

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

MAESTRIA EN TELECOMUNICACIONES

Tema: “Sistema de comunicación y transmisión de video en tiempo real a través de drones a larga distancia”.

Trabajo de titulación previo a la obtención del Grado Académico de
Magister en Telecomunicaciones

Modulación de Titulación Artículo Profesional de Alto nivel

Autor(a): Ingeniera Janneth Elizabeth Moreta Changoluiza

Director(a): Ingeniero Hugo Oswaldo Moreno Avilés, PhD.

Ambato-Ecuador

Año 2021

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

El Tribunal receptor de la Defensa del Trabajo de Titulación presidido por la Ingeniera Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Magíster e integrado por los señores: Ingeniero Carlos Diego Gordón Gallegos, PhD., Ingeniero Geovanni Danilo Brito Moncayo, Magíster, designados por la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “Sistema de comunicación y transmisión de video en tiempo real a través de drones a larga distancia”, elaborado y presentado por la señora Ingeniera Janneth Elizabeth Moreta Changoluiza, para optar por el Grado Académico de Magister en Telecomunicaciones; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg.
Presidente y Miembro del Tribunal de Defensa

Ing. Carlos Diego Gordón Gallegos, PhD.
Miembro del Tribunal de Defensa

Ing. Geovanni Danilo Brito Moncayo, Mg.
Miembro del Tribunal de Defensa

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: “Sistema de comunicación y transmisión de video en tiempo real a través de drones a larga distancia”, le corresponde exclusivamente a la: Ingeniera Janneth Elizabeth Moreta Changoluiza bajo la Dirección de Ingeniero Hugo Oswaldo Moreno Avilés, PhD., Director del Trabajo de Titulación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Janneth Elizabeth Moreta Changoluiza

AUTOR

Ing. Hugo Oswaldo Moreno Avilés, PhD.

DIRECTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y proceso de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Janneth Elizabeth Moreta Changoluiza

CI: 050307897-4

INDICE GENERAL

Contenido

PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
INDICE GENERAL.....	v
INDICE DE TABLAS	vii
INDICE DE FIGURAS	viii
AGRADECIMIENTO.....	ix
DEDICATORIA	x
RESUMEN EJECUTIVO	xi
EXECUTIVE SUMMARY.....	xii
CAPÍTULO I.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos:	4
1.3.1 Objetivos General.....	4
1.3.2 Objetivos Específicos:.....	4
CAPÍTULO II	5
2.1 MARCO TEORICO	5
2.1.1 Sistemas de comunicaciones electrónicas.....	5
2.1.2 Estructura genérica.....	5
2.1.3 Sistemas de comunicación digital	6
2.1.4 Arquitectura.....	7
2.1.5 Sistemas de comunicación inalámbrica	12
2.1.6 Video en tiempo real o streaming	13
2.1.7 Vehículos Aéreos no Tripulados (VANT)	13
2.1.8 Radio Definida por Software (SDR).....	14
2.1.9 Software NI LabVIEW	14
CAPÍTULO III.....	16
3.1 Ubicación.....	16
3.2 Equipos y materiales.....	16
3.3 Tipo de investigación	17

3.3.1	Investigación aplicada.....	18
3.3.2	Investigación bibliográfica.....	18
3.3.3	Investigación de campo.....	18
3.4	Recolección de Información.....	18
3.5	Procesamiento de la información y análisis estadístico:	18
3.5.1	Programación del sistema de transmisión.....	20
3.5.2	Programación del sistema de recepción.....	24
3.5.3	Pruebas de funcionamiento.....	28
CAPÍTULO IV.....		31
4.1	Análisis del proceso de selección de la frecuencia óptima.....	31
CAPÍTULO V		35
5.1	Conclusiones.....	35
5.2	BIBLIOGRAFIA.....	36
CARTA DE ACEPTACIÓN ARTÍCULO		39
CERTIFICACIÓN DE COPYRIGHT		40
ARTÍCULO CIENTÍFICO		44
MATRIZ POINT TO POINT.....		45
MATRIZ SUGERENCIAS.....		1

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Comparación de software de características similares al software Lab View.	14
Tabla 2 Análisis comparativo de frecuencias frente a interferencia	33

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Diagrama de bloques de un sistema de comunicaciones electrónico.....	6
Fig. 2 Diagrama de bloques de un transmisor digital.	7
Fig. 3 Diagrama de un codificador convolucional.....	9
Fig. 4 Respuesta en frecuencia para filtros paso-bajo, paso-alto y paso-banda	10
Fig. 5 Diagrama de Bloques de un receptor digital.	11
Fig. 6 Diagrama de equipos del sistema de comunicación y transmisión de video.....	16
Fig. 7 Diagrama de bloques para el sistema de comunicación y transmisión de video.....	19
Fig. 8 Configuración de la USRP Transmisora.	21
Fig. 9 Bloque de Entramado de Bits.....	21
Fig. 10 Encolamiento de Bits	22
Fig. 11 Bloque de Modulación QAM.....	23
Fig. 12 Bloque de transmisión.....	23
Fig. 13 Interface del transmisor QAM en funcionamiento.	24
Fig. 14 Bloque de configuración de la USRP Receptora.	25
Fig. 15 Bloque de lectura de datos de la USRP.	25
Fig. 16 Bloque de Demodulación QAM.....	26
Fig. 17 Bloque de sincronismo.....	27
Fig. 18 Bloque de reconstrucción y presentación del video.....	27
Fig. 19 Interface del receptor QAM en funcionamiento	28
Fig. 20 Pruebas de funcionamiento cable coaxial.....	28
Fig. 21 Pruebas de funcionamiento con antena log-periódica Transmisor	29
Fig. 22 Pruebas de funcionamiento con antena log-periódica Receptor.	29
Fig. 23 Pruebas de funcionamiento con antena log-periódica y dron en funcionamiento. ...	30
Fig. 24 Resultados obtenidos de las pruebas de funcionamiento en ambiente de laboratorio. Tiempo de recepción estimado en segundos	31
Fig. 25 Calidad de Imagen recibida.....	32
Fig. 26 Paquetes transmitidos.....	32
Fig. 27 Paquetes recibidos.....	33
Fig. 28 GUI del receptor en funcionamiento	34
Fig. 29 Diagrama de OJO de la señal Recibida.	34

AGRADECIMIENTO

De todo corazón a Dios, por darme la fortaleza para no decaer ante cualquier dificultad y siempre seguir adelante cada día disfrutando de los momentos felices y aprendiendo de los errores cometidos.

A toda mi familia por animarme a continuar siempre y culminar las metas planteadas en mi carrera, en especial a mis padres Judith y Alcides por sus consejos y el amor demostrado a lo largo de mi vida, de igual manera a mi querido esposo Jorge Luis por su paciencia, por su apoyo incondicional, y por demostrarme siempre que es el mejor compañero de vida que Dios me pudo conceder.

Mi agradecimiento de todo corazón a, mis amigos y a cada persona que de una u otra manera ha sido parte de mi vida y que siempre me han apoyado y brindando su amistad sincera y el apoyo constante para la consecución de este proyecto.

Janneth

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mis hijos, por ser mi motor y mi más grande inspiración, ellos son los que me impulsan a ser cada día mejor.

A mi esposo por ser siempre mi apoyo incondicional, por estar a mi lado en los momentos malos, como mi bastón para apoyarme y levantarme con más fuerza y en los momentos buenos disfrutando y festejando cada victoria alcanzada.

A mi padre y a mi madre por ser mis primeros maestros, por haber sembrado en mí el valor de la paciencia y perseverancia, para lograr mis sueños y vencer los obstáculos que se presenten en el trayecto de mi vida y por su amor sincero e incondicional.

Y a mis hermanas para que ellas miren en mí, un ejemplo de vida.

Janneth

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL

MAESTRIA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

“Sistema de comunicación y transmisión de video en tiempo real a través de drones a larga distancia”.

AUTOR: Ingeniera, Janneth Elizabeth Moreta Changoluiza

DIRECTOR: Ingeniero, Hugo Oswaldo Moreno Avilés, PhD.

LINEA DE INVESTIGACION.

- Tecnologías, Seguridad y Gestión de redes de Comunicaciones.

FECHA: 26 de Octubre de 2021

RESUMEN EJECUTIVO

Una de las mayores tendencias tecnológicas a nivel mundial es el desarrollo y uso de Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT) aplicados en el ámbito civil y militar. En la actualidad la transmisión de video se ha convertido en tendencia, y el ser humano, a medida que la tecnología va avanzando exige herramientas tecnológicas más sofisticadas, en este caso una mejor calidad en la transmisión de video en tiempo real y mejor, si la transmisión se da con la ayuda de un dron que le permita tener un panorama de zonas donde es difícil acceder. El presente artículo muestra el diseño e implementación de un sistema de comunicación inalámbrico que permite la transmisión de video en tiempo real (Streaming), desde el Dron industrial DJI Matrice 600 Pro en vuelo, con una estación base terrena. Para la realización de dicho proyecto, se ha utilizado software con la tecnología SDR (Software Defined Radio), la cual ha permitido completar varias etapas del sistema, por lo que a excepción de elementos como antenas o amplificadores, el resto de bloques han podido ser implementados con normalidad. Por otro lado también el uso de hardware se redujo a la utilización de un ordenador con LabVIEW, equipos USRPs, un dron, una cámara y las antenas. Para la comprobación de resultados se desarrolla las respectivas pruebas en ambiente de laboratorio.

Palabras clave: Dron, Interfaz, Inalámbrico, Imagen, LabView, Modulación, Transmisión, USRP, Video, VANT.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL
MAESTRIA EN TELECOMUNICACIONES

THEME:

“Real-time video transmission and communication system via drones over long distances”

AUTHOR: Ingeniera, Janneth Elizabeth Moreta Changoluiza

DIRECTED: Ingeniero, Hugo Oswaldo Moreno Avilés, PhD.

LINE OF RESEARCH.

- Technologies, Security and Management of Communications Networks.

