



ESPE

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA
MENCION AVIONES**

**MONOGRAFÍA: PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCION AVIONES**

**TEMA: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA FIRST PERSON VIEW PARA
EL CONTROL DE UNA AERONAVE DE DESPEGUE VERTICAL EN LA
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS – ESPE**

AUTOR: PEREIRA ALMEIDA, STEVENS SANTIAGO

DIRECTOR: ING. MUÑOZ GRANDES, MILTON STALIN

LATACUNGA

2020



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, “IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA FIRST PERSON VIEW PARA EL CONTROL DE UNA AERONAVE DE DESPEGUE VERTICAL EN LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS - ESPE” fue realizado por el señor **Pereira Almeida, Stevens Santiago** el mismo que ha sido revisado en su totalidad y analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 24 de Enero del 2020

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'M. Muñoz', is written over a horizontal line.

ING. MUÑOZ GRANDES, MILTON STALIN

DIRECTOR DE PROYECTO

C.C.: 0502445547



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Pereira Almeida, Stevens Santiago** declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía : ***Implementación del sistema First Person View para el control de una aeronave de despegue vertical en la Unidad de Gestión de Tecnologías – ESPE*** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, 24 de Enero del 2020

PEREIRA ALMEIDA STEVENS SANTIAGO

C.C.: 040155667-5



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, **Pereira Almeida, Stevens Santiago** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, publicar la monografía: **Implementación del sistema First Person View para el control de una aeronave de despegue vertical en la Unidad de Gestión de Tecnologías – ESPE** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 24 de Enero del 2020



PEREIRA ALMEIDA STEVENS SANTIAGO

C.C.: 040155667-5

DEDICATORIA

El presente proyecto es la culminación de una etapa de mi vida el cual va dedicado primeramente a Dios por darme la oportunidad de estar aquí, ser el aliento extra que se necesita; pero en especial va dedicado a mi familia la cual ha sido en motor fundamental y el aliento que se necesita para llegar paso a paso hasta el final, mi madre que es la persona más importante en mi vida, que tan solo con su bendición al igual que mis abuelitos me dan los suficientes motivos para continuar, nunca desfallecer, a mis tías y tío los cuales con sus pequeños consejos me ayudan a crecer cada día, enseñándome lo difícil que es la vida, pero motivándome cada momento, a mis primos los cuales ven un reflejo en mí pero nunca los decepcionare y todos aquellos que forman parte de mi familia les dedico este logro que simplemente nos llegan de orgullo y cada uno con su palabras de aliento, enseñanzas me han dado la fuerza para terminar una etapa más.

A mis profesores los cuales con su sabiduría, me han brindado todas sus enseñanzas que pondré en práctica ya en mi vida profesional, sus consejos y conocimientos que me ayudaran a superar lo pequeños problemas siendo la motivación para crecer profesionalmente.

Y finalmente a mis compañeros, amigos con los que he pasado cada momento y llegado al casi final de este camino que no ha sido fácil pero lo hemos superado cada día.

PEREIRA ALMEIDA STEVENS SANTIAGO

AGRADECIMIENTO

Este gran logro es muy importante para todas las personas que me quieren y por eso les agradezco a todas las personas que siempre han estado con migo, especialmente a mi madre Fabricia y abuelitos, José y Blanquita, los cuales son mi motivación diaria, no tengo más que decirles un gracias por todo el esfuerzo realizado, sabemos que no ha sido fácil pero por fin lo hemos logrado.

Como no agradecer a mis tías Mónica, Evelin, Tamara y a mi tío Pepe que me han ayudado cada momento dándome sus ánimos, consejos de bien, los cuales me ayudan cada día en mi vida y más ahora que comienza una nueva etapa de mi vida.

Mis primos Johan y Miguel, gracias por quererme y apoyarme tanto cada día, sus locuras me han dado ánimos, que me ayudaron a volver a ver ese niño que llevo dentro como también a aprender mucho de sus ocurrencias.

Agradezco a todos mis familiares y amigos, a ti Cesar, tú que has sido como un amigo para mí y me has enseñado cosas muy grandes que siempre las valorare, igualmente dándome ánimos cuando se los necesita.

A mis profesores y Director del presente proyecto, que me ayudado con sus conocimientos para realizar adecuadamente todo este proceso, mil gracias a todos los que han estado con migo, me han ayudado y enseñado mucho, por eso les agradezco.

PEREIRA ALMEIDA STEVENS SANTIAGO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA

CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1	Antecedentes.	1
1.2	Planteamiento del Problema.	2
1.3	Justificación e Importancia	3
1.4	Objetivo General.....	4
1.4.1	Objetivos Específicos	4
1.5	Alcance.....	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Sistema First Person View (FPV)	6
2.1.1	¿Qué es el Sistema First Person View?	6
2.1.2	Cámaras FPV	7
2.1.3	Transmisores y Receptores FPV	8
2.2	Tipos de aeromodelos con sistema FPV	10
2.2.1	Aeromodelos	10
2.2.2	Aeromodelo de despegue vertical	11
a.	Aeronave VTOL	11
2.2.3	Drones con Sistema FPV	12
2.2.4	Otros modelos utilizando FPV	13
2.3	Características del Sistema FPV	14
2.3.1	Características de cámaras FPV	15
a.	Sensor CCD	16
b.	Sensor CMOS	17
2.3.2	Rango dinámico de imagen	18
2.3.3	Campo de visión(FOV) de la cámara FPV y ancho focal del lente	18
2.3.4	Resolución de imagen de cámaras FPV - TVL	20
2.3.5	Latencia	21
2.3.6	Características de configuración de cámara	21
2.3.7	Voltaje de entrada y de cableado	22

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1	Aeromodelo de despegue vertical	24
3.2	Aeromodelos en la carrera de Mecánica Aeronáutica.....	25
3.3	Construcción de una cabina para visualización.....	25
3.3.1	Construcción de la base del asiento	26
3.3.2	Procesos de corte y soldadura de la base de la cabina.....	28
3.3.3	Instalación del tubos laterales	30
3.3.4	Instalación del soporte para la pantalla de visualización	31
3.3.5	Colocación de láminas de acrílico	32
3.3.6	Proceso de pintado de la estructura	34
3.3.7	Primera instalación de los componentes de la cabina de visualización.....	35
3.3.8	Instalación de paneles laterales y tableros	37
a.	Proceso de sellado de los paneles de madera	37
b.	Aplicación de pintura en los paneles de madera	38
3.4	Estructuración del sistema FPV	40
3.4.1	Descripción de componentes utilizados.....	40
3.4.2	Cámara FPV Caddx-Ratel	40
3.4.3	Transmisor y Recibidor de señal FPV	42
3.4.4	Conexión del circuito eléctrico de la cámara FPV	43

a.	Montaje del controlador de vuelo F4 para el sistema OSD.....	43
b.	Controlador de vuelo STM32F405 con sistema OSD	44
c.	Programación del sistema OSD en el programa Betaflight.....	45
3.4.5	Conexión del circuito eléctrico en la cabina de visualización.....	46
3.5	Ensamblaje de los componentes del sistema FPV.....	47
3.5.1	Ensamblaje de la cabina de visualización	47
3.5.2	Montaje del sistema FPV en el aeromodelo de despegue vertical	49
a.	Sección del aeromodelo para montaje del sistema	50
3.5.3	Esquema del sistema FPV	51
3.6	Consumo eléctrico del sistema FPV.....	51
3.7	Pruebas de visualización del sistema FPV.....	53

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1	Conclusiones.....	54
4.2	Recomendaciones.....	55

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
---	-----------

ANEXOS	58
---------------------	-----------

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. PLANOS DE LA VISTA FRONTAL DE LA CABINA

ANEXO B. PLANOS VISTA SUPERIOR DE LA CABINA

ANEXO C. PLANOS VISTA LATERAL DE LA CABINA

ANEXO D. CIRCUITO EN EL AEROMODELO DEL SISTEMA FPV

ANEXO E. MANUAL DE OPERACIÓN

ANEXO F. MANUAL DE MANTENIMIENTO

ANEXO G. MANUAL DE SEGURIDAD

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema FPV	6
Figura 2. Cámara FPV HS117	7
Figura 3. Transmisor de video 5.8Ghz.....	9
Figura 4. Aeromodelos	10
Figura 5. Aeromodelo de despegue vertical	11
Figura 6. Aeronave BELL XV-15.....	12
Figura 7. Dron.....	12
Figura 8. Dron con FPV	13
Figura 9. Aeromodelo con FPV.....	14
Figura 10. Sensor CCD.....	16
Figura 11. Sensor CMOS.....	17
Figura 12. Efecto WDR.....	18
Figura 13. Dimisiones del Ancho Focal y Campo de Visión	19
Figura 14. Campo de Visión según el Lente	19
Figura 15. Resolución de Imagen	20
Figura 16. Imagen de vuelo con OSD.....	22
Figura 17. Cableado con la cámara FPV	23
Figura 18. Aeromodelo FT Explorer.....	24

Figura 19. Asiento sin Reparación	26
Figura 20. Base de Metal Acerado	27
Figura 21. Base Estructural de la Cabina	28
Figura 22. Corte del Tubo Cuadrado	29
Figura 23. Soldadura del Marco de Tubo	29
Figura 24. Soldadura del Tubo más pequeño de Encaje	30
Figura 25. Pared lateral de la Cabina.	31
Figura 26. Instalación de la Pantalla de Visualización con la Estructura	32
Figura 27. Instalación de Láminas de Acrílico	33
Figura 28. Instalación de ángulos de aluminio y tornillos.....	33
Figura 29. Colocación de Primer a la Estructura Metálica	34
Figura 30. Estructura Metálica Pintada de Color Negro.....	35
Figura 31. Asiento Restaurado	36
Figura 31. Instalación Provisional de la Cabina de Visualización	36
Figura 32. Proceso de Sellado de los Paneles	37
Figura 33. Proceso de Lijado.....	38
Figura 34. Aplicación de Primer.....	39
Figura 35. Aplicación de Pintura en los Paneles.....	39

