ESPE</b>
			<b>CIUDAD: LATACUNGA</b>
			<b>FECHA: 07/12/2015</b>
			<b>ESCALA 1:1000</b>
			<b>LÁMINA: 1/1</b>

# **ANEXO D UBICACIÓN DEL SERVO DE DIRECCIÓN DE LA RUEDA**



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE  
 UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

PROPUESTA: IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE VUELO DEL AEROMODELO CHEETAH PROPULSADO POR EL MOTOR JETCAT - P80 PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS, DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

CONTIENE: UBICACIÓN DEL SERVO DE DIRECCIÓN DE LA RUEDA

ELABORADO POR:

REVISADO POR:

RESPONSABLE LAB:

UBICACIÓN

LABORATORIO 1.1

SEDE: UGT-ESPE

CIUDAD: LATACUNGA

FECHA: 07/12/2015

ESCALA 1:1000

ESTEBAN CAZAPASTO

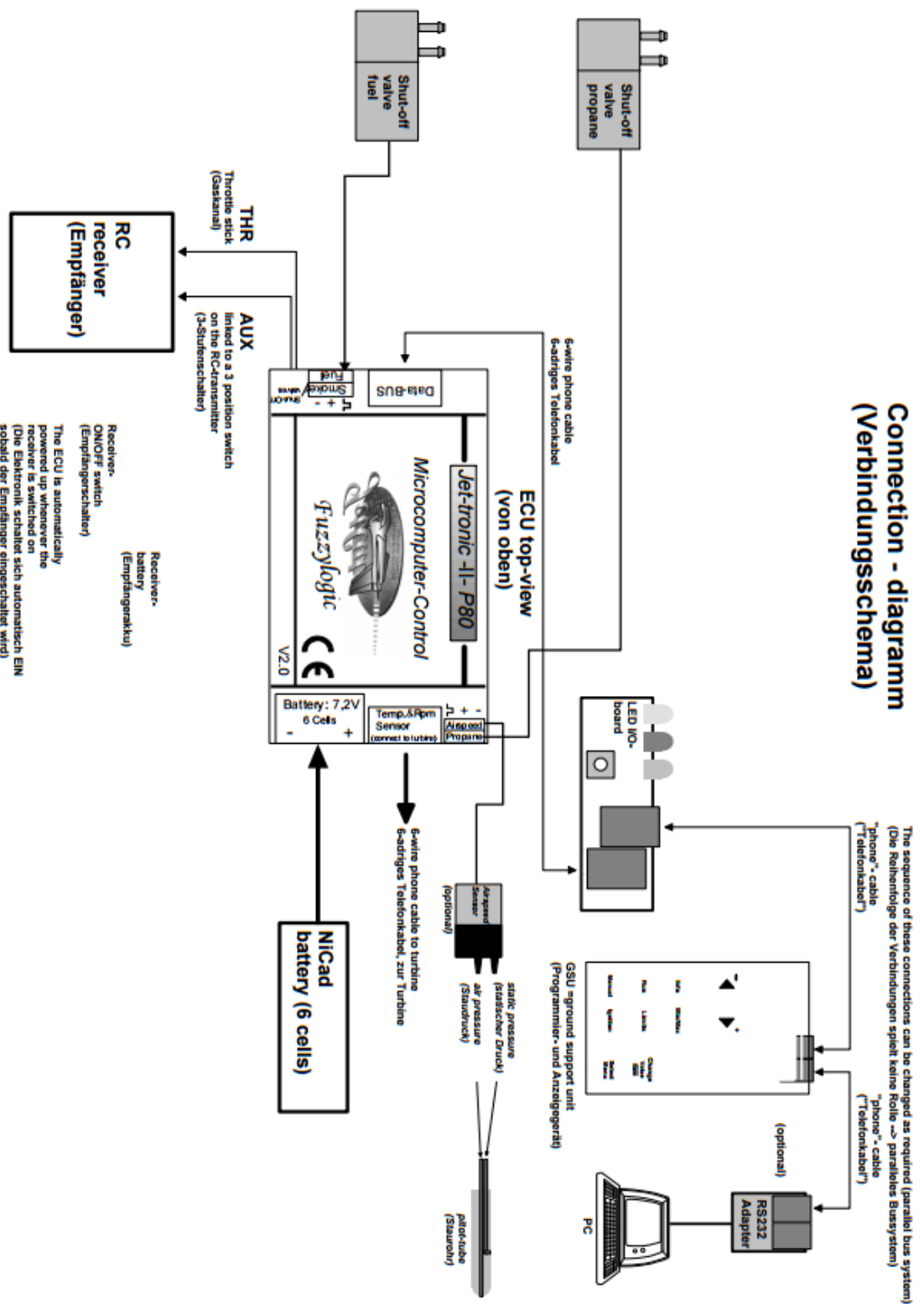
ALEJANDRO PROAÑO

ALEJANDRO PROAÑO

LÁMINA: 1/1

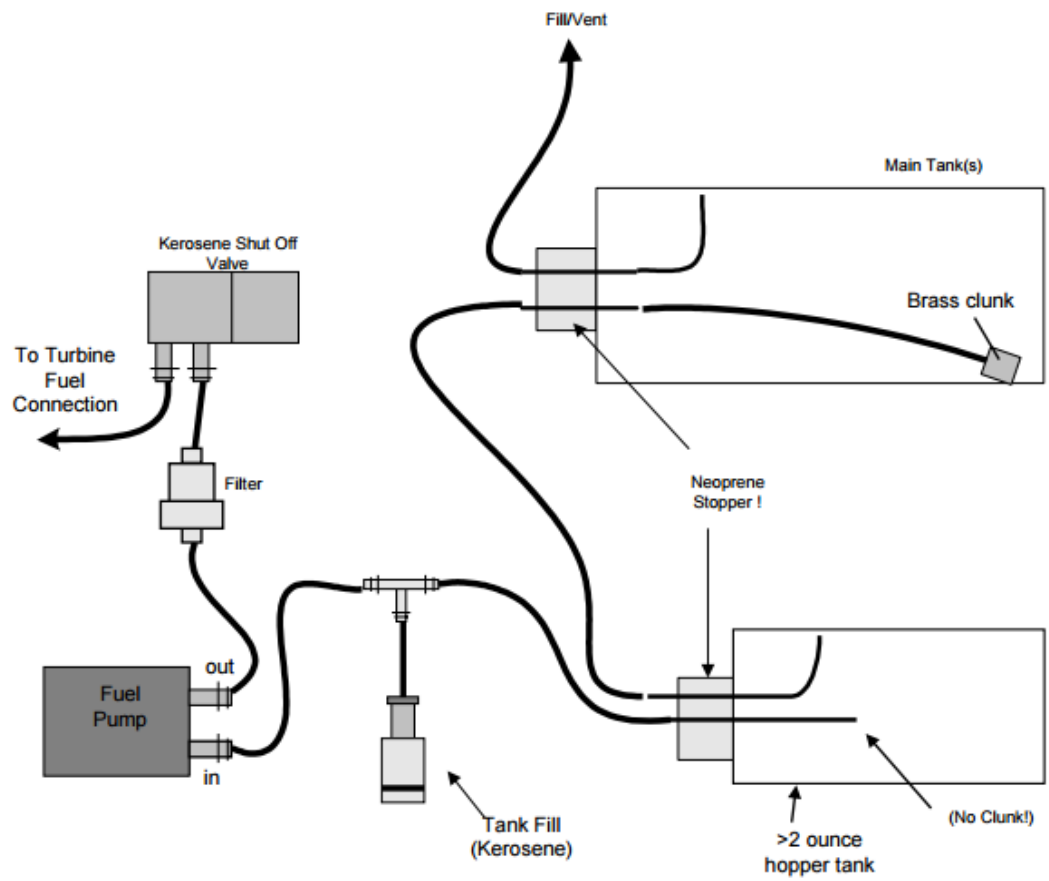
# **ANEXO E DIAGRAMA ELÉCTRICO**

# Connection - diagramm (Verbindungsschema)



**ANEXO F DIAGRAMA DEL  
SISTEMA DE COMBUSTIBLE**