DATE: October 26th, 2021

EXECUTIVE SUMMARY

One of the major technological trends worldwide is the development and use of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) civil and military fields. Nowadays, video transmission has become a trend, and as technology advances, the human being demands more sophisticated technological tools. In this case we are looking at better quality real-time video transmission which increases even more with the help of a drone allowing the user to have an overview of areas difficult to access. This article shows the design and implementation of a wireless communications system which allows transmission of video in real time (Streaming) from the DJI Matrice 600 Pro industrial drone in flight controlled from a ground base station. Software with SDR (Software Defined Radio) technology was used for this project, which has helped complete several stages of the system. With the exception of elements such as antennas or amplifiers, all of the blocks have been implemented normally. On the other hand, the use of hardware was minimized to the use of a computer with LabVIEW, USRPs, a drone, a camera and the antennas. For the verification of the results, the respective tests were carried out in a lab.

Keywords: Drone, Interface, Wireless, Image, LabView, Modulation, Transmission, USRP, Video, VANT.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Introducción

El desarrollo de la tecnología de la información, comunicación y la electrónica ha permitido que el mundo de las telecomunicaciones avancen a pasos agigantados, generando adelantos y mejoras en la transmisión de datos a través de canales inalámbricos, en el campo de la robótica, y dando paso al surgimiento de nuevos dispositivos electrónicos, que en la actualidad a llegado a facilitar la vida del ser humano.

Los sistemas de comunicación trabajan con equipos de última tecnología, permitiendo enviar y recibir información, tales como datos, voz o video, desde cualquier parte del mundo, debido a que la señal se sobrepone a los problemas presentados en los diferentes ambientes, así también permiten satisfacer la demanda de acceso a multimedia de alta velocidad de transmisión de datos.

En la actualidad la transmisión de video se ha convertido en tendencia, y el ser humano a medida que la tecnología va avanzando exige herramientas tecnológicas más sofisticadas, en este caso una mejor calidad en la transmisión de video en tiempo real y mucho mejor si la transmisión se da con la ayuda de un dispositivo aéreo no tripulado (VANT), que le permitiría tener un panorama de zonas donde es difícil llegar. Pero la transmisión continua de vídeo desde un dron supone una fuerte precisión sobre el espectro inalámbrico, el streaming en directo es menos eficiente en cuanto al ancho de banda, como lo confirma donde el ancho de banda medido es de 10 Mbps para 25 FPS desde un dron.

Los drones han alcanzado un gran éxito en la investigación y el desarrollo y en muchos campos industriales, son dispositivos tecnológicos que ha generado gran impacto en la actualidad debido a las ventajas que este brinda, y están ganando gran popularidad en los últimos años, gracias a su menor coste, menor tamaño, menor peso, mayor capacidad y avances en baterías y motores. El término técnico es Vehículo Aéreo no Tripulado (Unmanned Aerial Vehicles, UAVs). Sin embargo, es más común escuchar dron para referirse a una herramienta automatizada que, ha expandido sus usos y aplicaciones en diferentes sectores.

Los vehículos aéreos no tripulados (VANT o UAV) son una tecnología que puede aprovecharse para aplicaciones militares, públicas y civiles. El uso militar de los

UAV tiene más de 25 años y consiste principalmente en la vigilancia de fronteras, el reconocimiento y el ataque. El uso público es para los organismos públicos como la policía, la seguridad pública y la gestión del transporte. Desde hace 15 años el uso de las VANT en el ámbito civil ha favorecido a varios sectores, como en operaciones de rescate y evacuación, en la cartografía, la geología y la agricultura; la fotografía y la producción audiovisual; la vigilancia y la seguridad, etc. Por ello, la fiabilidad de las conexiones de los UAV y la precisión de la información intercambiada son parámetros críticos. La omnipresencia de los vehículos aéreos no tripulados, o drones, entre la población civil puede dar lugar a problemas técnicos, de seguridad y de seguridad pública que es necesario abordar, regular y prevenir.

Los sistemas multi-VANT pueden completar misiones de manera colaborativa de manera más eficiente y económica en comparación con los sistemas de VANT individuales. Sin embargo, hay muchos problemas que deben resolverse antes de que se pueda hacer un uso efectivo de los VANT para proporcionar redes específicas del contexto estable y confiable. Por otro lado, un conjunto amplio de aplicaciones coincide en dotar a un VANT de una cámara de video y de los medios adecuados para capturar y/o transmitir imágenes a una estación terrena. Esta capacidad de adquisición de imágenes en el espectro visible permite abordar tareas como inspección, vigilancia o búsqueda que son de interés en múltiples campos.

El presente artículo muestra el diseño e implementación de una sistema de comunicación inalámbrico que permite la transmisión de video en tiempo real (Streaming), desde un vehículo aéreo no tripulado en vuelo (Dron industrial DJI Matrice 600 Pro) hacia una estación base fija que se encuentra en tierra; este sistema permite tener beneficios como, el control aéreo debido al tamaño reducido del dron, el acceso y la visualización de zonas a las cuales son difíciles acceder evitando poner en riesgo la seguridad e integridad física de una persona.

1.2 Justificación

Las aplicaciones de los drones no se limitan al mundo militar sino que sirven a una gran parte de la economía con mecanismos avanzados y capacidades impresionantes. El término técnico es Vehículo Aéreo no Tripulado (Unmanned Aerial Vehicles, UAVs). Sin embargo, es más común escuchar dron para referirse a una herramienta automatizada que, ha expandido sus usos y aplicaciones a otros sectores.

Desde hace 15 años han surgido diferentes aplicaciones civiles que han ampliado el interés, la investigación y el desarrollo de éstos sistemas; a la vez han originado nuevos requisitos en su operatividad produciendo un mayor espectro de sistemas.

Los intereses crecientes de los usuarios en la tecnología de UAV han desarrollado nuevos campos de aplicación. En la actualidad, estos dispositivos son utilizados en diferentes actividades como la cartografía, la geología y la agricultura; la fotografía y la producción audiovisual; la vigilancia y la seguridad, etc.

Un conjunto amplio de aplicaciones coincide en dotar a un UAV de una cámara de video y de los medios adecuados para capturar y/o transmitir imágenes a una estación terrena. Esta capacidad de adquisición de imágenes en el espectro visible permite abordar tareas como inspección, vigilancia o búsqueda que son de interés en múltiples campos. En 2016, Jorge Pardo implementa un sistema de comunicación inalámbrico con el objetivo de transmitir imágenes térmicas en tiempo real desde un UAV/RPA a una estación terrena, esto resulta muy importante para realizar un análisis de las potencialidades de esta tecnología.

En un aspecto más profundo en el artículo de Ludovico Ferranti, Francesca Cuomo, Stefania Colonnese y Tommaso Melodia, en su trabajo investigativo titulado “Drone Cellular Networks: Enhancing the Quality Of Experience of video streaming applications”, desarrollado en 2018, se propone algoritmos y criterios de diseño exhaustivos para la selección de la descarga del usuario y el posicionamiento del dron teledirigido. La eficacia de los criterios propuestos se evalúa mediante un amplio análisis del rendimiento. Demuestran que el rendimiento aumenta consistentemente en términos de mitigación de solicitudes de ancho de banda y reducción del retardo promedio bajo diferentes configuraciones de sistema.

Christelle Caillouet, Frédéric Giroire y Tahiry Razafindralambo, en su investigación de tema “Efficient data collection and tracking with flying drones”, desarrollado el febrero de 2019, aborda el Problema de Recolección de Datos Aéreos (ADCP) a partir de un conjunto de sensores inalámbricos móviles ubicados en tierra, utilizando una flota de dispositivos voladores. En conclusión, se propone un programa heurístico de fijación de precios que genere subconjuntos mayores de UAVs pero que resuelva ADCP en menos de 2 segundos con un pequeño número de columnas.

Es el primer modelo que se escala con un número creciente de posiciones y objetivos en 3D, teniendo en cuenta la movilidad y la conectividad.

Después del análisis de la información recopilada se considera desarrollar un sistema, el cual permita la transmisión de vídeo en tiempo real por medio de una cámara que se encuentra ubicada en un vehículo aéreo no tripulado de tipo industrial a una estación terrena, que permita conocer las diferentes alternativas de aplicación de esta tecnología y pueda ser implementada en el país brindando múltiples beneficios acorde al campo en las que se aplique.

1.3 Objetivos:

1.3.1 Objetivos General

Implementar un sistema de comunicación y transmisión de video en tiempo real (Streaming) a través del Dron Industrial DJI Matrice 600 Pro y una estación Terrena.

1.3.2 Objetivos Específicos:

- Realizar un sistema de comunicación de video en ambiente de laboratorio utilizando el dron MATRICE 600 y la estación base.
- Implementación del sistema de comunicación de video en tiempo real con almacenamiento de la información en el dron y en la estación terrena.
- Realizar pruebas y análisis de resultados para determinar la mejor frecuencia de transmisión posible en tiempo real.

CAPÍTULO II

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

2.1 MARCO TEORICO

En el presente apartado se aborda los conceptos generales para el desarrollo del trabajo de titulación, dividiéndolo en cinco temas generales. Inicialmente se investiga los sistemas de comunicaciones electrónicas, su definición, clasificación y estructura general. Después se ahonda en los conceptos de la tecnología video streaming y las técnicas de compresión de información, sobre todo en el estándar H.264. Luego, se profundiza en los conceptos relacionados con los Vehículos Aéreos no Tripulados (VANT), y finalmente se indaga en los conceptos de la tecnología SDR (Software Defined Radio).

2.1.1 Sistemas de comunicaciones electrónicas

Un sistema de comunicaciones electrónicas es aquel cuyo objetivo fundamental es transferir información procedente de algún lugar hacia otro diferente. Se puede considerar a las comunicaciones electrónicas como la transmisión, recepción y procesamiento de información entre dos o más lugares distantes, mediante el uso de circuitos electrónicos (Tomasi, 2003, p.1). De tal manera que es claro pensar que los sistemas de comunicación están desarrollados con el fin de transmitir información (Couch, 2008, p.1).

2.1.2 Estructura genérica

La estructura de un sistema de comunicaciones es similar a las que se presentan en la comunicación humana convencional, formada por un emisor, receptor, mensaje, canal y código. La figura 1 muestra el diagrama de bloques general de un sistema electrónico de comunicaciones.