Figura 36. Cámara FPV Caddx - Ratel	42
Figura 37. Transmisor y Receptor 832	43
Figura 38. Circuito Eléctrico de la Cámara FPV	44
Figura 39. Controladora STM32F405	45
Figura 40. Programación del Sistema OSD por Betaflight	46
Figura 41. Circuito Eléctrico en la Cabina de Visualización (fase prueba).....	47
Figura 42. Planos de la Cabina en 3D	48
Figura 43. Cabina de Visualización Final.....	48
Figura 44. Sistema de Visualización en el Aeromodelo.....	49
Figura 45. Sección de Montaje en el Aeromodelo con la cámara FPV	50
Figura 46. Esquema del Sistema FPV	51
Figura 47. Visualización del Sistema FPV	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Diferencias entre cámaras GoPro y FPV</i>	15
Tabla 2 <i>Características de la Cámara Caddx-Ratel</i>	41

RESUMEN

Los sistemas de visualización FPV se crearon hace pocos años, por lo cual han ido evolucionando tecnológicamente, para darnos una mejor calidad de video, estos sistemas son utilizados básicamente por aeromodelos teledirigidos los cuales en su mayoría vienen incorporados con este sistemas dependientes de la aeronave, mas no se tienen sistemas FPV independientes por su difícil manipulación. Por tal motivo se realizó un sistema FPV independiente capaz de ser instalado en cualquier tipo de aeromodelo, en cual viene incorporado por una micro cámara FPV, un controlador para el sistema OSD, un transmisor TS832 y una batería de alimentación tipo lipo de 4s, el cual tendrá una cabina de visualización independiente para el control de sistema, que lo hace único para el montaje en aeromodelos pertenecientes a la Carrera de Mecánica Aeronáutica, este sistema está diseñado específicamente para un aeromodelo de despegue vertical, el cual nos permitirá visualizar las fases de despegue, vuelo y aterrizaje, con una imagen única que nos muestra algunos indicadores de vuelo, como en los diferentes tipos de aeronaves con el cual los estudiantes comprenderán los diferentes campos de estudio, como los controles de vuelo e indicadores, base fundamental para comprender el funcionamiento de una aeronave.

PALABRAS CLAVES

- **AERONAVES - VISTA EN PRIMERA PERSONA**
- **AEROMODELO DE DESPEGUE VERTICAL**
- **VISUALIZACIÓN DE IMÁGENES**

ABSTRACT

The present research is focused on FPV display systems that were created a few years ago, so they have been evolving technologically, to give us a better quality of video, these systems are basically used by remote controlled model aircrafts which are mostly incorporated with this systems depending on the aircraft, but there are no independent FPV systems for their difficult handling. For this reason, an independent FPV system was made, capable of being installed in any type of model aircraft, in which it is incorporated by a micro FPV camera, a controller for the OSD system, a TS832 transmitter and a 4s lipo battery, which will have an independent display cabin for the system control, making it unique for mounting in model aircraft belonging to the Aeronautical Mechanics Career, the present system is specifically designed for a vertical takeoff model aircraft, which will allow us to visualize the takeoff, flight and landing phases, with a unique image that shows us some flight indicators, as in the different types of aircraft with which students will understand the different fields of study, such as flight controls and indicators, which is a fundamental basis for understanding the operation of an aircraft.

KEYWORDS

- **AIRCRAFT - FIRST PERSON VIEW**
- **VERTICAL TAKE-OFF MODEL AIRCRAFT**
- **IMAGE VIEWING**

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Antecedentes.

En los últimos años el sistema First Person View se creó para dar sensaciones diferentes de la manipulación de aeronaves teledirigidas o drones, este sistema se ha desarrollado para tener un mayor control de una aeronave en vuelo y verificar los esfuerzos a los que puede estar sometida su estructura y así también para instrucción básica de los controles de vuelo, para la Universidad de la Fuerzas Armadas-ESPE este sistema sería uno de los primeros en implementarse, ya que no existe actualmente la incorporación del mismo en las aeronaves de la Unidad de Gestión de Tecnologías.

El sistema First Person View se desarrolló en base a la nueva tecnología de realidad virtual permitiéndole, visualizar la imagen en tiempo real del vuelo de la aeronave, por medio de una pantalla en tierra, que le proporcionara imágenes en tiempo real, así como visualización del despegue y aterrizaje de un aeromodelo, por medio de receptores que recopilan las ondas de radiofrecuencia emitidas por la cámara a bordo de la aeronave, mientras se maneja por medio de los controles a la misma, este sistema se implementará en la Carrera de Mecánica Aeronáutica, el mismo que contribuirá al desarrollo de los estudiantes para conocer e innovar en nuevas aplicaciones.

Para la implementación del sistema First Person View, se construirá un aeromodelo capaz de ejecutar un despegue vertical, añadiéndole el sistema, para poder controlar la

aeronave a distancia y así permitir al estudiante tener una visión diferente de un avión en vuelo, y los instrumentos que actúan, en beneficio del conocimiento y desarrollo de los estudiantes.

1.2 Planteamiento del Problema.

La Carrera de Mecánica Aeronáutica perteneciente a la Unidad de Gestión de Tecnologías – ESPE, actualmente no cuenta con un modelo a escala de una aeronave de despegue vertical y ninguna aeronave que contenga el sistema First Person View para su manipulación, por lo cual este sistema ayudaría al conocimiento de los estudiante con un aeromodelo de diferentes características a las convencionales y generar nuevos proyectos.

Para la Carrera de Mecánica Aeronáutica de la Unidad de Gestión de Tecnologías-ESPE al no contar con un sistema de control aeromodelos que generen las mismas características del sistema First Person View, no se podría obtener nuevos conocimientos de los sistemas actuales presentes en las aeronaves teledirigidas las cuales nos sirven de base para comprender los mecanismos actuales presentes en las grandes aeronaves.

Para los estudiantes de la Carrera de Mecánica Aeronáutica en la Unidad Gestión de Tecnologías – ESPE, será muy útil un aeromodelo con sistemas actualizados que les permitirá conocer teóricamente y prácticamente los avances que se dan día a día en el campo de la aviación actual y así también obtener un conocimiento básico de los controles de vuelo.

1.3 Justificación e Importancia

Con el presente proyecto se beneficia la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE especialmente los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica con material didáctico que ayuden a mejorar la formación de profesionales, que contribuirá a la comprensión teórica y práctica de los modelos actuales de aeronaves y sistemas utilizados.

Para la Carrera de Mecánica Aeronáutica toda aeronave y proyecto que se realiza en beneficio al desarrollo de la misma tiene que tener sus normativas de seguridad adecuadas y todo componente adicional eléctrico nos permite tener un mejor control de la aeronave, tiene que tener su documentación correspondiente, para que el componente sea correctamente utilizado, y así formar a los estudiantes con el conocimiento de los estándares que debe tener una aeronave para poder volar con seguridad.

El desarrollo del presente proyecto ayudará tanto a docentes como a estudiantes tener una aeronave que puede sustentarse en el aire con el sistema First Person View, el cual puede ser controlado por los mismos.

Realizar reportes de vuelo y así dar solución a los problemas que pueden presentarse en la aeronave, tanto en el despegue, vuelo y aterrizaje, lo que ampliaría su conocimiento y daría apertura a nuevos proyectos.

1.4 Objetivo General

Realizar la implementación del sistema First Person View en una aeronave teledirigida de despegue vertical, para la carrera de Mecánica Aeronáutica perteneciente a la Unidad de Gestión de Tecnologías – ESPE.

1.4.1 Objetivos Específicos

- Investigar los diferentes tipos de sistemas First Person View que pueden ser utilizados en aeronaves teledirigidas para comprender su funcionamiento y adaptación correcta.
- Adecuar e instalar el sistema más compatible y eficaz en la aeronave ya construida teniendo en cuenta que el peso y balance no se vea afectado en el vuelo, para obtener una mejor manipulación en el aire.
- Verificar que el sistema no presente fallas o anomalías en su funcionamiento antes de la instalación para poder tener un correcto y mejor desempeño a la hora de su aplicación.

1.5 Alcance

Este presente proyecto de implementación del sistema First Person View en un aeromodelo de despegue vertical será dirigido a los estudiantes y docentes de la Carrera de Mecánica Aeronáutica de la Unidad de Gestión de Tecnologías - ESPE, el cual está enfocado en un aprendizaje teórico y práctico de los nuevos sistemas que pueden ser implementados en los diferentes aeromodelos y generar nuevas aplicaciones o añadir nuevos componentes que mejoraran las condiciones de vuelo, el sistema First Person View podrá ser desmontable del aeromodelo de despegue vertical, y utilizarse en algunos aeromodelos presentes en la Carrera de Mecánica Aeronáutica de la Unidad de Gestión de Tecnologías - ESPE

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Sistema First Person View (FPV)

2.1.1 ¿Qué es el Sistema First Person View?

(First Person View) Vista en primera persona, es una modalidad que en los últimos años ha crecido en muchos países del mundo, consiste en el manejo de un modelo radio control a través de una mini cámara colocada en este, que a su vez mediante un transmisor envía el video de forma inalámbrica a la posición del piloto, el cual vera la imagen en unas gafas de realidad virtual o en un monitor. (López, 2018).

El sistema First Person View por sus siglas en ingles FPV se trata de un procedimiento para el control de modelos teledirigidos a escala como aviones, helicópteros, drones y entre otros tipos de aeromodelos; a través de una cámara instalada en la aeronave la cual nos permite tener una imagen en primera persona del despegue, vuelo y aterrizaje de un aeromodelo.