**Fuel System Connection Diagram C (with Hoppertank)**

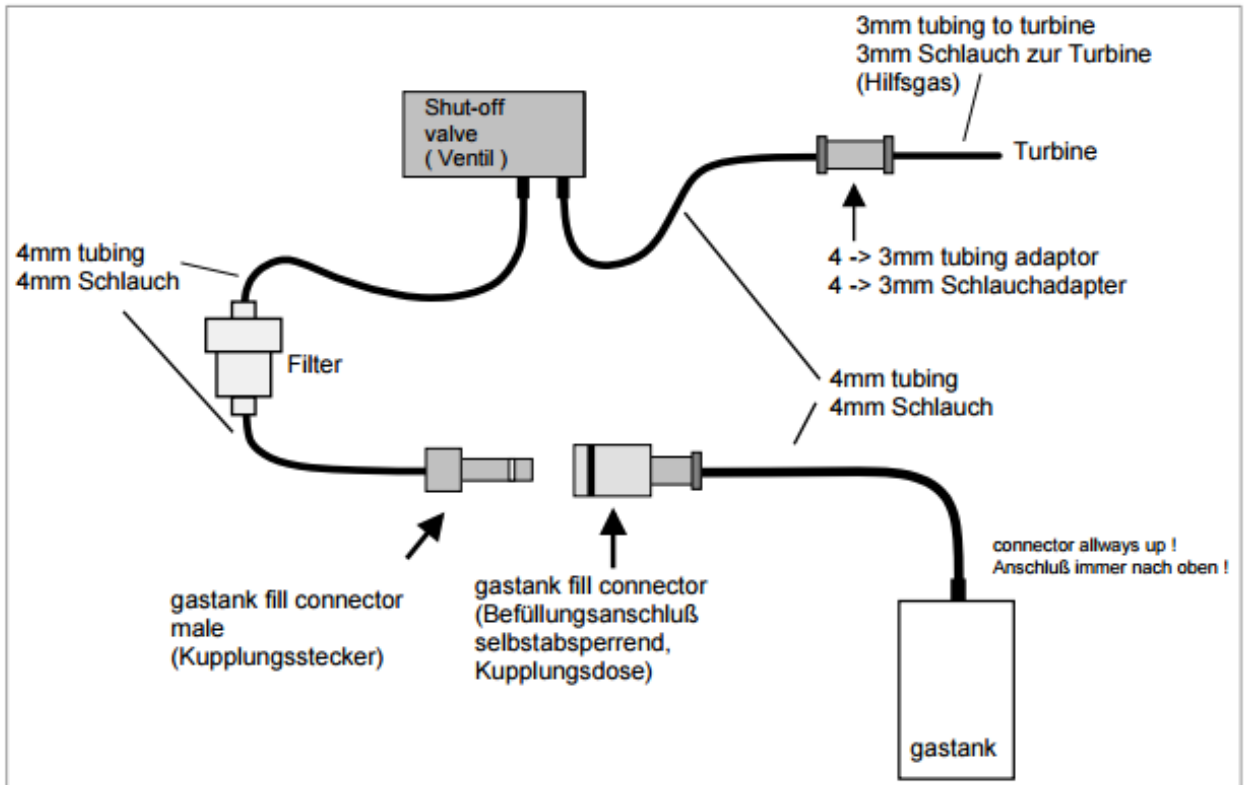


Note: All tubing 4mm

**ANEXO G DIAGRAMA DE SISTEMA  
DEL PROPANO**



### Starting Gas Diagram

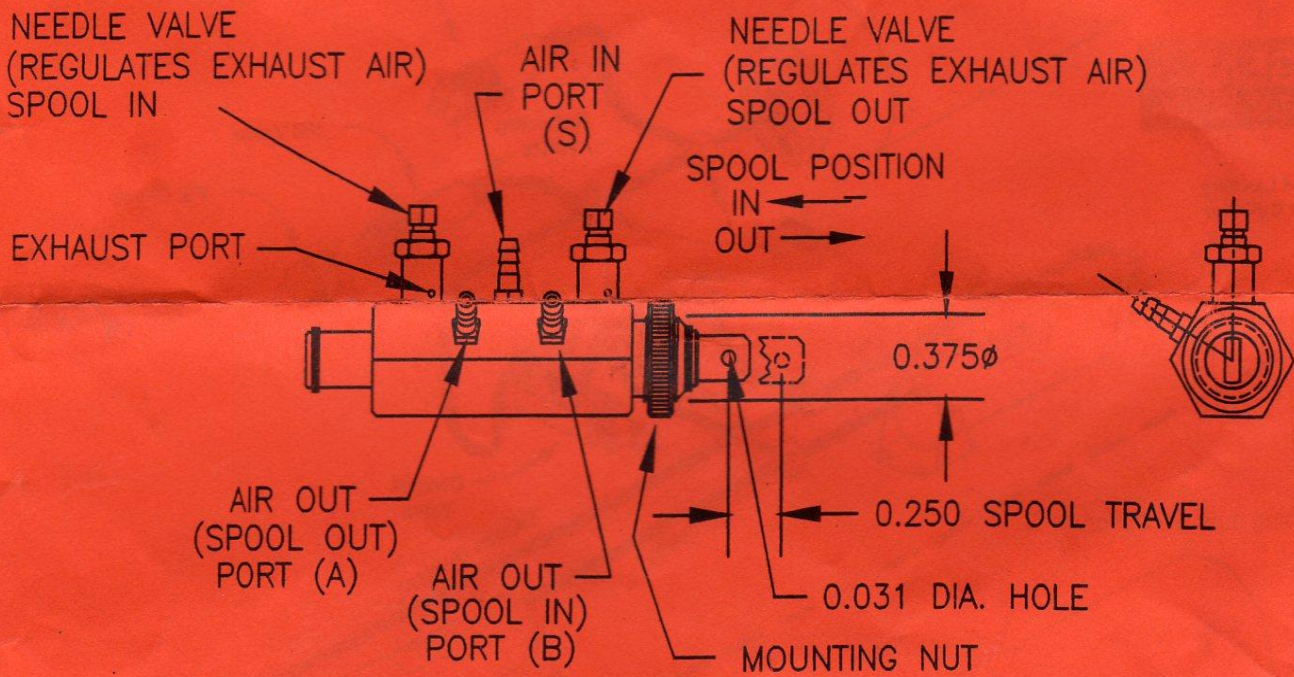


**ANEXO H VÁLVULA DE CONTROL  
DE VELOCIDAD**

# READ THIS BEFORE PROCEEDING !

## SETTING UP YOUR SPEED CONTROL VALVE

THE VALVE HAS A BULKHEAD STYLE MOUNT THRU. A 3/8" DIA. HOLE  
MAX BULKHEAD THICKNESS IS 1/8"



THE NEEDLE VALVE REGULATES HOW FAST THE RETRACTS MOVE.

BEFORE OPERATING YOUR VALVE LOOSEN THE LOCKING NUTS ON THE NEEDLES.

THE NEEDLES ON YOUR VALVE MAY OR MAY NOT BE SCREWED IN ALL THE WAY.

CHECK THE POSITION OF THE NEEDLES BY TURNING THEM BOTH IN A CLOCKWISE DIRECTION WITH YOUR FINGERS. (DO NOT TIGHTEN)

THAT WILL CLOSE OFF BOTH OF THE EXHAUST PORTS ON THE VALVE.

NOW, UNSCREW BOTH NEEDLES TWO FULL TURNS.

YOU ARE NOW READY TO ADJUST THE VALVE TO FIT YOUR RETRACTS.

ONE NEEDLE REGULATES HOW FAST THE GEAR GOES UP AND THE OTHER REGULATES HOW FAST THE GEAR COMES DOWN.