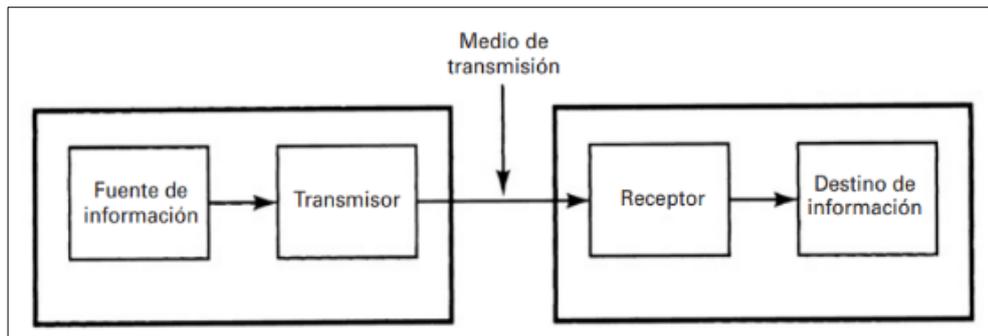


Fig. 1 Diagrama de bloques de un sistema de comunicaciones electrónico.

Dentro de la estructura genérica presentada, cada bloque cumple una función específica, donde el transmisor es un conjunto de elementos o circuitos electrónicos encargados de convertir la información de la fuente, en una señal que se transmite a través de determinado medio de transmisión; el medio de transmisión transporta las señales desde el transmisor hasta el receptor, y por último; el receptor es un conjunto de circuitos electrónicos que capta las señales transmitidas presentes en el medio de transmisión y las reconvierte a su forma original (Tomasi, 2003, p.2).

2.1.3 Sistemas de comunicación digital

Los sistemas de comunicación pueden ser clasificados de acuerdo con el tipo de información que transmiten, siendo clasificados como sistemas de comunicación analógica y sistemas de comunicación digital.

Un sistema de comunicaciones analógico transmite señales analógicas; para algunos autores una señal analógica se define como una forma de onda analógica en función del tiempo, la cual posee valores continuos dentro de un rango (Couch, 2008, p.5). Las formas de onda analógicas son generadas por fuentes de información analógicas. Un sistema de Comunicación Digital por otra parte transmite señales digitales; al referirse a señales digitales hay quienes las consideran como formas de onda digital, las cuales a su vez se definen como funciones de tiempo que pueden ser asociadas a sólo un conjunto discreto de valores que representan amplitud (Couch, 2008, p.5). Las señales digitales provienen de fuentes digitales, aunque también puede provenir de fuentes analógicas y utilizar conversores Análogo-Digital. La comunicación digital, según Couch (2008, p.5) proporciona ciertas ventajas, así como también desventajas:

a. Ventajas

- Es posible utilizar circuitos digitales relativamente económicos para la implementación.
- Mediante el uso de técnicas de codificación se mantiene la privacidad de datos, y se posibilita la corrección de errores.
- Los datos producidos por fuentes de voz y video pueden reunirse y ser transmitidos sobre un sistema digital común de transmisión.
- Los errores detectados en los datos suelen ser pocos, aun cuando exista una gran cantidad de ruido en la señal recibida.

b. Desventajas

- Requerimiento de un mayor ancho de banda en comparación con los sistemas analógicos.
- Necesidad de sincronización.

2.1.4 Arquitectura

Anteriormente ya se habló de la estructura genérica de un sistema de comunicación electrónico; ahora se expande tal estructura genérica haciendo énfasis en cada uno de los bloques que conforman el sistema de comunicación por completo.

2.1.4.1 Transmisor digital

El transmisor digital tiene la misión de tomar una señal de información generada por determinada fuente y realizar el tratamiento correspondiente sobre la señal de información para proceder a enviarla a través del medio de transmisión hacia un receptor. La figura 2 muestra un diagrama de bloques que representa cada una de las etapas que conforman un transmisor digital.

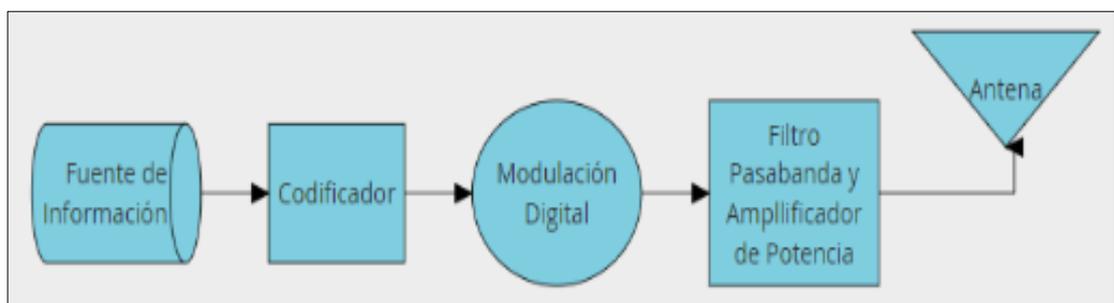


Fig. 2 Diagrama de bloques de un transmisor digital.

a) Fuente de Información

Una fuente se encarga de generar señales de información, ya sea digital o analógica (la cual puede ser digitalizada). Según Couch (2008, p.5) una fuente de información analógica produce mensajes que están definidos dentro de un espacio continuo, mientras que una fuente de información digital produce un conjunto finito de mensajes posibles.

b) Codificación de Canal

En los sistemas de comunicación digital generalmente en el receptor se producen problemas debido a que la información que se recibe no es exactamente la misma que se envió; generalmente esto ocurre debido a que señales interferentes se mezclan con la señal de información y la corrompen. La manera de mitigar los efectos de una señal interferente es mediante el uso de técnicas de codificación de canal.

La codificación de canal consiste en añadir bits extra (redundancia) al flujo de datos original, y que el receptor detecte errores, los corrija por sí mismo y extraiga la información original; esto es ideal para sistemas que intentan disminuir el retardo o latencia de transmisión. Sin embargo, la adición de bits extra implica un aumento en la cantidad de bits, y genera retardos en la transmisión.

Los codificadores se clasifican en dos grandes grupos, códigos de bloque y códigos convolucionales. Los códigos de bloque se consideran “sin memoria”, pues los bits extra se generan únicamente de los bits actuales sin importar los bits anteriores; ejemplos de estos códigos son BCH, Hamming, Reed-Solomon, Golay, entre otros. Mientras, los códigos convolucionales se consideran sistemas “con memoria” pues, además de los bits actuales, también consideran los bits anteriores (Couch, 2008, pp.19-20).

La codificación basada en el concepto de código convolucional se puede conseguir mediante el uso de registros de desplazamiento y sumadores base 2, como se observa en la figura 3. Acerca de los codificadores convolucionales, Couch (2008, p.20) menciona que éstos reciben un número k de datos binarios a su entrada y se obtiene n datos binarios a la salida, de tal manera que la velocidad de código se calcula como $R = k/n$.

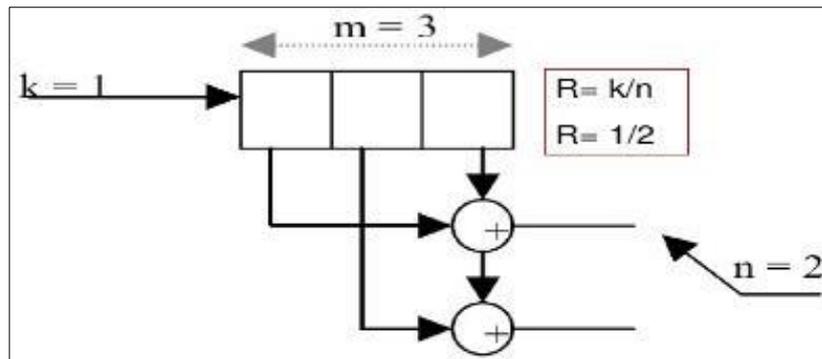


Fig. 3 Diagrama de un codificador convolucional.

Un flujo de datos binarios codificado mediante codificación convolucional puede ser decodificado nuevamente mediante diversos algoritmos, siendo el óptimo el algoritmo de Viterbi.

c) Codificación de Fuente

Esta etapa, en ocasiones llamada modulación en banda base, permite transportar los datos digitales; se encarga de tomar la información digital entrante y la representa en forma de señal continua de pulsos, la cual tiene únicamente dos niveles cuando se trata de una codificación binaria, o por lo contrario tendrá varios niveles en función de si se usa codificación multinivel.

d) Modulación Digital

La información binaria que ya se encuentra representada como una señal continua de pulsos debe de pasar por un proceso de señalización pasa banda también conocida como modulación, previo a ser enviados por un canal de transmisión. Según el criterio de Couch (2008, p.231) se entiende que la modulación es el proceso de plasmar la señal de información banda base proveniente de una fuente sobre una señal pasa banda, mediante la introducción de perturbaciones en las componentes de amplitud, fase o frecuencia.

La modulación digital utiliza la señal continua de pulsos como señal moduladora en lugar de la envolvente compleja como se hacía en modulación analógica.

e) Filtrado pasa banda

La etapa de filtrado se utiliza para delimitar el ingreso únicamente de señales de información a determinada frecuencia. Según mencionan Fiallos y Vaca (2015, p.8)

los filtros se emplean en sistemas de comunicaciones para permitir el paso de solo aquellas frecuencias que contienen la información deseada y eliminar las restantes.

El filtrado se utiliza para eliminar señales interferentes que podrían afectar al correcto funcionamiento del sistema, como lo podría ser el ruido añadido por el mismo sistema o el del trayecto. Algunos tipos de filtro son: filtros paso-bajo, paso-alto y paso-banda. La respuesta en frecuencia de cada uno de estos filtros se observa en la figura 4.

- Filtro paso-bajo: filtro que dentro de su banda de paso se encuentran frecuencias menores a la frecuencia de corte, el resto de las frecuencias pertenecen a la banda de rechazo.
- Filtro paso-alto: filtro que dentro de su banda de paso se encuentran frecuencias mayores a la frecuencia de corte, el resto de las frecuencias pertenecen a la banda de rechazo.
- Filtro paso-banda: filtro donde la banda de paso está conformada por frecuencias comprendidas entre dos frecuencias (f_1 y f_2), denominadas como frecuencia inferior de corte (f_1) y frecuencia superior de corte (f_2); mientras que en la banda de rechazo está conformada por el resto de las frecuencias (Fiallos y Vaca, 2015, p.13).