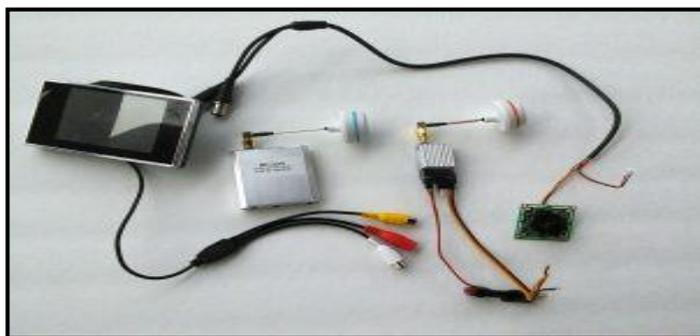


Figura 1. Sistema FPV.
Fuente: (Lopez, 2017)

El sistema FPV también llamado pilotaje de visión remota tiene por objetivo teledirigir una aeronave desde un punto estable y visualizar cada movimiento procedente en la aeronave permitiendo así el control, recibiendo la señal ya sea en una pantalla fija o gafas de visión.

2.1.2 Cámaras FPV

Para el control de los diferentes aeromodelos se necesita una cámara la cual nos permite tener la visión de su actividad, en el sistema FPV se necesitan cámaras especiales las cuales son parte fundamental del sistema y nos permiten tener la imagen en las pantallas o gafas de recepción de señal.



Figura 2. Cámara FPV HS117

Fuente: (Lopez, 2017)

Existen varios modelos de cámaras FPV, que tienen configuraciones distintas, dependiendo de cada fabricante; las características más usadas en una cámara FPV son:

- Calidad de imagen para el vuelo.
- Recepción de video clara y nítida.
- Contrastes de luces para un vuelo óptimo.
- No generan distorsión de imagen ni tiempo de emisión de señal muy prolongado para el vuelo.

Existen varios tipos de cámaras de acuerdo a la situación de vuelo que se necesite:

- De acuerdo al peso de la cámara.
- De acuerdo a la imagen de la cámara.
- De acuerdo al costo de la cámara.

Para el presente proyecto se usará una cámara que poco o nada afectará en el peso y balance del aeromodelo al que se quiere implementar el sistema, pero eso no evita a que el aeromodelo se le realice el cálculo de peso y balance para el vuelo.

La cámara a implementar en el sistema debe tener la más óptima calidad de imagen para cualquier fase de vuelo, así igualmente los sistemas de reproducción de imagen, deben tener calidad similar de imagen para que la señal de transmisión no tenga fallas.

2.1.3 Transmisores y Receptores FPV

En el presente sistema es necesario tener transmisores y receptores de señal ya que son los responsables de difundir la imagen que da la cámara, ya sea a la pantalla o gafas

según se use, la imagen transmitida por radiofrecuencia normalmente en una banda de **5.8 [GHz]** y un **peso entre 4 y 12 gramos**, se usan para los transmisores que se instalan en la aeronave.

Los receptores necesitan captar la radiofrecuencia emitida por los transmisores y así poder ver la imagen que la cámara emite en tiempo real, los mismos deben de estar posicionados en un lugar estable y cercano para la conexión en la pantalla de retrasmisión.



Figura 3. Transmisor de video 5.8Ghz
Fuente: (Lopez, 2017)

Las frecuencias utilizadas en emisión de señal del sistema **FPV es de 5.8Ghz**, las cuales hacen posible la transmisión de video a través de antenas de poco peso; para vuelos de menos alcance se usan frecuencias más bajas, entre **2.4Ghz** y **900Mhz**. (FPVMAX, 2016).

2.2 Tipos de aeromodelos con sistema FPV

2.2.1 Aeromodelos

Para definir el aeromodelismo se puede decir que es una técnica de diseño de aeroplanos con características exactas a la original pero a una menor escala, la cual tiene que ser capaz de sustentarse en el aire y realizar vuelos siendo controlada desde la tierra. (Ucha, 2013).

Los aeromodelos utilizados especialmente para este sistema deben tener condiciones especiales, ser livianos, fácil manipulación y reparación, entre otras características para un vuelo seguro; la cámara incorporada en la aeronave puede tener dos condiciones, puede ser montable y desmontable o también fija al aeromodelo.



Figura 4. Aeromodelos
Fuente: (Ucha, 2013)

2.2.2 Aeromodelo de despegue vertical

Un aeromodelo de despegue vertical tiene la principal característica de despegar verticalmente para así emprender su vuelo y aterrizar normalmente, utilizando el sistema FPV que facilita el control de la misma; son pocos los aeromodelos de despegue y aterrizaje vertical que se encuentran con este sistema, por lo cual implementar el sistema facilitará el control y ayudaría a los estudiantes al aprendizaje.



Figura 5. Aeromodelo de despegue vertical
Fuente: (Sánchez, 2019)

a. Aeronave VTOL

Una aeronave con Vertical Take Off and Landing, de sus siglas en inglés (VTOL), el cual significa “despegue y aterrizaje vertical”, es la aeronave que se diseñará en el aeromodelo, especialmente para la implementación del sistema FPV; la cual utiliza métodos de propulsión horizontal semejantes a los helicópteros, dirigibles, autogiros, globos aerostáticos, que son considerados VTOL. (Cuesta, 2003).



Figura 6. Aeronave BELL XV-15
Fuente: (Alamy Ltd., 2020)

2.2.3 Drones con sistema FPV

Un Dron es un vehículo no tripulado, que según la Autoridad Aeronáutica Civil (AAC), se lo puede categorizar como una aeronave no tripulada, la cual puede ser comandada a distancia y es capaz de sustentarse en el aire por acciones aerodinámicas.



Figura 7. Dron
Fuente: (MX., 2015)

Estos drones son los principales en poseer FPV, para el control remoto de la aeronave, pero no contiene un sistema completo de FPV ya que su calidad de imagen en un sistema FPV tiene mejores resolución y mayor información del estado de los aeromodelos, un dron con sistema FPV tiene mejores características al sistema común, esto mejora la calidad de vuelo.



Figura 8. Dron con FPV
Fuente: (Just Drones, Corporation, 2014)

2.2.4 Otros modelos utilizando FPV

Son muy pocos los aeromodelos que contiene sistema FPV ya que no es muy conocido y tiene complejidad su instalación; cualquier aeromodelo puede utilizar el sistema FPV ya que su instalación es dependiente de la aeronave y también puede ser fija dependiendo de la configuración de la aeronave.



Figura 9. Aeromodelo con FPV
Fuente (HobbyControl, Corporation, 2018)

2.3 Características del sistema FPV

En el sistema FPV los componentes básicos son:

- Cámara
- Antenas de transmisión y recepción
- Monitor o Gafas de reproducción
- Equipo de recepción de señal
- Fuente de alimentación

Estos son los principales componentes que tiene un sistema FPV, pero cada uno de los mismos debe tener características especiales, las cuales son primordiales para el correcto funcionamiento del sistema y conforman una parte importante en su desempeño.

2.3.1 Características de cámaras FPV

Las cámaras FPV tienen mejor respuesta de latencia y son más pequeñas, a comparación de las cámaras HD como las GoPro que pueden conectarse a un transmisor y generar la imagen, pero su rango de latencia es muy alto lo que permitirá que la señal emitida no sea en tiempo real.

Tabla 1

Diferencias entre cámaras GoPro y FPV

Descripción	Calidad de Imagen	Tamaño de Peso	y Transmisión de señal	Latencia
Cámaras FPV	Tienen una imagen nítida y clara en alta definición	Son muy pequeñas y un peso entre 4 a 12 gramos	Su transmisión de señal es de 5.8 Ghz	Entre 20 a 30 milisegundos
Cámaras GoPro	Existe cámaras de alta y media definición	Tienen un tamaño más grande y pesan entre 92,4 a 154 gramos	La mayoría de cámaras no transmiten señal y solo graban en video	Puede tener 50 milisegundos de retraso o mas

Fuente: (Caddx FPV.us, 2020)

Una **cámara FPV tiene dos tipos principales de sensores** de imagen, los cuales nos dan ventajas y características únicas; los sensores son:

- Sensor CCD (Dispositivo de Carga Acoplada)
- Sensor CMOS (Semiconductor de Óxido Metálico Complementario)

a. Sensor CCD

El sensor CCD es uno de los más comunes y utilizados en la imagen digital ya que proporciona una buena calidad de imagen, pero su fabricación es compleja y costosa ya que este dispositivo incorporado en las cámaras FPV consume mucha energía, pero tiene las siguientes características:

- Mejor ángulo dinámico
- Menor ruido en condiciones de poca luz
- Mejor manejo de la luz WDR
- Baja latencia

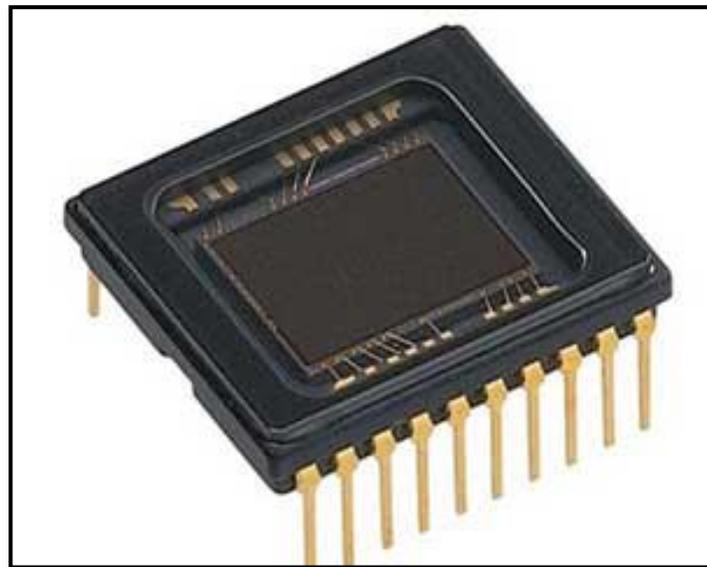


Figura 10. Sensor CCD
Fuente: (Mario, 2009)

b. Sensor CMOS

El sensor CMOS tiene varias ventajas a comparación del sensor CCD, ya que no posee un costo tan elevado, contiene una menor cantidad de sensores electrónicos y consume una menor cantidad de batería; presenta las siguientes características:

- Resolución más alta
- Color de imagen más natural
- Con mayor ruido que el CCD
- Menor precio de cámaras FPV con este tipo de sensor