YOU SCREW IN THE NEEDLES TO SLOW THE GEAR DOWN, AND SCREW OUT THE NEEDLES TO SPEED THE GEAR UP. SCREW THE NEEDLES IN OR OUT 1/8 TO 1/4 OF A TURN AT A TIME THEN CYCLE THE GEAR. YOU MAY HAVE TO DO THIS SEVERAL TIMES TIL YOU GET THE PROPER SPEED DESIRED FOR YOUR RETRACTS. FOR THE FASTEST OPERATION THE NEEDLES MAY BE REMOVED.

WHICH NEEDLE DOES WHAT DEPENDS ON HOW YOU HOOK UP THE AIRLINES AND THE BRAND OF RETRACTS YOU USE.

AFTER SETTING THE SPEED OF YOUR GEAR LOCK THE NEEDLES IN PLACE BY HOLDING THE NEEDLE AND TIGHTENING THE JAM NUTS. (CAUTION DO NOT OVERTIGHTEN THE JAM NUTS. THIS WILL RUIN THE VALVE AND YOU WILL HAVE TO SEND IT IN TO BE REPAIRED)

**ANEXO I MANUAL DEL KIT DE  
CONTROL DE AIRE**

# robart VR AIR CONTROL KIT INSTALLATION INSTRUCTIONS

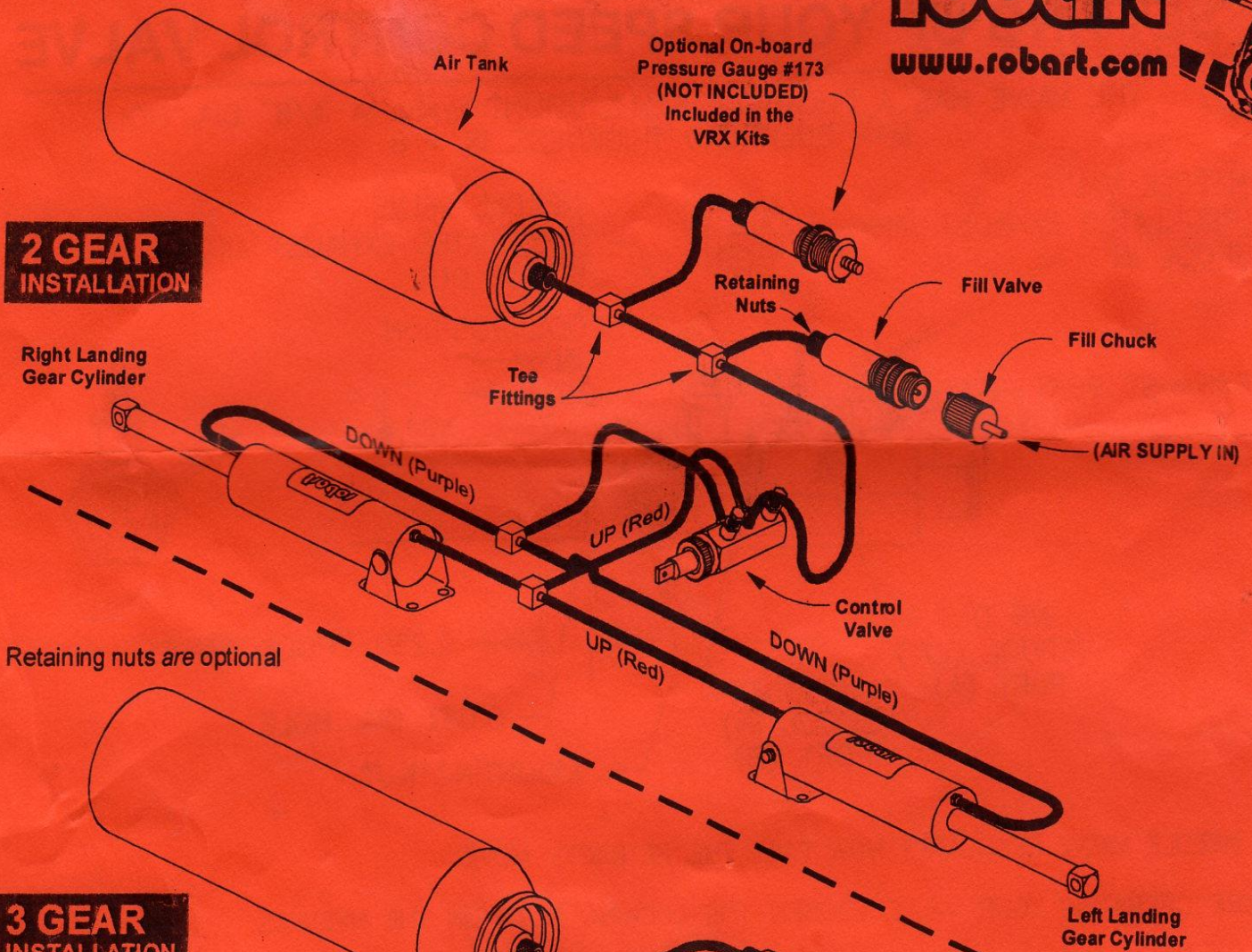
**robart**

www.robart.com

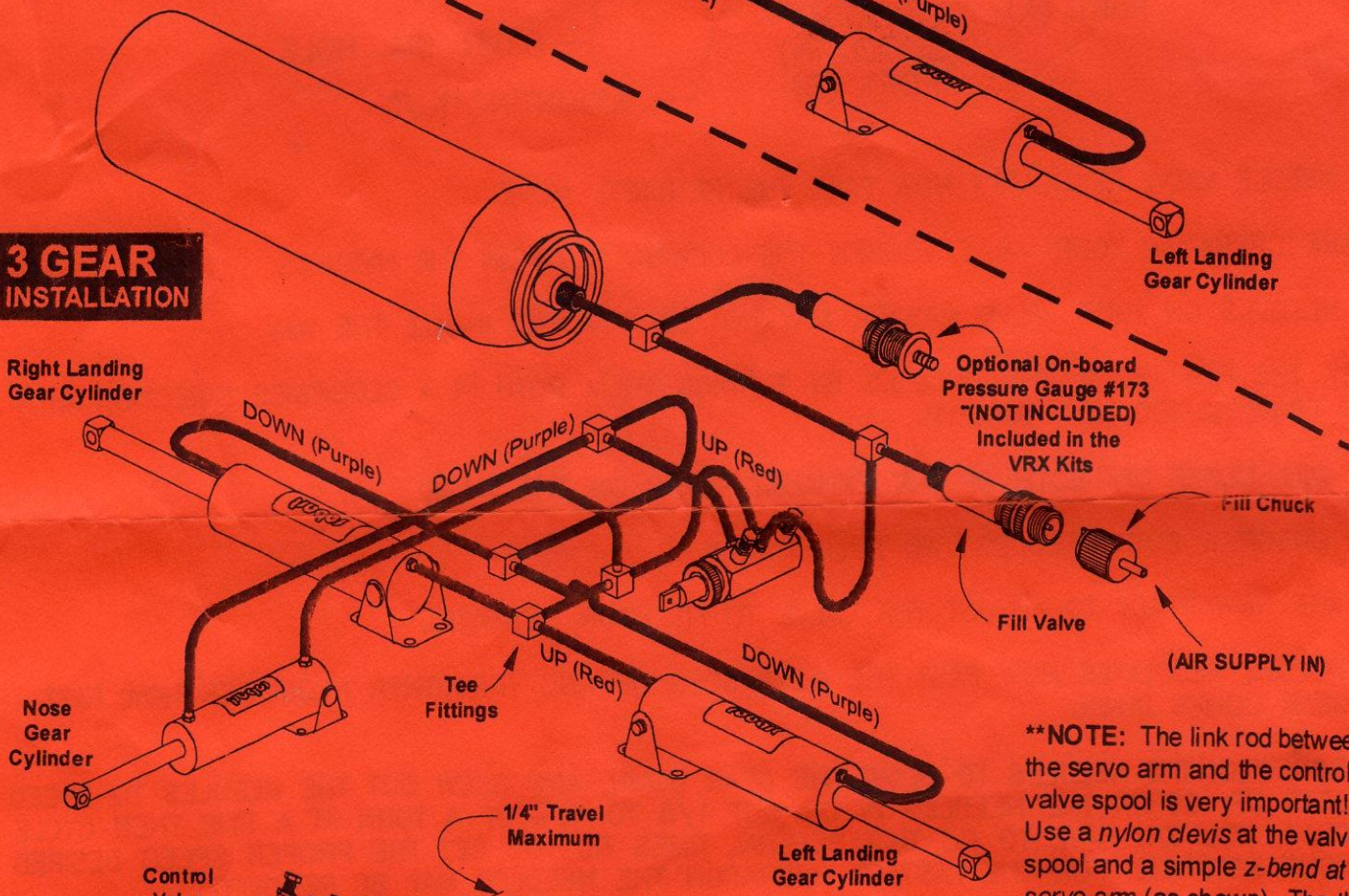


Optional On-board Pressure Gauge #173 (NOT INCLUDED) Included in the VRX Kits

## 2 GEAR INSTALLATION

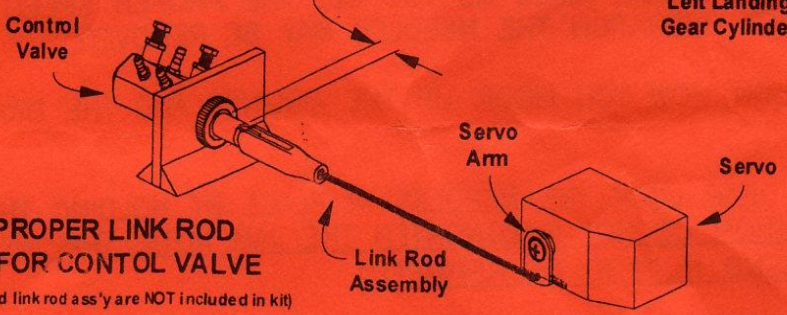


## 3 GEAR INSTALLATION

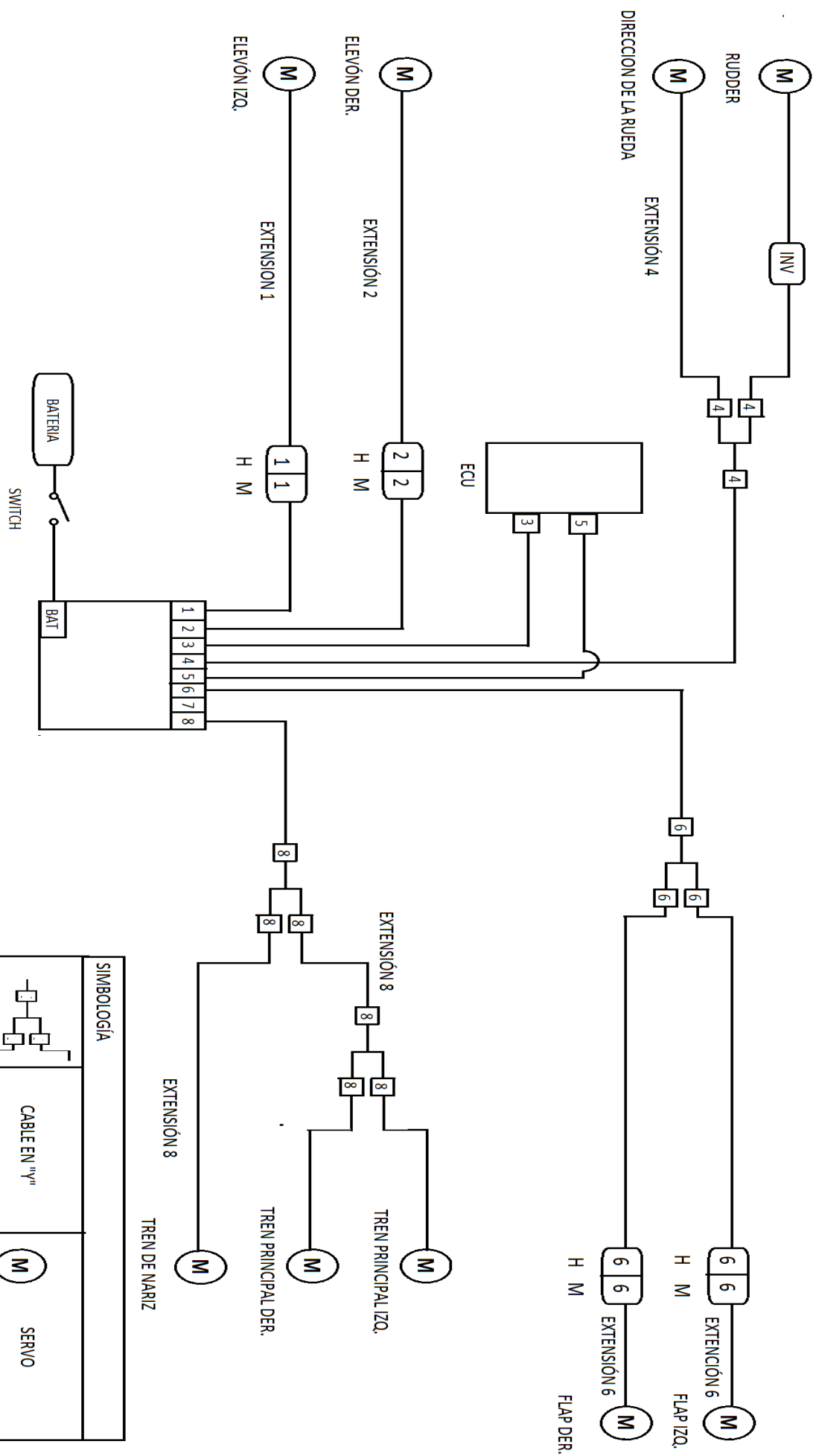


**\*\*NOTE:** The link rod between the servo arm and the control valve spool is very important!!! Use a nylon devis at the valve spool and a simple z-bend at the servo arm (as shown). The throw on the servo arm should allow for approximately 1/4" of travel. This will keep any excessive side loads on the valve spool minimal and, in turn, prevent any leakage around the valve spool seals.