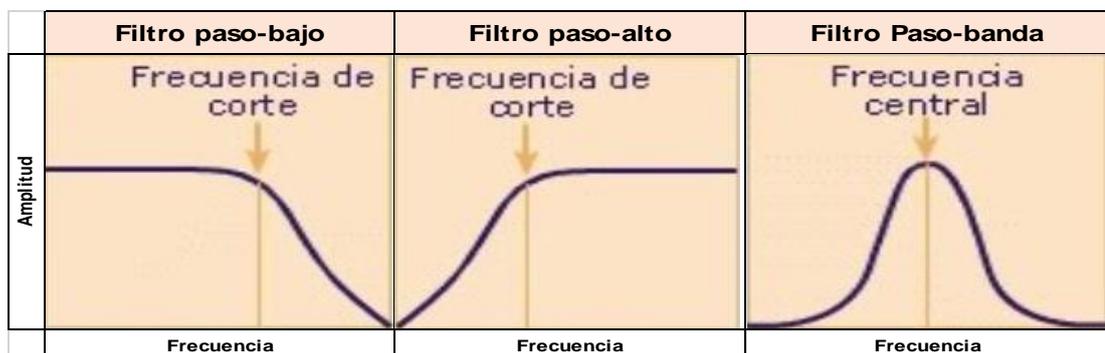


Fig. 4 Respuesta en frecuencia para filtros paso-bajo, paso-alto y paso-banda

f) Amplificador de Potencia

Los transmisores incorporan amplificadores de señal en la parte final de su sistema, justo después de modular la señal y antes de enviarla a través del medio. Su incorporación al sistema es importante, sobre todo cuando se utiliza un medio no guiado como medio de transmisión, pues según Alvear (2017, p.33-35) un

amplificador es un aparato que aumenta el voltaje, la corriente o la potencia de una señal y su uso es indispensable en el campo de los sistemas de comunicaciones inalámbricas para transmisión de datos y video a grandes distancias.

2.1.4.2 Receptor digital

El receptor digital se encarga de capturar la señal de información que se encuentra en el medio de transmisión y realizarle el tratamiento correspondiente para entregarla al destino de la información. La figura 5 muestra el diagrama de bloques que representa las etapas que conforman al receptor digital.

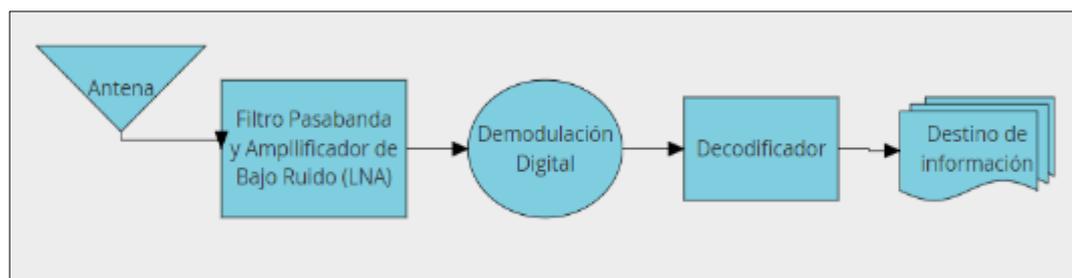


Fig. 5 Diagrama de Bloques de un receptor digital.

Varias de las etapas que conforman un receptor digital simplemente realizan la acción inversa a la que realiza su contraparte en el transmisor digital.

a) Amplificador de Bajo Ruido

Mientras que el transmisor utiliza amplificadores de alta potencia para lograr minimizar la atenuación por propagación a través del espacio; el receptor utiliza un Amplificador de Bajo Ruido (LNA por sus siglas en inglés Low Noise Amplifier) para recuperar la señal de información recibida con atenuación y ruido agregado por el medio de transmisión. El principal objetivo de utilizar un amplificador de bajo ruido es minimizar el efecto de ruido agregado y la distorsión mientras se aumenta la amplitud de la señal (Morales, 2014, p.21). Sobre todo, si la señal recibida ha sido propagada por el espacio a una larga distancia desde el transmisor, dicha señal contiene un nivel de ruido importante que debe de ser controlado para la obtención de la señal de información.

Un LNA presenta las mismas características de funcionamiento que un amplificador de potencia, excepto por la figura de bajo ruido (Low Noise Figure), la cual es una

medida que permite determinar el rendimiento del LNA pues representa la relación señal/ruido de la señal recibida.

b) Filtrado paso-banda

El filtrado cumple exactamente la misma función que en el transmisor, es decir, permitir el paso de únicamente la señal de información útil que viaja a determinada frecuencia mientras se encarga de rechazar las señales que tienen una frecuencia diferente, y que podrían afectar a la correcta recepción de información.

c) Demodulación Digital

La etapa de demodulación es el proceso de tomar una señal pasa banda y transformarla en una banda base al mismo tiempo que recupera la señal binaria que contiene la información digital.

d) Decodificación de Fuente

Etapa que se encarga de convertir la señal banda base recuperada (semejante una señal continua de pulsos) en un flujo de bits.

e) Decodificación de Canal

Etapa encargada de tomar el flujo de datos entrante y extraer únicamente la información útil, y si es que existen errores corregirlos. Para realizar la decodificación de un codificador convolucional se debe contar con un algoritmo que obtenga la secuencia más probable entre todas las posibles. Se han desarrollado algoritmos que realizan tal acción, siendo el óptimo el algoritmo de Viterbi.

f) Destino de la información

En el caso de una señal que originalmente era analógica lo que se hace es una conversión digital a analógica; en el caso de que la señal de información en un inicio ya era digital, no hace falta realizar el proceso de conversión.

En la etapa final del sistema de comunicaciones se toma la información digital recuperada hasta este punto y se la presenta al destinatario en un formato entendible para él.

2.1.5 Sistemas de comunicación inalámbrica

Estos sistemas utilizan el espectro radioeléctrico como medio de transmisión, por lo que, las antenas son de vital importancia para este tipo de sistemas. Al momento de transmitir la antena irradia ondas electromagnéticas al medio, mientras que en

recepción la antena se encarga de captar las ondas electromagnéticas presentes en el medio que la rodea (Lescano, 2011, p.16).

Algunos ejemplos de medios no guiados son: ondas de radio, microondas y satelital.

2.1.6 Video en tiempo real o streaming

El video se define como la secuencia de varias imágenes, una tras otra, dando la impresión al ojo humano de imágenes que se mueven. Es la tecnología que incluye la captación, grabación, procesamiento, almacenamiento, transmisión, reconstrucción y presentación de una secuencia de imágenes que se asemejan a escenas en movimiento (Guangasi y Paulina, 2011, p.32).

A su vez, el término tiempo real hace alusión a la disponibilidad de contenido multimedia (audio y/o video) con un retardo mínimo en el lado del receptor o cliente. La disponibilidad de contenido multimedia en tiempo real también suele denominarse streaming, término que según Oliva (2013, p.1) se define como un conjunto de técnicas que permiten enviar información multimedia para que los usuarios logren reproducir dicho contenido mientras se está transmitiendo por la red.

A través de una red existen 2 maneras de transmitir contenido multimedia, el modo de descarga y el de streaming. En el modo de descarga el archivo puede ser reproducido únicamente cuando ha sido descargado por completo; mientras que en streaming no existe necesidad de descargar el archivo por completo para poder reproducirlo, sino que se reproduce mientras se recibe el contenido bit a bit (Rosero, 2018, p.40).

2.1.7 Vehículos Aéreos no Tripulados (VANT)

Un Vehículo Aéreo no Tripulado (VANT) o en inglés Unmanned Aerial Vehicles (UAV) es una aeronave capaz de realizar vuelos sin la necesidad de que haya un operador dentro de él, de ahí la razón de llamarse no tripulado. Comúnmente a estos vehículos son mejor conocidos como “Dron”. Actualmente existe una gran variedad de estos aparatos tecnológicos, cada uno con diferentes características dependiendo del uso que se les quiera dar.

2.1.8 Radio Definida por Software (SDR)

Desde siempre los elementos que conforman un sistema de radiocomunicaciones habían sido implementados a través de hardware, sin embargo, el constante desarrollo tecnológico busca la manera de comprimir tanto como sea posible los elementos involucrados en los sistemas de radiocomunicaciones. Actualmente, el desarrollo tecnológico nos proporciona la tecnología SDR (por sus siglas en inglés Software Defined Radio), con la cual es posible implementar la mayoría de los elementos a través de programación en software, tal es el caso de codificadores, moduladores, multiplexores, filtros y muchos más (Rodríguez, 2015, p.35); dejando así la mínima cantidad de elementos a ser implementados a través de hardware.

2.1.9 Software NI LabVIEW

LabVIEW es un software de lenguaje de programación gráfico desarrollado por National Instruments, y disponible para sistemas operativos Windows, Linux y MAC OS. Los programas desarrollados con LabVIEW se denominan Instrumentos Virtuales (VI), y cada VI consta de dos partes: el panel frontal y el diagrama de bloques; el panel frontal es la interfaz gráfica que permite la interacción con el usuario, mientras que, el diagrama de bloques contiene la programación y código fuente que describe la funcionalidad del programa (Rodríguez, 2015, p.52).

Existe software de características similares a LabView, que se muestran en la siguiente tabla comparativa:

Tabla 1 Comparación de software de características similares al software Lab View.