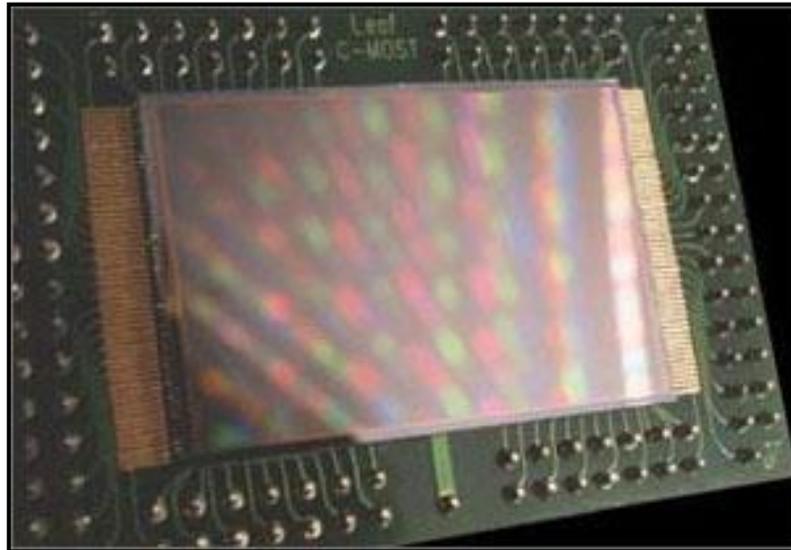


Figura 11. Sensor CMOS

Fuente: (Santos, 2011)

2.3.2 Rango dinámico de imagen

El Rango Dinámico de imagen es comúnmente conocido como **WDR que puede capturar áreas brillantes y oscuras en condiciones de iluminación extremas**; se trata de los efectos de contar luz y zonas oscuras de imagen.

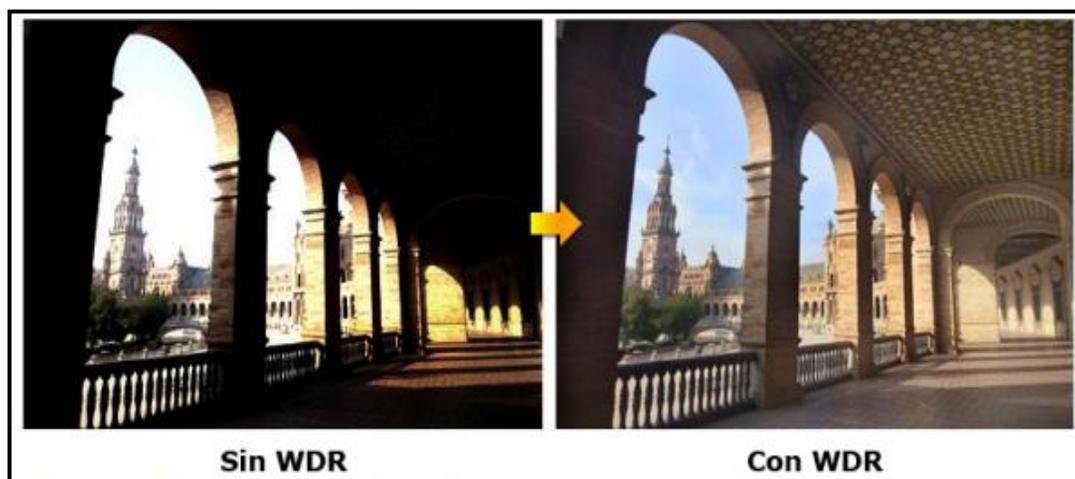


Figura 12. Efecto WDR
Fuente: (Mi Dron de Cerreras Corporation, 2018)

El efecto WDR es uno de los principales elementos que debe exigir una cámara FPV, ya que para volar en una forma segura se necesitan óptimas condiciones de visualización.

2.3.3 Campo de visión (FOV) de la cámara FPV y ancho focal del lente

Las características especiales que necesariamente deben tener una cámara FPV, es la peculiaridad que exige este tipo de sistema; el campo de visión y ancho focal, se refiere al tipo de lente y rosca que según la marca de la cámara varia, las cámaras FPV normalmente usan lentes intercambiables con rosca de 1/3", en la siguiente imagen se puede observar los diferentes campos de visión.

Longitud focal de la lente Aprox.	FOV
2.1 mm	160 ° - 170 °
2.3mm	145 °
2.5 mm	130 ° - 140 °
2.8 mm	120 ° - 130 °
3.0 mm	110 ° - 125 °

Figura 13. Dimisiones del Ancho Focal y Campo de Visión
Fuente: (Mi Dron de Cerreras Corporation, 2018)

La distancia focal del lente no es igual al campo de visión, **por ejemplo una lente de 2.8 mm puede dar 120°, pero otra podría dar 130° en una cámara diferente**, ya que varía dependiendo del lente de la cámara según la imagen anterior; cuanto más amplio es el campo de visión mayor visibilidad se tiene, pero este efecto opacaría la vista central, creando un efecto de pescado cuyo ángulo de visión es extremadamente grande de 180 grados o más y genera una distorsión de imagen.

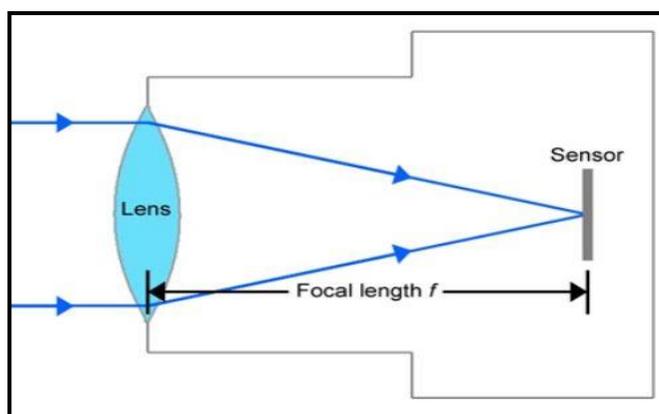


Figura 14. Campo de Visión según el Lente
Fuente: (Mi Dron de Cerreras Corporation, 2018)

La mayoría de cámaras tiene lentes intercambiables que nos permiten mejorar la calidad de imagen o ampliar el campo de visión, este efecto es importante pero se lo usa dependiendo de la fase de vuelo que se quiera realizar (aterrizajes, virajes, despegues), para tener mayor panorámica o solo centrarnos en la vista frontal del vuelo.

2.3.4 Resolución de imagen de cámaras FPV - TVL

En las cámaras FPV se debe tener en cuenta la resolución de imagen (TVL), que es lo que los fabricantes utilizan para referirse a la resolución analógica de las cámaras FPV, teniendo en cuenta el TV LINE (TVL), lo cual se refiere a la cantidad de líneas blancas y negras alternadas horizontales y verticales que puede transmitir la imagen.

Una cámara de 600TVL significa que puede transmitir 300 líneas blancas y 300 líneas negras alternadas en la imagen, por lo cual para las cámaras FPV normalmente son de 600, 700, 800 y 1200 TVL.

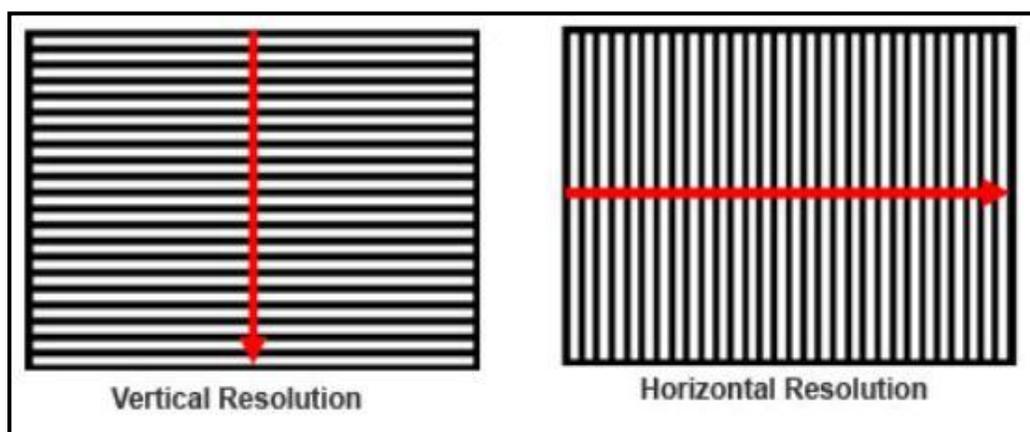


Figura 15. Resolución de Imagen
Fuente: (Mi Dron de Cerreras Corporation, 2018)

No siempre el mayor número de TVL nos brinda mejor calidad de imagen ya que depende de la transmisión de video analógico de 5.8Ghz, y la calidad del monitor o gafas a utilizar; mientras exista una gran nitidez y calidad de imagen no es necesario inquietarse por el número de TVL.

2.3.5 Latencia

Una característica específica de las cámaras FPV es el tipo de reacción (latencia) con la que la imagen llega para ser visualizada, ya que para tener un mejor control de vuelo y operación, su tiempo de reacción tiene que ser mínimo, el retraso de una cámara FPV de 600TVL es de 20 a 30 milisegundos, como Runcam Swift y la HS1177; en cámaras con mayor número de TVL se tiene mayor retraso por el procesamiento de imagen, pero sigue siendo mínimo y es óptimo para el vuelo.

2.3.6 Características de configuración de cámara

Una cámara FPV solo permite visualizar la imagen del vuelo pero no se muestra ningún tipo de indicación, por ellos se tiene el sistema OSD (On Screen Display) que nos permite modificar la visualización de vuelo, añadiendo indicadores que nos ayudaran a un mejor desempeño al volar.



Figura 16. Imagen de vuelo con OSD

Fuente: (Alex, 2013)

Este sistema OSD puede ser modificado dependiendo de las necesidades del usuario y la cámara que se utilice para obtener los diferentes sensores e indicadores de vuelo, dependiendo el propósito del mismo.