**\*\* USE THE PROPER LINK ROD ASSEMBLY FOR CONTROL VALVE**  
(servo, servo arm, and link rod ass'y are NOT included in kit)



# **ANEXO J SISTEMA ELÉCTRICO DE SERVOS Y RECEPTOR**



SIMBOLOGÍA		
	CABLE EN "Y"	
	TERMINAL MACHO/HEMERA	
	SERVO	
	INVERSOR	

# HOJA DE VIDA



## DATOS PERSONALES

**Nombre:** Esteban David Caizapasto Sánchez  
**Dirección:** Las Casas y Av. Occidental Oe 10-42  
**Teléfono:** 0999972223 / 2566513  
**E-mail:** esteban4130c@gmail.com  
**Lugar y Fecha de Nacimiento:** Quito, 25 de Octubre de 1993  
**Cédula de Identidad:** 1718166836  
**Estado Civil:** Soltero

## EDUCACIÓN

- **Estudio Primarios**  
Unidad Educativa Borja N3
- **Estudios Secundarios**  
Colegio Técnico Experimental de Aviación Civil (COTAC)  
**Título:** Bachiller Físico-Matemático
- **Estudios Superiores Actuales**  
UNIDAD DE LAS FUERZA ARMADAS-ESPE



**Carrera:** Mecánica Aeronáutica mención Aviones

**REFERENCIAS PERSONALES**

- Tripulante de cabina David Andagoya (0992702857)
- Mecánica Aeronáutica María José Alajo (0983390466)

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

DEL CONTENIDO DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN SE  
RESPONSABILIZA EL AUTOR

---

Caizapasto Sánchez Esteban David  
C.C:171816683-6

DIRECTORA DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

---

Ing. Guerrero Lucia

Latacunga, Marzo del 2016