Parámetros	Gnu Radio	Matlab	LabVIEW
Genero	Diseño de gráficos de flujo de señal y código fuente	Software Matemático	Entorno de desarrollo gráfico
Sistema Operativo	Microsoft Windows, Mac OS X, GNU/ Linux	Microsoft Windows, Mac OS X, GNU/ Linux	Microsoft Windows, Mac OS X, GNU/ Linux
Licencia	Libre	Propietario	Propietario
Lenguaje	Ingles	Ingles	Ingles

Herramientas	Fuentes, bloques de procesamiento de señal, sumideros.	Diseñar curvas clasificar datos, analizar señales, ajustar sistemas de control.	Herramientas gráficas y textuales para el procesado digital de señales. Visualización y manejo de gráficas con datos dinámicos.
Intuitivo	No	No	No
Programación en Bloques	Si	Si	Si
Interfaz Manipulable	Si	Si	Si
Requiere Nivel de conocimientos	Si	Si	Si
Bloques de Modulación	Deben ser creados	Deben ser creados	Posee kit de modulación
Compatibilidad	Usrp, Hack rf,+	Usrp, Hack rf,+	Usrp, Hack rf,+
Aceso a bloques y librerías	Bloques de comunicación básicos	Scripts de propietario	Bloques de comunicación básicos y avanzados
Inyterfaz	Python, SQL	C/C++, Java, NET, Python, SQL, Hadoop y Microsoft Excel	C/C++, Java, NET, Python, SQL, Hadoop y Microsoft Excel

De acuerdo a la tabla 1, podemos mencionar que el software LabVIEW es adecuado para el diseño e implementación de algoritmos de comunicación, pues además de funciones de procesamiento de señal y el kit de modulación, también dispone de la librería NI USRP para administrar y configurar dispositivos NI USRP, y así logra desarrollar prototipos de sistemas de radiocomunicación.

El desarrollo de sistemas de comunicaciones requiere técnicas de procesamiento digital de señales, y a su vez el procesamiento de señales utiliza algoritmos basados en algebra lineal. LabVIEW proporciona gran variedad de funciones para manipular vectores y matrices, además de que también proporciona funciones de procesamiento de señal, como por ejemplo la transformada rápida de Fourier, FFT inversa, y convolución. (Rodriguez, 2015, p.52).

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

3.1 Ubicación

La investigación se realiza en los laboratorios de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo de la ciudad de Riobamba.

3.2 Equipos y materiales

Los dispositivos y software utilizados en el diseño e implementación del sistema de comunicación inalámbrico para la transmisión de video en tiempo real (Streaming), desde un vehículo aéreo no tripulado hacia una estación base, se muestran en la Fig.6

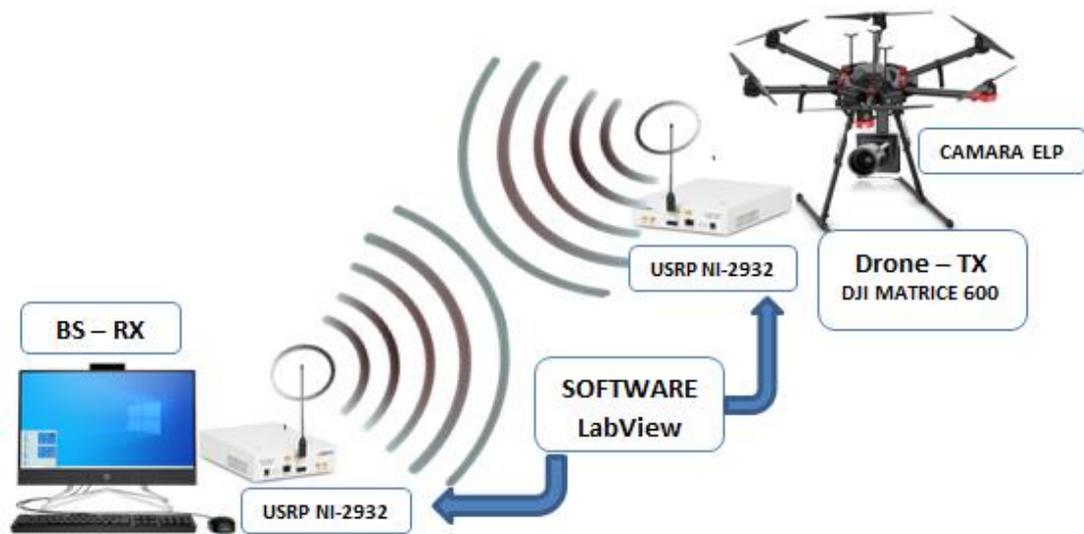


Fig. 6 Diagrama de equipos del sistema de comunicación y transmisión de video.

Se trabaja con un Vehículo Aéreo no tripulado (UAV o VANT) “Matrice 600 PRO”, debido a las características que este presenta; posee un mejor rendimiento en vuelo y una mejor capacidad de carga, brazos y antenas preinstalados reducen el tiempo necesario para la configuración, y el diseño modular del sistema facilita el montaje de módulos adicionales. El fuselaje está equipado con las últimas tecnologías DJI, incluyendo el controlador de vuelo A3 Pro, el sistema de transmisión Lightbridge 2 HD, el sistema Intelligent Batteries y el sistema de gestión de baterías. Varias cámaras y balancines Zenmuse son compatibles de forma nativa y están totalmente integrados con software y hardware de terceros, lo que hace que el M600 Pro sea ideal para el área de la fotografía profesional y las aplicaciones industriales.

En la VANT se monta la USRP-2932 que trabaja como transmisor del sistema. La USRP es un dispositivo que trabaja con tecnología SDR (Software Defined Radio)[15], el ancho de banda con en que trabaja es de 20 MHz, y posee dos canales para la Tx y Rx a frecuencias de 400 MHz a 4.4 GHz. Este transceptor de RF ajustable posee un convertidor analógico-digital de alta velocidad y un convertidor digital-analógico para la transmisión de señales de banda base I y Q a una PC principal por 1 Gigabit Ethernet. Además se hará uso de una cámara de video ELP desarrollada por la empresa Ailipu Technology, que trabaja con resoluciones (píxeles) de 320x240, 640x360, 640x480, 1280x720 y 1920x1080, para este caso se trabajará con una baja definición para la captura de video de 320p; también posee una cantidad de captura de fotogramas por segundo de hasta 30 fps y una técnica de compresión H.264 incorporada.

La estación base se encuentra acoplada en tierra y en una posición fija, que permite visualizar el video transmitido por la VANT, se utiliza una PC con sistema operativo Windows junto con una segunda URSP-2932 que trabajan como receptores del sistema. Para las pruebas de laboratorio se utilizan antenas omnidireccionales, como la antena HyperLOG 3080 y HyperLOG 7060, que trabajan a frecuencias de 380MHz-18GHz y 700MHz-6Ghz respectivamente, para la Transmisión y Recepción de la señal, la utilización de este tipo de antenas esto proporciona que el sistema tenga conexión en todo momento.

El software utilizado para el sistema de comunicación es LabView, ya que es el adecuado para el diseño e implementación de algoritmos de comunicación, pues además de funciones de procesamiento de señal y el kit de modulación, también dispone de la librería NI USRP para administrar y configurar dispositivos NI USRP, y así logra desarrollar prototipos de sistemas de radiocomunicación. También la librería NI FPGA para utilizar la FPGA de la USRP y NI VISUAL ACQUISITION para el apartado de captura de video.

3.3 Tipo de investigación

Para el desarrollo del presente proyecto se utiliza los siguientes tipos de investigación:

3.3.1 Investigación aplicada

Se pone en práctica los conocimientos adquiridos en el desarrollo del Programa de Maestría y los cuales ayudaron a definir un prototipo de sistema de comunicación y transmisión de video en tiempo real a través de un vehículo aéreo no tripulado.

3.3.2 Investigación bibliográfica

Para el desenvolvimiento de las variables del tema de estudio propuesto, se indaga y compara distintas fuentes de información bibliográficas de libros, sitios web, publicaciones de artículos científicos, etc., que tengan relación con el proyecto.

3.3.3 Investigación de campo

Se realiza un estudio sistemático de los hechos en el lugar en que se produce los acontecimientos. Con esta modalidad se pretende estar en contacto en forma directa con la realidad, adquiriendo información de acuerdo a los objetivos del proyecto.

3.4 Recolección de Información

La información necesaria para el desarrollo del proyecto de investigación se va a adquirir de las fuentes bibliográficas consultadas determinando cuales son las tecnologías factibles para definir un adecuado sistema para la comunicación y transmisión de video, la autonomía en vuelo y reconocimiento de la imagen, verificación de los sistemas instalados para determinar los requerimientos y limitaciones , también observar el comportamiento de la aeronave cuando se encuentra en vuelo y los datos que obtenemos.

3.5 Procesamiento de la información y análisis estadístico:

En este apartado se detalla el proceso que se siguió para diseñar el sistema de comunicación. Se detalla cada bloque funcional que conforma un sistema de transmisión de video, así como también se realizó el análisis para seleccionar la frecuencia de operación adecuada, la capacidad de canal y potencia de transmisión necesaria para el sistema de comunicaciones.

Los bloques que conforman el sistema de comunicación para la transmisión de video en tiempo real se muestran en la Fig. 7, donde se puede observar las etapas del transmisor, así como también muestra el diagrama de bloques para el receptor. A continuación se detalla el funcionamiento de cada bloque.

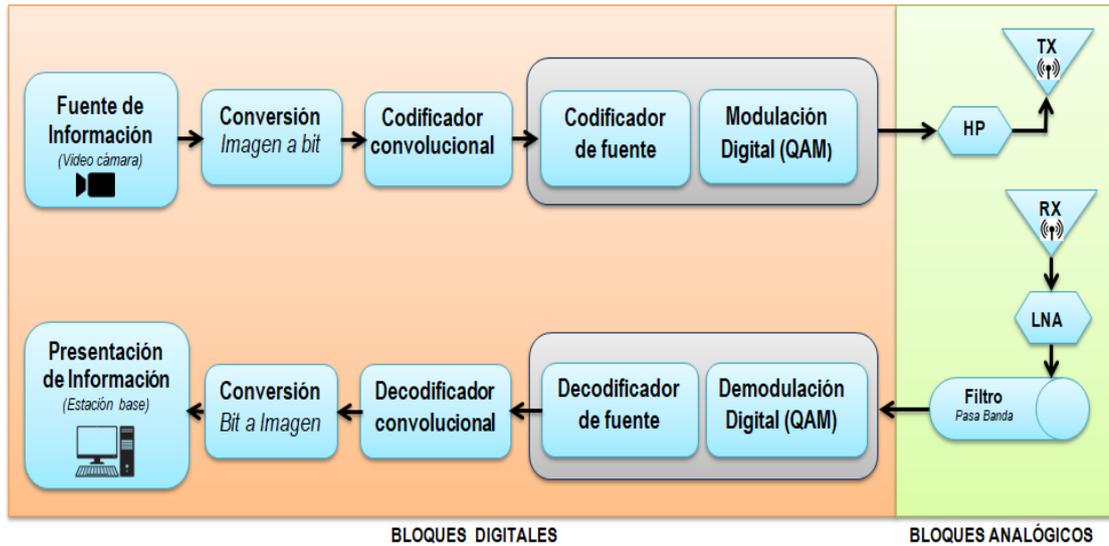


Fig. 7 Diagrama de bloques para el sistema de comunicación y transmisión de video

Para las etapas de sistema de transmisión, el bloque de la fuente de información representa la adquisición de las imágenes consecutivas adquiridas a través de la cámara de video, y pone a disposición del sistema datos en forma de imagen, los cuales posteriormente se digitalizan a nivel de bit para poder ser transmitidos, también, la cámara de video emplea técnicas de compresión, proporcionando menor cantidad de bits sin pérdida de calidad de imagen. El codificador convolucional es el bloque que se encarga de brindar robustez y capacidad de recuperación de información a la señal de información frente a señales interferentes, a través de bits de redundancia. En el bloque de Modulación se realizan dos acciones, codificación de fuente y modulación digital. En esta sección se toma la información digitalizada producida por el codificador convolucional y la transforma en una señal continua de pulsos en banda base, luego procede a plasmar esta información en frecuencia paso-banda mediante técnicas de modulación digital. El amplificador de potencia alta (HPA) y la antena de transmisión representan el bloque analógico, donde permiten que la señal modulada viaje a través del aire haciendo uso de las ondas de radio (radiocomunicaciones).