2.3.7 Voltaje de entrada y de cableado

La conexión de la cámara es muy fácil ya que solo se debe conectar tres cables, el rojo es el voltaje positivo, el negro la tierra y el amarillo la señal de video; puede existir un cable blanco que puede ser señal de audio su tiene incorporado un micrófono. (PROMETEC.NET, 2019).

La mayoría de cámaras trabajan con un **voltaje de alimentación de 5V a 17V**, el cual puede variar, esto permite que las baterías de LiPo o Polímero de Litio, que comúnmente son recargables, compuestas generalmente de varias células secundarias idénticas,

aumentan la capacidad de la corriente de descarga puedan ser alimentadas directamente o desde una fuente menor, es recomendable tener una fuente única para la alimentación de la cámara ya que permite tener mejor calidad de imagen.



Figura 17. Cableado con la cámara FPV
Fuente: (PROMETEC.NET, 2019)

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Aeromodelo de despegue vertical

Para la elaboración del presente proyecto se necesitaba la creación de un aeromodelo de despegue vertical, el cual fue elaborado por Vinicio Avilés y Paredes Francisco, autores del proyecto de fabricación del Aeromodelo de Despegue Vertical, necesario para la instalación del sistema FPV y realización del presente proyecto.

El Aeromodelo de Despegue Vertical basado en el **FT EXPLORER**, es un diseño fácil que puede ser modificado y creado especialmente para volar, con una sección central acoplable a todo tipo de diseños y así fácil de elaboración, una cola tipo A para mejor manejo, el diseño es muy favorable para el acoplamiento de un sistema FPV fijo o móvil, el cual puede o no ser utilizado para el vuelo.



Figura 18. Aeromodelo FT Explorer

3.2 Aeromodelos en la carrera de Mecánica Aeronáutica

En la Carrera de Mecánica Aeronáutica existen varios tipos de aeromodelos, que podrán ser parte del beneficio que brinda este sistema, y ganar un mejor aprendizaje de los estudiantes para el desarrollo práctico, teórico de las principales leyes aerodinámicas a las cuales está expuesta una aeronave en base a los diferentes aeromodelos existentes o creaciones a desarrollar.

Las condiciones del sistema FPV nos permiten realizar un ciclo de vuelo seguro utilizando el sistema de control, con un campo de visualización más amplio de vuelo, lo cual nos permite realizar acciones de pilotaje, comprensión de indicadores de vuelo como formación de conocimientos básicos de mecánicos, como el taxeo de una aeronave en pista.

Los aeromodelos pertenecientes en la Carrera de Mecánica Aeronáutica no contienen un sistema de visualización más avanzado para su control, el cual nos permitiría tener un conocimiento más cercano al visualizado en una aeronave real.

3.3 Construcción de una cabina para visualización

Para una mejor comodidad y generar un efecto más real al controlar una aeronave, se realizó la construcción de una cabina de pilotaje, la cual está estructurada por los siguientes materiales:

- Asiento
- Pantalla de proyección de imagen

- Receptores de transmisión de imagen
- Tubos de metal
- Láminas de metal
- Base del metal para asiento
- Acrílico
- Triplex de 9 líneas

3.3.1 Construcción de la base del asiento

Para comenzar con la elaboración de la cabina de pilotaje y visualización, ser realizo la base de tubo cuadrado de **1.20 x 0.90 metros** para ensamblar con un cuadro fijo que nos permitirá tener una base sólida de asentamiento del marco estructural que es la base de la cabina.



Figura 19. Asiento sin Reparación

Conjuntamente se elaboró una base de metal acerado como base sólida y fija en la cual pueda ensamblar el asiento, realizando dobleces en la lámina para instalada en el marco de tubo como soporte del asiento y así comenzando la construcción de la cabina.



Figura 20. Base de Metal Acerado

En la instalación de la base de metal acerado se realizó un corte cuadrado para alivianar el peso y hacerlo más ligero, para así instalarlo en el marco de tubo como base de la cabina de pilotaje.



Figura 21. Base Estructural de la Cabina

3.3.2 Procesos de corte y soldadura de la base de la cabina

En la construcción de la base para la cabina de pilotaje se realizó dos procesos fundamentales en su elaboración:

- Corte
- Soldadura

El **proceso de corte** es lo más esencial para la construcción, ya que se cortó una barra de tubo de 6 metros de largo; cortando dos tubos de 1.20 metros y dos tubos de 0.90 metros; esto con un ángulo de 45° para la soldadura, también una barra de 0.82 metros para soldarla en la mitad de la estructura y así poder sujetar la base metálica del asiento.



Figura 22. Corte del Tubo Cuadrado

Los **procesos de soldadura** se realizaron especialmente para la unión del marco, obteniendo una estructura fija y sólida que permita soportar todo el peso de la estructura y de la cabina en general, utilizando las protecciones correspondientes, se realizó el proceso de soldadura eléctrica y electrodos 6011 para la unión.



Figura 23. Soldadura del Marco de Tubo

3.3.3 Instalación del tubos laterales

Una vez realizada la base donde se realizara el montaje de la estructura se soldó 4 pequeños tubos más delgados para instalar las bases laterales de la cabina de pilotaje, con la ayuda de una escuadra se instaló para los tubos y así evitando desniveles, se cortó dos tubos de 1.30 metros, los cuales forman parte de la vista frontal donde se ubicará la pantalla de visualización.



Figura 24. Soldadura del Tubo de Encaje

Ya soldado el tubo más pequeño se realizó las paredes laterales de la cabina de visualización y pilotaje, utilizando el mismo tubo cuadrado se elaboró las paredes laterales, mismas a ubicar en la base.



Figura 25. Pared lateral de la Cabina.

Este proceso se realizó simétricamente al lado contrario obteniendo una vista pareja y adecuada de la estructura, se le colocó un tubo de 0.82 metros de largo en la mitad de las paredes laterales para dar un mejor soporte; instalándolo con tornillos y tuercas, para poder montar y desmontar.

3.3.4 Instalación del soporte para la pantalla de visualización

Realizado en marco base de la cabina de visualización y pilotaje, se instaló un soporte de acero inoxidable para colocar la pantalla de visualización como base principal del sistema FPV, ubicándola a una altura adecuada y cómoda para la visualización de imagen del sistema.



Figura 26. Instalación de la Pantalla en la Estructura

Con la instalación de la pantalla de visualización se obtiene la base principal de la estructura de la cabina de pilotaje y visualización del sistema FPV, obteniendo una primera vista del modelo principal utilizado para la construcción del sistema.

3.3.5 Colocación de láminas de acrílico

Para darle un mejor realce y la apariencia más real de estar en una cabina de pilotaje de una aeronave, se realiza la colocación de láminas de **acrílico** conocido químicamente como Polimetilmetacrilato, es un plástico de ingeniería que se obtiene de la polimerización del metacrilato de metilo, presente en la industria en forma de gránulos, ubicándolo en la parte superior de la estructura como protección de la pantalla y generar una apariencia similar a una aeronave.



Figura 27. Instalación de Láminas de Acrílico

La instalación de las láminas de acrílico se realizó colocado ángulos de aluminio en las uniones para ayudar en la unión de las mismas, y colocando tornillos de 1/8 de pulgada con tuerca, asegurando así su instalación y facilitando en cambio de la misma; utilizando 5 planchas de acrílico simétricamente instaladas tanto en el lado derecho como en el izquierdo.



Figura 28. Instalación de ángulos de aluminio

3.3.6 Proceso de pintado de la estructura

Una vez acabado el proceso de estructuración de la Cabina de visualización, se procede a pintar la estructura para evitar el deterioro del material y darle una mejor presencia estética, utilizando una base de **PRIMER** a la estructura metálica y el recubrimiento final de color negro.



Figura 29. Colocación de Primer a la Estructura

La estructura necesita la capa de Primer para poder colocar la pintura, ya que genera adherencia y permite obtener un mejor acabado, ayudando a cubrir fallas estructurales que por defecto de fábrica puede tener el material.



Figura 30. Estructura Pintada de Color Negro

3.3.7 Primera instalación de los componentes de la cabina de visualización

Acabados los diferentes procesos de construcción de la estructura se realizan las primeras construcciones de la cabina de visualización del sistema FPV, con el fin de verificar su correcta instalación y corrección de fallas existentes que pueden presentarse en los procesos.



Figura 31. Asiento Restaurado

Realizando la restauración del asiento y corrigiendo las diferentes anomalías presentadas en los materiales y en los procesos realizados, así obteniendo mejor presencia visual y una primera vista de la cabina, dándonos una perspectiva de su acabado.



Figura 31. Instalación de la Cabina de Visualización

3.3.8 Instalación de paneles laterales y tableros

Ya realizado el proceso de instalación de los elementos básicos de la Cabina de Visualización se realizó la toma de medidas de los paneles frontales, laterales, tableros y pisos para colocar planchas a la medida de triplex de 9 líneas de espesor, adquiriendo los panes con las medidas adecuadas, para realizar el proceso de pintado de las láminas.

a. Proceso de sellado de los paneles de madera

Antes de realizar el proceso de pintado de las láminas de madera se debe sellar las caras de la madera para que la fijación de la pintura sea la adecuada.



Figura 32. Proceso de Sellado de los Paneles

Para la adecuada aplicación de la pintura en los paneles se realizó el proceso de sellado, el cual evita que la pintura se aplique de una forma dispareja.

b. Aplicación de pintura en los paneles de madera

Antes del proceso de pintura se debe lijar las caras de los paneles, para dejarlas completamente lisas, sin imperfecciones y aplicación de una capa de primer que nos permite tener un proceso de pintura con mejores resultados en su aplicación.



Figura 33. Proceso de Lijado

El proceso de lijado debe de ser de una manera pareja, para evitar lastimar o dañar la superficie, y tener facilidad en la aplicación de la pintura, colocando la capa de primer obtendremos una superficie adecuada para la aplicación de la pintura.



Figura 34. Aplicación de Primer

La aplicación de la pintura nos dará un acabado visual único y adecuado para la presentación de la cabina de visualización.



Figura 35. Aplicación de Pintura en los Paneles

3.4 Estructuración del sistema FPV

3.4.1 Descripción de componentes utilizados

Para la elaboración del proyecto se realizó la adquisición de varios implementos necesarios para el funcionamiento correcto del sistema y desarrollo adecuado, después de haber realizado un análisis minucioso, se adquirieron los siguientes equipos:

- Cámara Caddx Ratel lente 1.66mm
- AV Transmitter 5.8 [GHz] y 40 canales TS832
- AV Receiver 5.8 [GHz] y 40 canales RC832
- Cables de conexión
- Batería de lipo 4s

3.4.2 Cámara FPV Caddx-Ratel

La cámara a utilizar en el presente sistema FPV de marca Caddx-Ratel tiene características únicas que nos permite manejar, de una forma cómoda el vuelo del aeromodelo, en el cual se implementará el presente sistema, en la siguiente tabla podemos ver las características de la cámara.

Tabla 2*Características de la Cámara Caddx-Ratel*

Sensor de imagen	Sensor HDR 1/1.8" de luz de estrellas
Resolución Horizontal	1200TVL
Sistema de TV	NTSC & PAL cambiable
Imagen	16:9 & 4:3 cambiable
WDR	Super WDR (HDR)
Min. iluminación	Luz de las Estrellas
Lente	1.66 mm
Sincronización	Interno
Obturador Electrónico	PAL: 1/50~100,000; NTSC: 1/60~100,000
Relación S/N	>60dB (AGC OFF)
Salida de Video	CVBS
Cámara OSD	OSD separado
DNR	3-DNR
Lenguaje	ENG/FRANCE/RUS/SPA/PU/KOREA/CHN/JAPAN
Día/Noche	Auto/Color/B&W/EXT
Dimensiones	19mm*19mm*19mm
Entrada de Energía	DC 5-40V
Temperatura de Trabajo	-20°C ~ +60°C
Humedad de Trabajo	20% ~ 80%
Peso	8 gramos

Fuente: (Caddx FPV.us, 2020)

Las cámaras FPV a diferencia de las otras cámaras, tienen menor peso y una latencia o tiempo de respuesta casi nulo, lo que nos permite tener una mejor condición de vuelo.

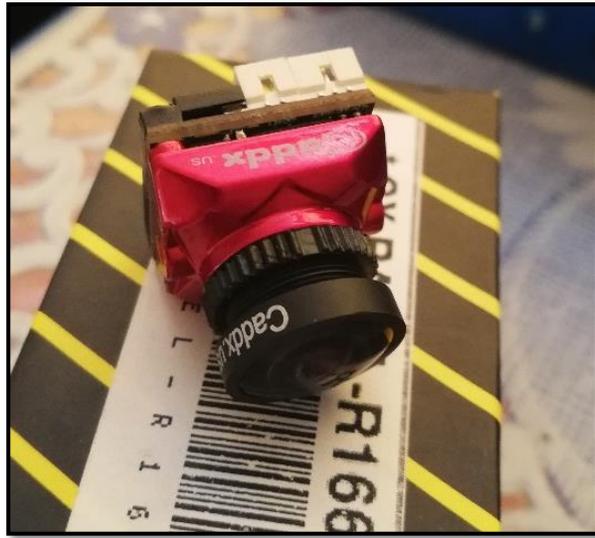


Figura 36. Cámara FPV Caddx - Ratel

3.4.3 Transmisor y Recibidor de señal FPV

Para la construcción del sistema se debe obtener sistemas de transmisión y recepción de señal, el cual se obtiene por medio de la frecuencia y el canal de transmisión, la misma señal la cual es recibida por el receptor y así convertirla en señal de video y audio, principal fuente para la visualización del vuelo del aeromodelo, la señal es reproducida en la pantalla de visualización y así controla más fácilmente el vuelo del aeromodelo de despegue vertical.



Figura 37. Transmisor y Receptor 832

Para una mejor calidad de señal se debe realizar la conexión adecuada del sistema mediante un circuito eléctrico que evita que la frecuencia y el canal sean interferidos, al momento del vuelo.

3.4.4 Conexión del circuito eléctrico de la cámara FPV

Para mejorar señal imagen se realizó un circuito de conexión desde la fuente hasta el transmisor y la cámara, esto mejorara la calidad de video y evitara la interferencia en vuelo, realizando las conexiones desde el transmisor hacia la cámara y la batería.

a. Montaje del controlador de vuelo F4 para el sistema OSD

La construcción del circuito para el sistema FPV fue construido con la ayuda de un placa controladora de vuelo, especializada en el manejo del sistema OSD, el cual me

permite visualizar las fuerzas presentes en vuelo e indicadores como Horizonte Artificial, entre otros, dándole a la visualización del sistema una imagen única para controlar cualquier tipo de aeromodelo.

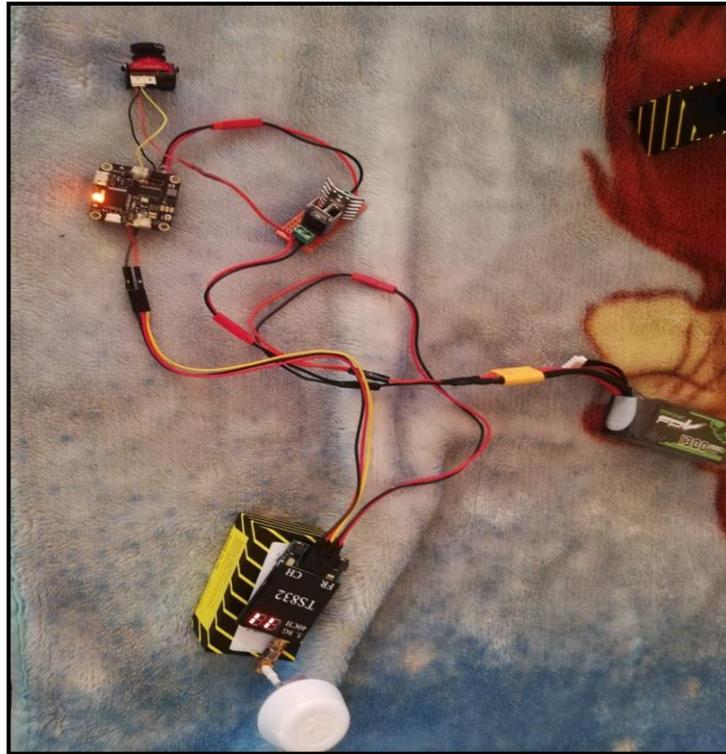


Figura 38. Circuito Eléctrico de la Cámara FPV

b. Controlador de vuelo STM32F405 con sistema OSD

Los sistemas FPV no contienen directamente un sistema de OSD, por lo cual se implementó el controlador de vuelo STM32F405 el cual contiene un sistema independiente de OSD permitiendo tener el control total de sistema de visualización, todos los componentes utilizados en el circuito son necesarios para el correcto funcionamiento del sistema FPV.

El controlador STM32F405 contiene características especiales para controlar el vuelo de un aeromodelo y su sistema de visualización, configurándolo a la comodidad del piloto, utilizado especialmente en el presente sistema para su programación en los campos ya mencionados.

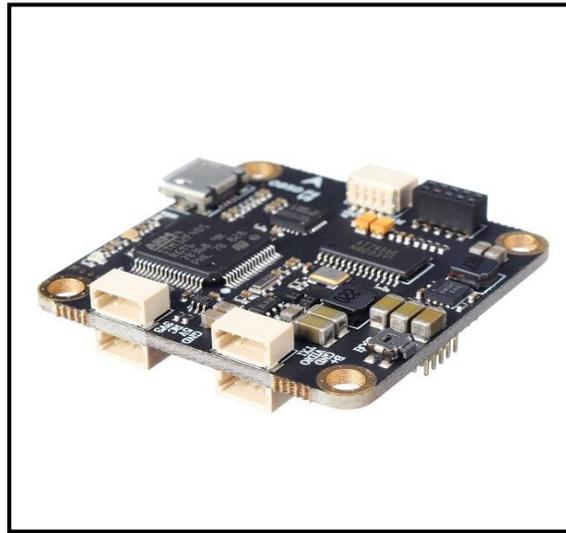


Figura 39. Controladora STM32F405
Fuente: (EachineRC. Conquer the Air, 2013)

El controlador de vuelo es el componente principal que genera los caracteres pertenecientes a la imagen procedente de la cámara y emitida por la señal de radiofrecuencia; el controlador del sistema OSD trabaja con un voltaje de entrada de 5v para evitar daños o sobrecargas en la placa.

c. Programación del sistema OSD en el programa Betaflight

Para la programación del sistema OSD por medio del controlador F4 se necesita una aplicación especializada en la configuración del sistema, por lo cual se utilizó el programa Betaflight, para la configuración del sistema y obtener los indicadores de vuelo.

El configurador Betaflight nos brinda las mejores opciones para la configuración del hardware perteneciente a los circuitos controladores de vuelo, que nos da la capacidad de configurar la imagen con el sistema integrado OSD por medio de sensores en la controladora, indicadores de vuelo básicos para comprender los efectos y movimientos que genera en vuelo el aeromodelo. (Kienapfel, 2019).