Para las etapas de sistema de recepción se trabaja con una antena de recepción, un amplificador de bajo ruido y un filtro paso-banda, donde permiten extraer la señal de información presente en el aire, y recuperar la señal original tanto como sea posible después de que ha sido contaminada con ruido debido a la propagación por el medio. La etapa de demodulación, se encarga de transformar la señal modulada recibida en una señal continua de pulsos, y luego transformarla nuevamente a un flujo de bits. En

el bloque del decodificador convolucional se corrigen errores y se recupera la información original, mediante la separación de los bits de redundancia del flujo de bits obtenidos, y se extrae únicamente los bits que contienen la información. Por ultimo tenemos la conversión bit a imagen y la presentación de la información en el ordenador; en este bloque se convierte nuevamente la información digital a nivel de bit a imágenes o fotogramas para su posterior presentación.

3.5.1 Programación del sistema de transmisión

La interfaz de transmisión cuenta con tres secciones:

1. Configuración de la USRP Tx y Modulación QAM.
2. Configuración del video.
3. Visualización de la información transmitida.

A continuación se describen el funcionamiento del sistema de transmisión por bloques:

- **Bloque de configuración de los parámetros iniciales de la USRP Transmisora.**

Para que la USRP trabaje como transmisora es necesario que cuente con parámetros iniciales, tales como: el nombre del dispositivo o la dirección IP (Device ID) y el canal por el cual va a transmitir, la frecuencia de muestreo de transmisión que puede variar entre 100kbps y 2Mbps, la frecuencia de transmisión de la USRP (frecuencia de portadora, que en este caso dependerá de las especificaciones técnicas de la misma), la ganancia que se le aplica a la señal RF y el puerto destinado para que trabaje la antena.

Los datos deben ser ingresados manualmente antes de correr el programa, y posteriormente se visualizan mientras el programa está funcionando. En la figura 8 se muestra la programación en LabView, donde primero se ingresan los parámetros de configuración de la USRP y a la vez se obtiene la información de la cámara, que luego ingresan al sistema para ser procesados. Una vez concluido se obtiene que los parámetros fueran configurados de forma correcta. Adicional, se puede observar la inicialización de cola (Init Queue) que se utiliza para el proceso de encolamiento, y que se explica más adelante.

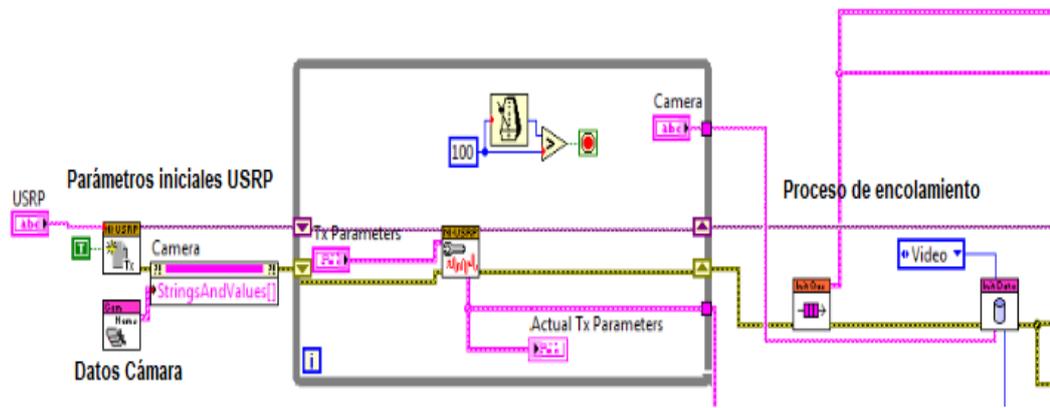


Fig. 8 Configuración de la USRP Transmisora.

- **Bloque de entramado**

La información obtenida de la cámara de video es sometida al proceso de entramado para posteriormente ser encolados, modulados y transmitidos. Al trabajar con video, se requiere que la información sea dividida en pequeños fragmentos, es decir generar pequeños entramados de hasta 1024 bits para la información de la imagen, con al menos 30 bits de guarda, 30 bits de cabecera y 70 bits de cola, con eso se evita la pérdida de información. En el bloque de entramado figura 9, también se permite visualizar el número de paquetes por transmitir y dar un reseteo al sistema de ser necesario.

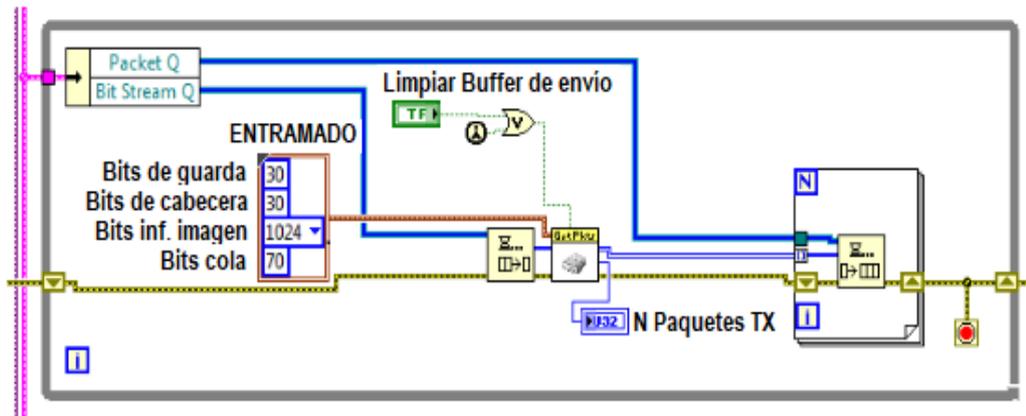


Fig. 9 Bloque de Entramado de Bits.

- **Bloque de encolamiento**

Una vez que la información ha pasado por el proceso de entramado ingresa al bloque de encolamiento, donde las tramas son transformadas a bits considerando la

calidad de imagen requerida. Luego los bits generados se dirigen al encolamiento de elementos, convirtiéndose en un arreglo de bits concatenados en un solo arreglo unidimensional, una vez terminado de encolar todos los bits, el proceso se cierra. Posteriormente los bits son enviados al modulador, ver figura 10.

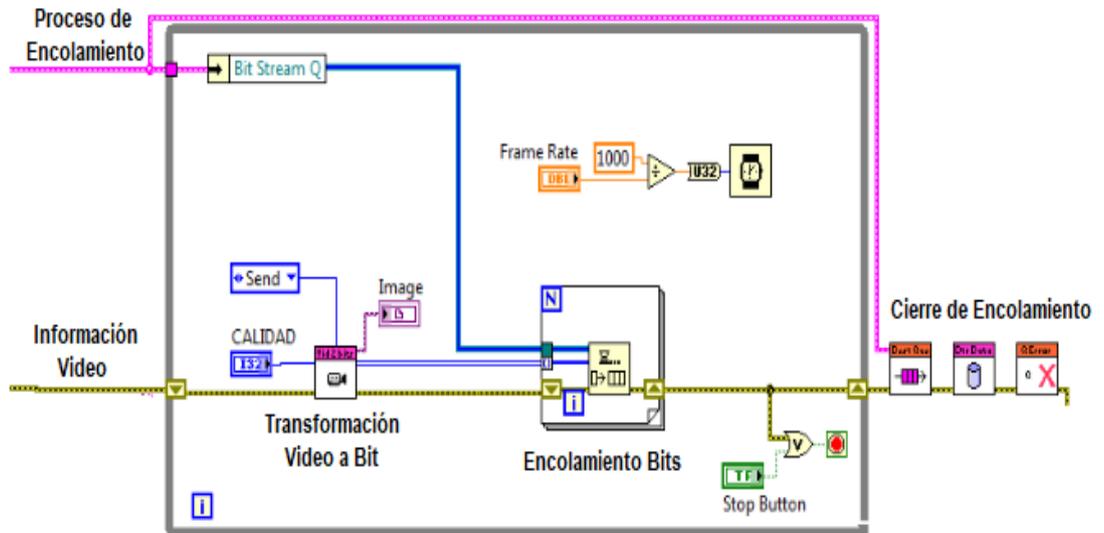


Fig. 10 Encolamiento de Bits

- **Bloque de Modulación QAM**

En este bloque se trabaja en cuatro fases, la primera es la configuración de parámetros del modulador, en donde se establecen las muestras por símbolo y la cantidad de estados del modulador, estos datos son ingresados de forma manual; la segunda etapa consiste en un generador de coeficientes de filtrado que calcula los coeficientes de filtrado para la conformación de impulsos; la tercera etapa desencola los bits de información para ser enviados al modulador considerando los parámetros configurados; y la cuarta muestra la constelación de la modulación QAM para tener como referencia y compararla con la constelación del receptor. Ver figura 11.