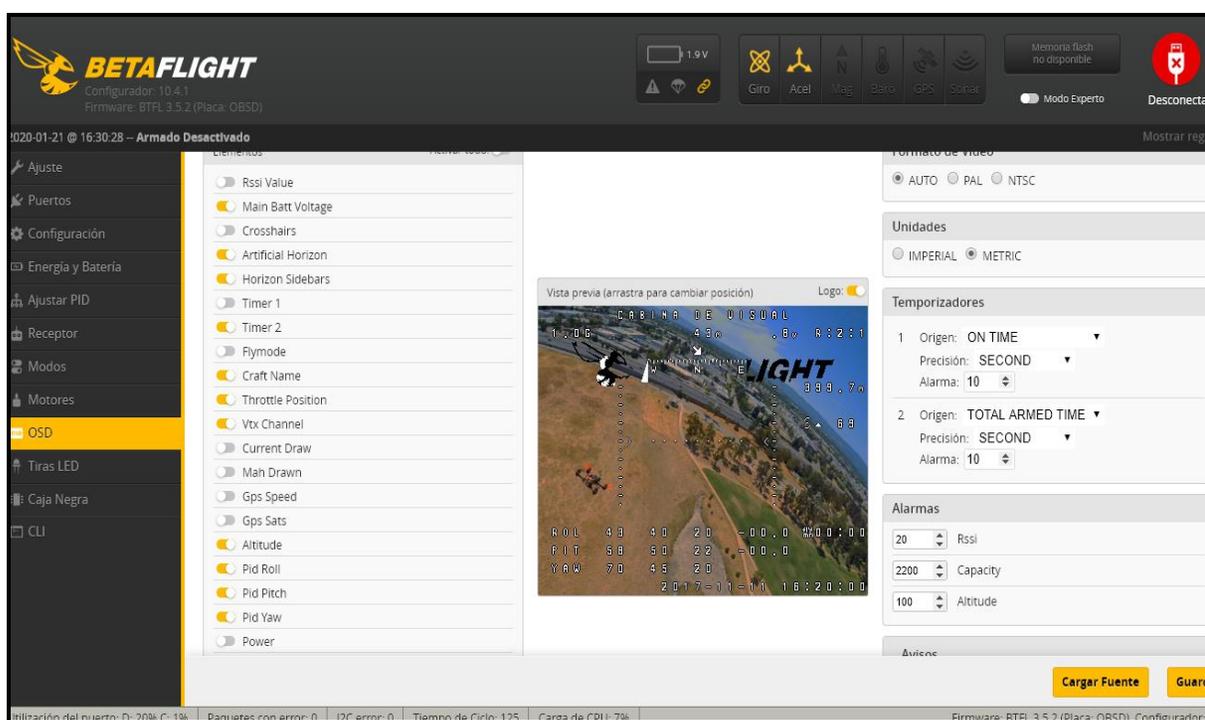


Figura 40. Programación del Sistema OSD por Betaflight

3.4.5 Conexión del circuito eléctrico en la cabina de visualización

En la cabina de visualización se realizó la conexión adecuada del sistema receptor de señal para que la imagen sea lo más clara y nítida posible, así no existirán interferencias en vuelo o al momento del encendido del sistema.



Figura 41. Circuito Eléctrico en la Cabina de Visualización

3.5 Ensamblaje de los componentes del sistema FPV

3.5.1 Ensamblaje de la cabina de visualización

El presente sistema al haberlo realizado de una manera montable y desmontable, tiene la facilidad de moverlo por partes a cualquier lugar, este sistema puede ser adaptable a cualquier tipo de aeromodelo, permitiendo controlarlo desde la comodidad de la cabina de visualización y permitiéndonos visualizar algunos indicadores de vuelo y fuerzas existentes en vuelo, para darnos a entender una visualización más real de una aeronave real, y así comprender los controles y sistemas de vuelo.

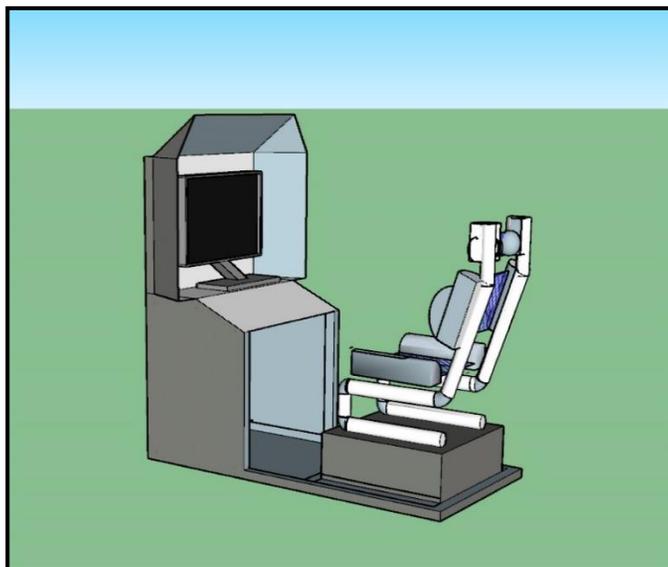


Figura 42. Planos de la Cabina en 3D

Realizado las últimas adecuaciones de la construcción de la cabina se produce el ensamblaje final, en el cual podemos observar la imagen final de la cabina construida y lista para realizar las pruebas del funcionamiento del sistema FPV.



Figura 43. Cabina de Visualización Final

3.5.2 Montaje del sistema FPV en el aeromodelo de despegue vertical

Una vez realizado el circuito del sistema FPV para mejorar la calidad de imagen y configuración del mismo se procedió al montaje del sistema en el aeromodelo de despegue vertical, utilizando un sistema de correas removibles y ajustables para asegurar la cámara y sus diferentes componentes pertenecientes al sistema FPV a la estructura del aeromodelo.

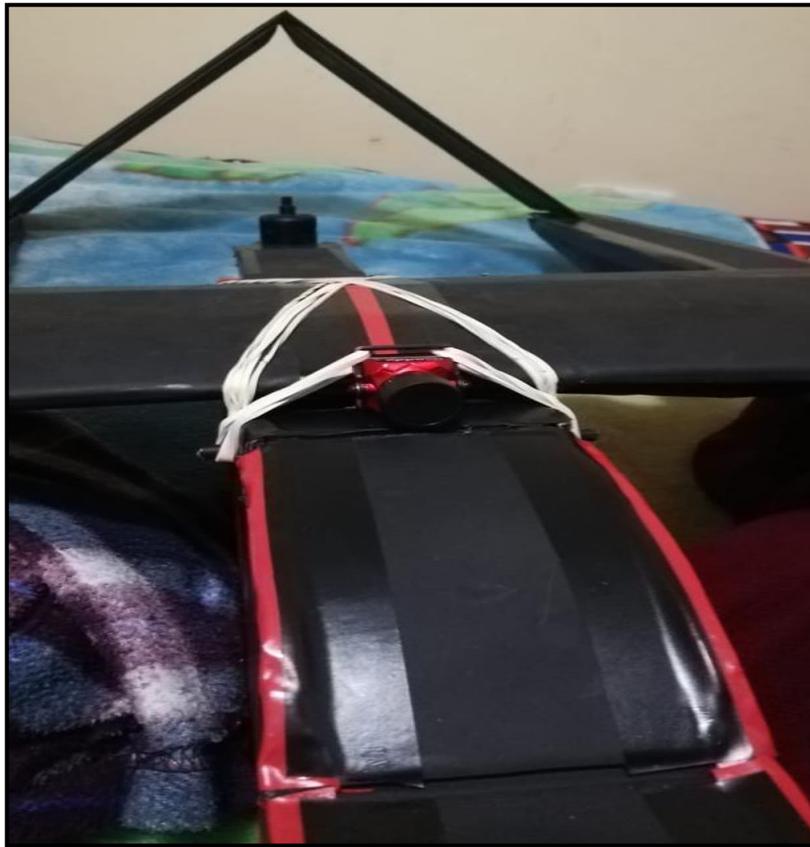


Figura 44. Sistema de Visualización en el Aeromodelo

a. Sección del aeromodelo para montaje del sistema

Para el ensamblaje del sistema en el aeromodelo se verifico en los planos del aeromodelo, la sección en la cual se ubicara el sistema de visualización, observando que no existan componentes que eviten que el sistema repose en la sección.

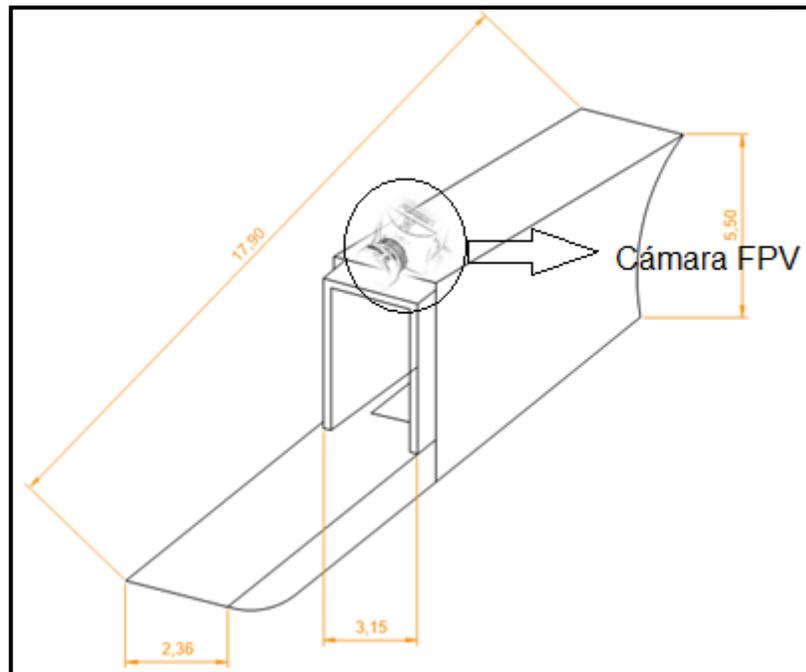


Figura 45. Sección de Montaje de la cámara FPV

La sección central del fuselaje del aeromodelo de despegue vertical es en donde estará ubicado el principal elemento del sistema FPV, que es la cámara de visualización y los componentes restantes en la parte superior de las alas para obtener una buena señal y sea proyecta en la cabina de visualización, cabe recalcar que los componentes del sistema no afectaran en gran parte al peso y balance de la misma.

3.5.3 Esquema del sistema FPV

En la realización del sistema FPV se adaptaron varios componentes los cuales son muy esenciales para el funcionamiento correcto del mismo, por lo cual se realizó un esquema para observar la forma de su ensamblaje y sus diferentes componentes.

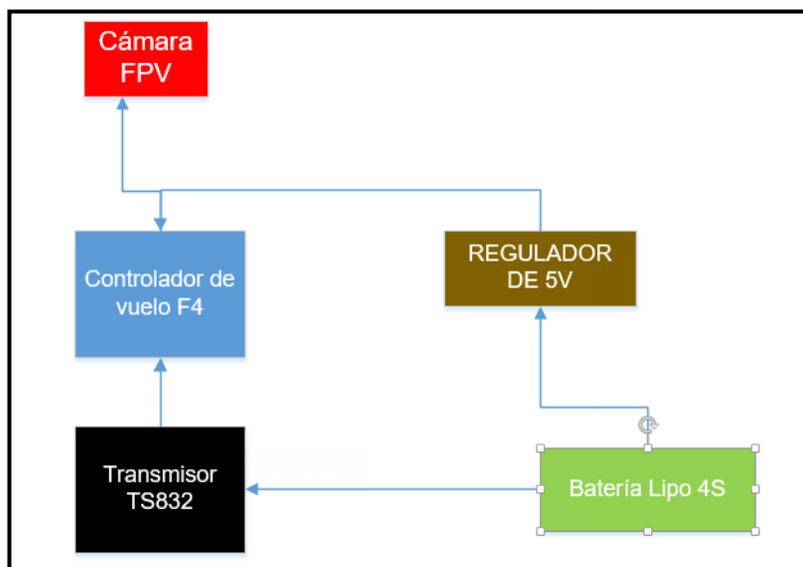


Figura 46. Esquema del Sistema FPV

3.6 Consumo eléctrico del sistema FPV

El sistema FPV es realizado exclusivamente para utilizarse en cualquier tipo de aeromodelo presentes en la Carrera de Mecánica Aeronáutica por lo cual se realizó un circuito independiente que tiene capacidad autónoma de energía usando una batería de lipo de 1300 mAh que usara un 90% de su energía, es decir, 1170 mAh, que en función del tiempo de vuelo disminuirá su capacidad.

- Consumo energético del sistema en 60 minutos de encendido.

Consumo = (Consumo de la Cámara + Consumo placa OSD + Consumo Transmisor)

$$\text{Consumo} = (200\text{mAh} + 100\text{mAh} + 220\text{mAh})$$

$$\text{Consumo} = 520\text{mAh}$$

Este consumo de 520mAh se da al mantener encendido el sistema por una hora esto por especificaciones del fabricante, para averiguar el consumo total al desgaste de la batería realizamos una regla de 3 simple.

- Consumo total de la batería en función del tiempo.

$$520\text{mAh} \quad 60 \text{ minutos}$$

$$1170\text{mAh} \quad x$$

$$X = 135 \text{ minutos}$$

- Para verificar el consumo por minuto del sistema se realiza la misma regla.

$$520\text{mAh} \quad 60 \text{ minutos}$$

$$x \quad 1 \text{ minuto}$$

$$X = 8.7 \text{ mAh}$$

El sistema consume 8.7mAh por minuto lo que es mínimo, ya que la batería solo energiza los elementos de visualización y no al aeromodelo con sus motores y demás

elementos, esto genera un gran beneficio ya que el sistema solo necesita ser energizado una pequeña cantidad de energía, así que la batería de 4s y 1300mAh es suficiente para tener una gran cantidad de minutos de vuelo.

3.7 Pruebas de visualización del sistema FPV

Se realizó la conexión del sistema para verificar su funcionamiento, realizando las diferentes conexiones del circuito que nos darán el sistema OSD conjuntamente con la controladora de vuelo, se verificó la funcionalidad del sistema recorriendo una pequeña distancia, para obtener un panorama de la visualización que generara el sistema en vuelo.



Figura 47. Visualización del Sistema FPV

En la imagen podemos visualizar la señal procedente de la cámara y emitida por el transmisor, la cual es recibida por el receptor para proyectarla en pantalla y así verificar el correcto funcionamiento del sistema, incluido el sistema OSD presentes en la pantalla por sus indicadores.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- En base al estudio realizado de los sistemas First Person View, se pudo determinar que el sistema es adecuado y factible, que puede ser utilizado especialmente en un aeromodelo de despegue vertical, como también en diferentes aeromodelos por su sistema de montaje y desmontaje, el cual debe ser ubicado correctamente en el aeromodelo para evitar fallas del mismo.
- De acuerdo a los componentes adquiridos para la instalación del sistema First Person View, en el aeromodelo construido, se realizó el ensamblaje y conexiones de los diferentes elementos, los cuales fueron ubicados correctamente en la superficie del fuselaje del aeromodelo sin afectar en gran parte su aeronavegabilidad o centro de gravedad y así realizar un vuelo seguro con el sistema.
- Se realizaron pruebas de funcionamiento del sistema antes de su montaje en el aeromodelo, esto para obtener una visualización adecuada, permitiéndole controlar el aeromodelo y visualizar los diferentes indicadores de vuelo, que nos dan un mejor desempeño para la comprensión al momento de encender el sistema.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar un estudio adecuado de lo que se tratará en general el sistema First Person View, ya que se debe comprender cómo actúa y funciona el sistema, para poder realizar una manipulación adecuada visualizando los diferentes indicadores y componentes pertenecientes al sistema.
- Para realización de una correcta instalación del sistema First Person View se debería tomar en cuenta las diferentes indicaciones presentes en el manual del fabricante para evitar daños en los componentes y realizar las conexiones adecuadas teniendo en cuenta no sobrepasar los límites de energía enviados en el circuito, lo que puede dañar o generar un mal funcionamiento del mismo.
- Para el correcto funcionamiento del sistema se debe verificar las conexiones, ya que cualquier tipo de error al ensamblar el sistema puede generar daños irreversibles en los elementos del mismo, por lo cual siempre se debería realizar un chequeo antes de energizar el sistema y montaje de los componentes en cualquier tipo de aeromodelo a utilizar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alamy Ltd. (09 de Enero de 2020). *alamy*. Recuperado el 29 de Septiembre de 2019, de <https://www.alamy.es/foto-nasa-army-bell-xv-15-34959662.html>
- Alex, U. (07 de Diciembre de 2013). *Drone Trest*. Recuperado el 02 de Noviembre de 2019, de <https://www.dronetrest.com/t/fpv-gear-guide-overview-on-what-to-buy/118>
- Caddx FPV.us. (03 de Enero de 2020). *Caddx FPV*. Recuperado el 30 de Septiembre de 2019, de <https://caddxfpv.com/>
- Cuesta, J. G. (2003). Terminología Aeronáutica. En J. G. Cuesta, *Terminología Aeronáutica* (págs. 13-14-447). Madrid: Ediciones Días de Santos, S. A. Recuperado el 29 de Septiembre de 2019
- EachineRC. Conquer the Air. (06 de Marzo de 2013). *Eachine*. Recuperado el 05 de Enero de 2020, de <https://www.eachine.com/Eachine-Wizard-X220HV-FPV-Racing-RC-Drone-Spare-Part-Customized-F4-Flight-Controller-Built-in-OSD-p-1422.html>
- FPVMAX*. (2016). Recuperado el 25 de Septiembre de 2019, de <http://fpvmax.com/2017/01/04/fpv-basico-componentes-sistema-fpv/>
- HobbyControl, Corporation. (15 de Agosto de 2018). *HobbyControl*. Recuperado el 30 de Septiembre de 2019, de <http://www.hobbycontrol.com.br/details/BIXLER2/aeromodelo-bixler-2-epo-brushless-fpv-arf>

- Just Drones, Corporation. (20 de Febrero de 2014). *Just Drones*. Recuperado el 28 de Diciembre de 2019, de <https://justdrones.com.au/store/mrv-thumper-rtf-5-8ghz-fpv-racing-drone/>
- Kienapfel, K. (06 de Noviembre de 2019). *GitHub*. Recuperado el 07 de Enero de 2020, de <https://github.com/betaflight/betaflight/wiki>
- Lopez, A. (18 de Septiembre de 2017). *Tutoriales de Drones*. Recuperado el 20 de Septiembre de 2019, de <https://www.tutorialdedrones.com/que-es-vuelo-fpv/>
- López, A. (09 de Octubre de 2018). *Desde el Aire RC*. Recuperado el 20 de Septiembre de 2019, de <https://www.desdeelairerc.net/>
- Mario. (13 de Octubre de 2009). *neoteo*. Recuperado el 13 de Octubre de 2019, de <https://www.neoteo.com/polemica-por-el-nobel-de-fisica-2009/>
- Mi Dron de Cerreras Corporation. (12 de Abril de 2018). *MiDronCarreras*. Recuperado el 15 de Octubre de 2019, de <https://www.midronedecarreras.com/camaras-fpv/>
- MX., E. D. (17 de Febrero de 2015). *Dron. Sitio: Definición MX*. Recuperado el 29 de Septiembre de 2019, de <https://definicion.mx/dron/>
- PROMETEC.NET. (28 de Enero de 2019). *Prometec*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2019, de Prometec: <https://www.prometec.net/elegir-camara-fpv-para-dron/>
- Sánchez, F. (30 de Noviembre de 2019). *Club Libelula*. Recuperado el 28 de Septiembre de 2019, de <https://www.libelula.com/index.php>
- Santos, A. (07 de 07 de 2011). *Tecnosinergia*. Recuperado el 15 de Octubre de 2019, de <https://tecnosinergiamx.com/2011/07/07/ccd-vs-cmos/>
- Ucha, F. (26 de Marzo de 2013). *Definición ABC*. Recuperado el 27 de Septiembre de 2019, de <https://www.definicionabc.com/general/aeromodelismo.php>

ANEXOS



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

CERTIFICACIÓN

Se certifica que la presente monografía fue desarrollada por el señor PEREIRA ALMEIDA, STEVENS SANTIAGO.

En la ciudad de Latacunga a los 27 días del mes de Enero del 2020.

Aprobado por:


Ing. Muñoz Grandes, Milton Stalin

DIRECTOR DEL PROYECTO


Ing. Bautista Zurita, Rodrigo Cristobal

DIRECTOR DE CARRERA


Abg. Plaza Carrizo, Sarita Johana
SECRETARIO ACADÉMICO