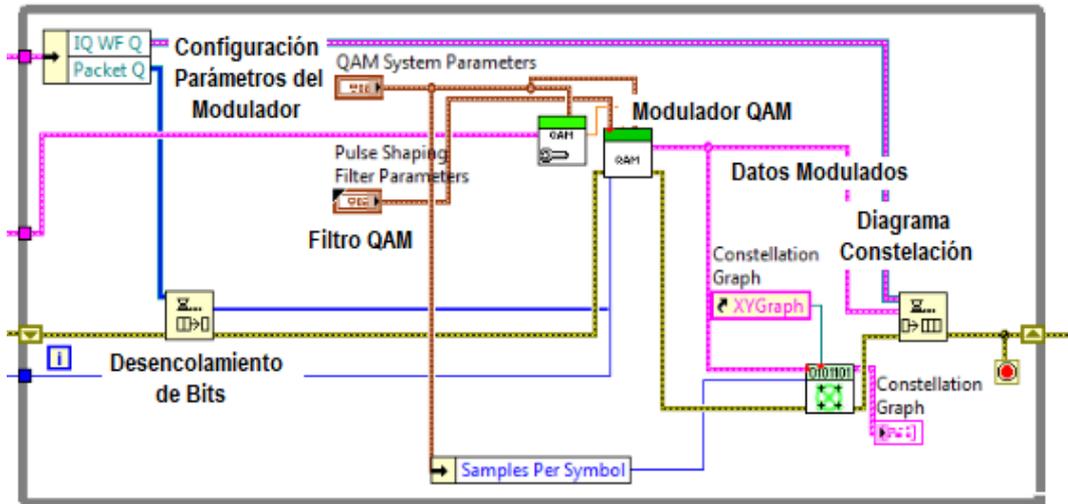


Fig. 11 Bloque de Modulación QAM.

- **Bloque de Transmisión de la USRP**

Una vez obtenida la señal modulada, esta es recibida por el módulo de escritura del transmisor de la USRP, este módulo se encarga de escribir la señal modulada en el canal especificado para la transmisión; como se trata de la transmisión de video se trabaja en un ciclo repetitivo, hasta que surja un error y el sistema se detenga, caso contrario este seguirá trabajando. En la figura 12 se muestra el módulo de transmisión junto con la visualización del número de paquetes enviados, paquetes con error y bits transmitidos.

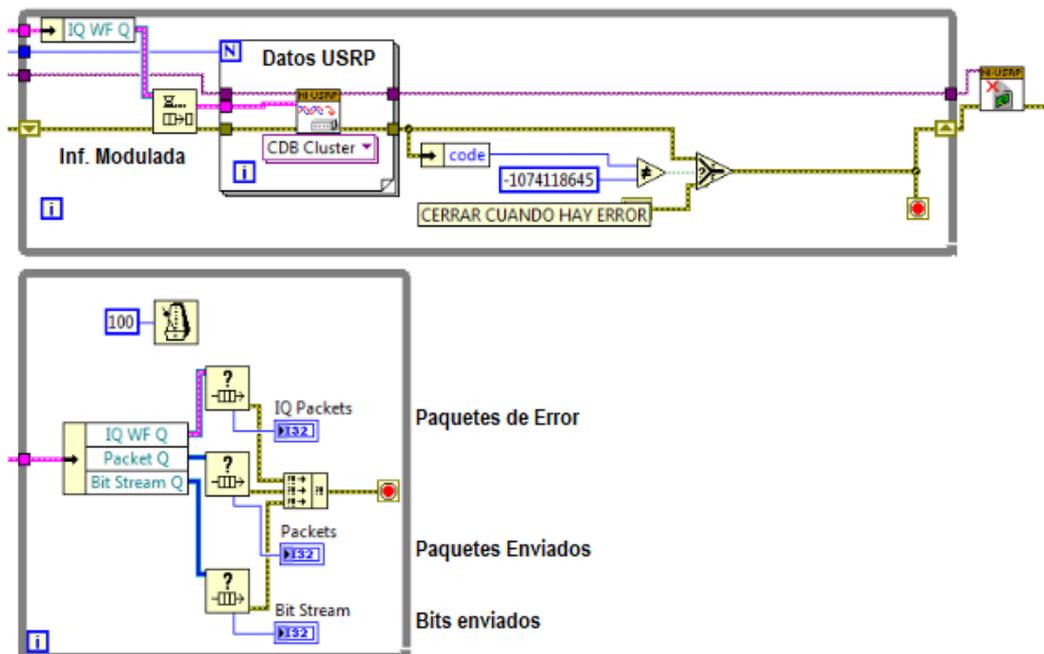


Fig. 12 Bloque de transmisión

La interfaz del transmisor en funcionamiento se muestra en la figura 13, resultado de los bloques descritos anteriormente.

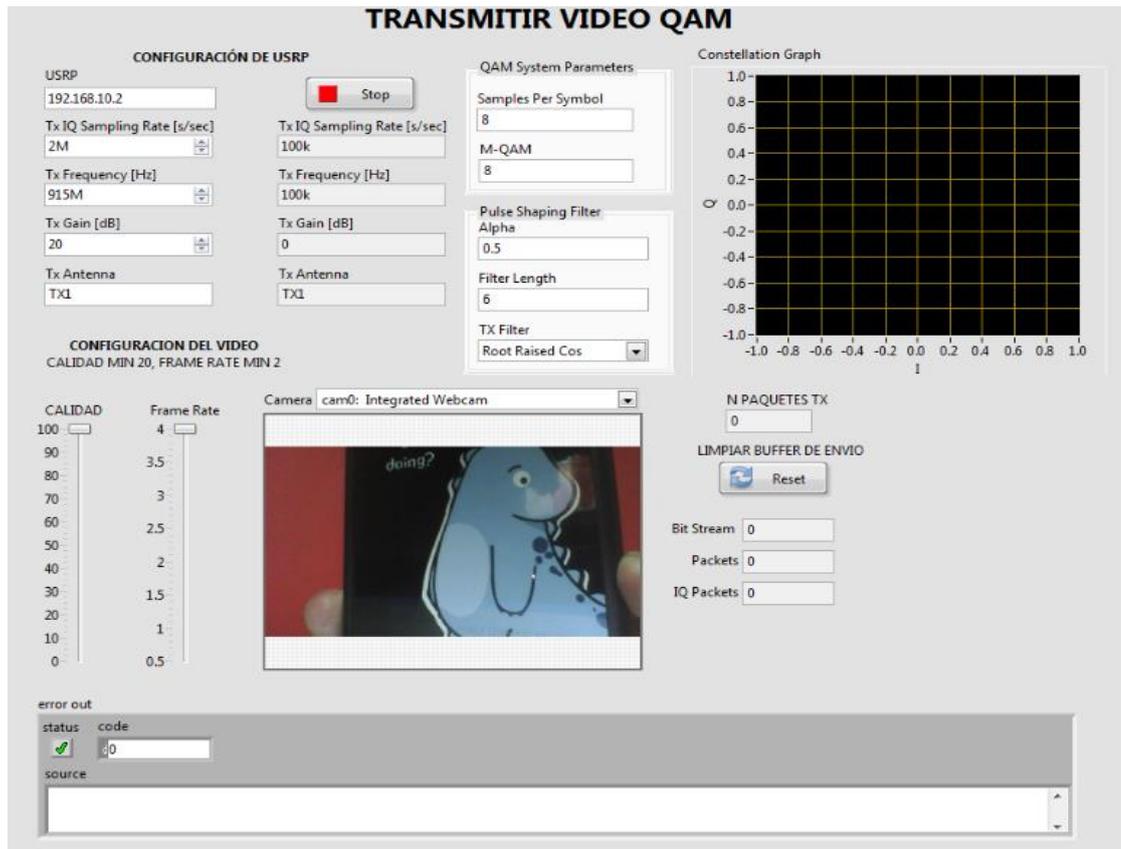


Fig. 13 Interface del transmisor QAM en funcionamiento.

3.5.2 Programación del sistema de recepción

La interfaz de recepción, al igual que el transmisor consta de tres secciones:

1. Configuración de la USRP Rx y Modulación QAM.
2. Configuración de la trama de recepción.
3. Visualización de la información receptada.

A continuación se describen el funcionamiento del sistema de recepción por bloques:

- **Bloque de configuración parámetros iniciales de la USRP Receptora**

En la USRP receptora se debe configurar los parámetros iniciales como el nombre del dispositivo o la dirección IP (Device ID) y el canal por el cual va a recibir la información, también, existen parámetros que deben tener relación directa con los parámetros establecidos en el transmisor como son la velocidad de muestreo,

frecuencia de portadora y ganancia de la señal de RF. Estos datos son ingresados manualmente, pasan al bucle donde se espera cierto tiempo para que sean evaluados y permitan continuar al siguiente bloque. Ver figura 14.

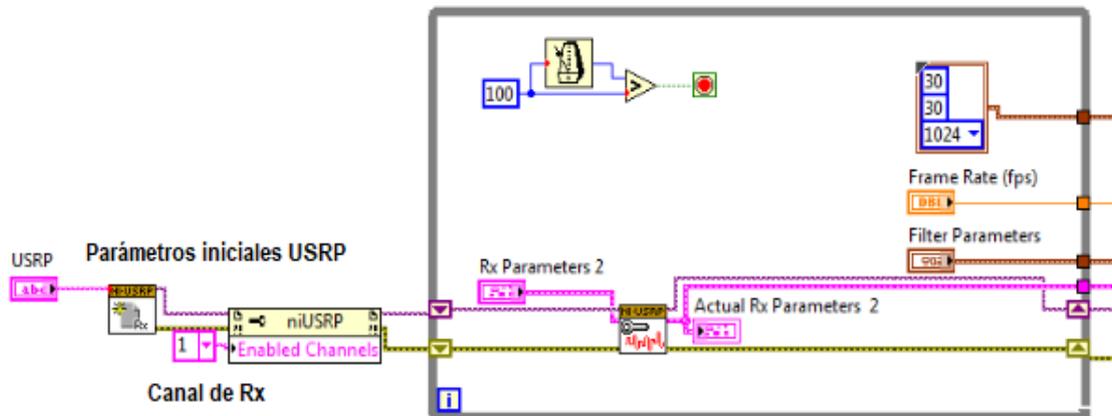


Fig. 14 Bloque de configuración de la USRP Receptora.

- **Bloque de Lectura de datos recibidos por la USRP**

En este bloque se activa el módulo de inicialización de la USRP como se puede ver en la figura 15, que permite el paso de la información al módulo de lectura, como su nombre lo indica, ordena al sistema que empiece a leer los datos recibidos del módulo de RF. Así también se genera la creación de colas donde se van alojando los bits que llegan, convirtiéndose en un arreglo de bits concatenados en un solo arreglo unidimensional. Al existir ruido o interferencia que provoque picos de información, el detector se activa y se encarga de eliminarlo.

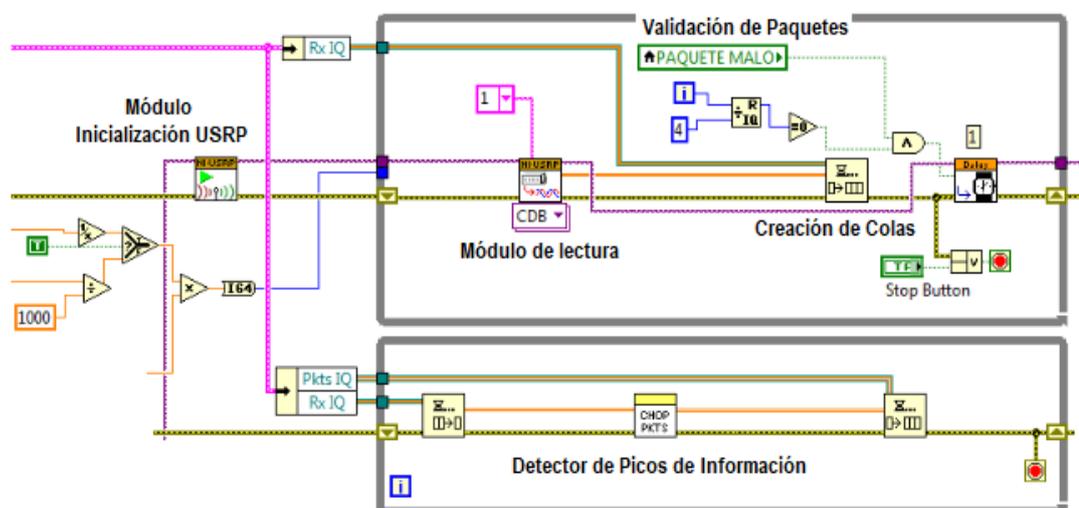


Fig. 15 Bloque de lectura de datos de la USRP.

- **Bloque de demodulación QAM**

El bloque de demodulación de QAM está constituido por tres fases como se muestra en la figura 16, la primera es la configuración de parámetros del modulador, en donde se establecen las muestras por símbolo y la cantidad de estados del modulador, estos datos son ingresados de forma manual; en la segunda etapa se tiene los datos que llegan del bloque de lectura y se desencolan los bits para ser enviados al demodulador; y en la tercera se muestra la constelación de la modulación QAM y el diagrama de ojo de la señal recibida, en estos diagramas se puede analizar la calidad de los datos recibidos y la relación señal a ruido.

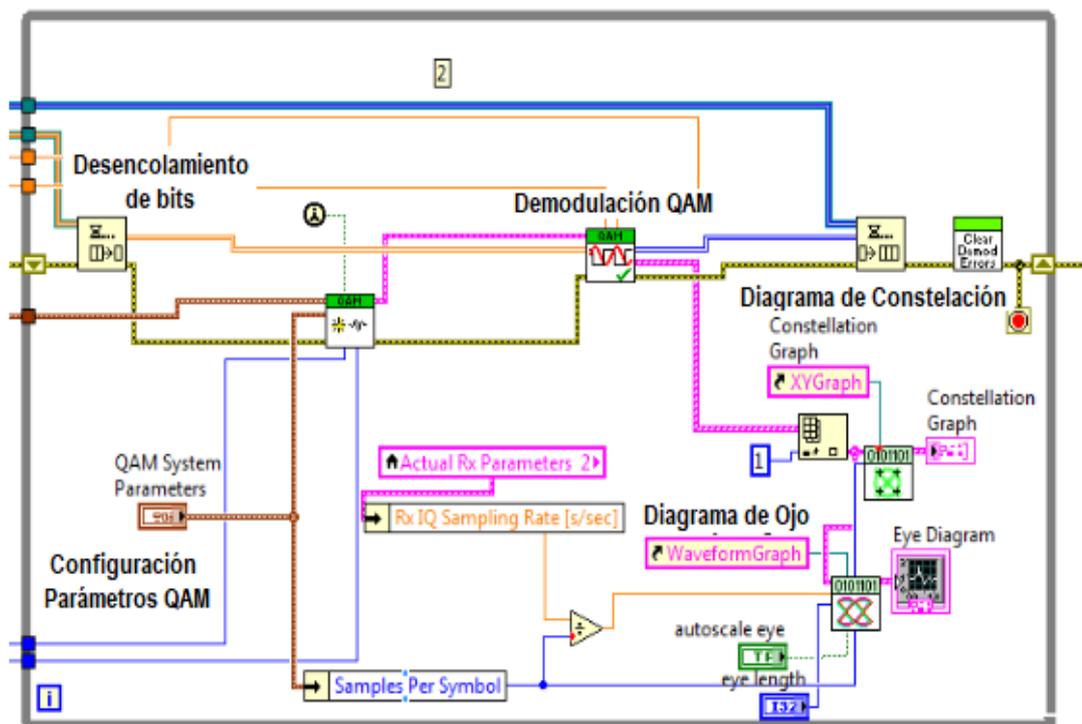


Fig. 16 Bloque de Demodulación QAM.

- **Bloque de sincronismo**

En este bloque se detectan los bits de sincronismo, como se muestra en la figura 17; internamente trabaja como un generador de ruido pseudoaleatorio, que permite tener una cadena de 0 y 1 para localizar el inicio y fin de la trama que se está transmitiendo.

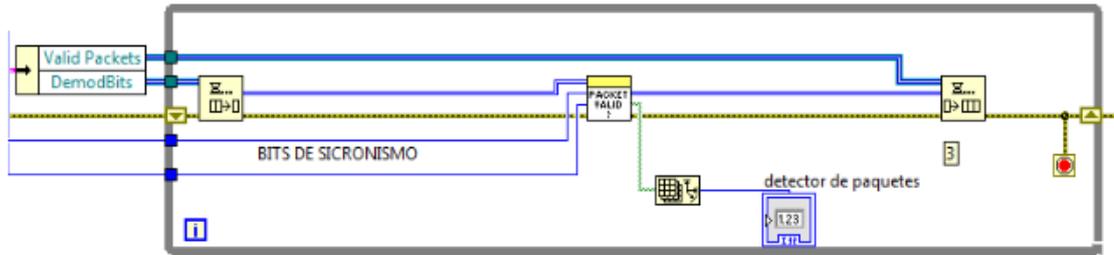


Fig. 17 Bloque de sincronismo

- **Bloque de reconstrucción de imagen y presentación del video recibido**

Se presenta la parte final del sistema de recepción, en donde llega la información encolada y es reconstruida a su estado original, tomando en cuenta que, lo que se desea reconstruir es una imagen RGB de 32bits para posteriormente enviarla al decodificador de video, una vez que se ha validado la imagen es presentada en un visor y se muestra la tasa efectiva de paquetes recibidos (True Bit Rate). En el caso de que la imagen no sea validada se enciende un indicador de paquetes inválido. Ver figura 18.

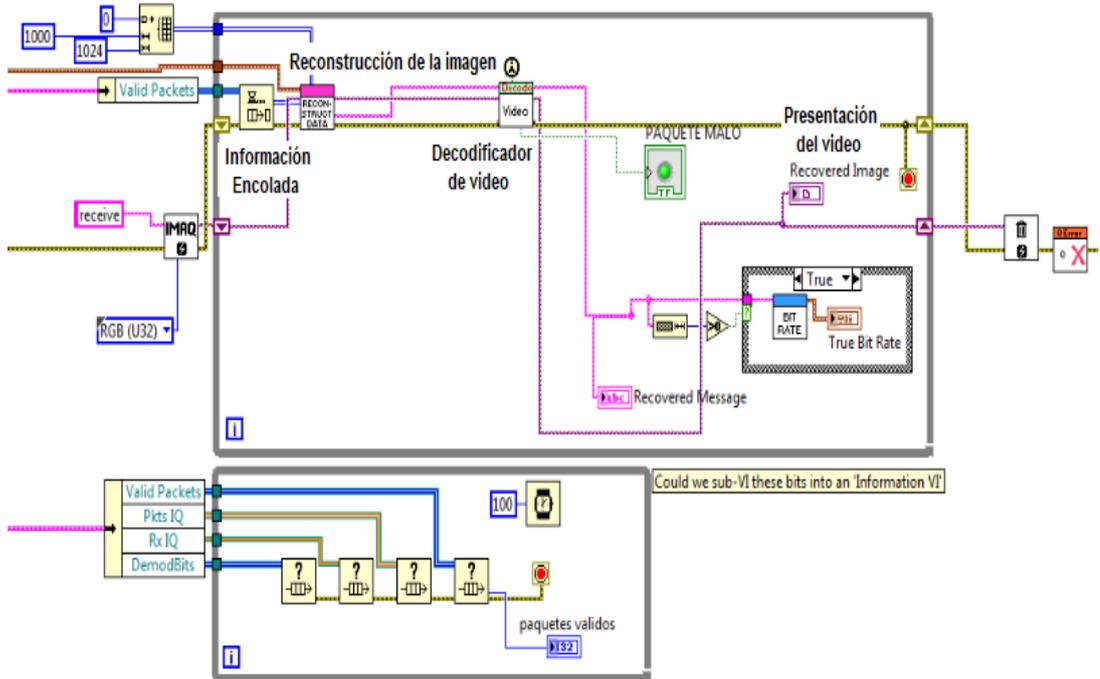


Fig. 18 Bloque de reconstrucción y presentación del video

En la figura 19 se muestra la interface del receptor QAM en funcionamiento con los bloques correspondientes y, la visualización del diagrama de ojo de la señal recibida que permite analizar el comportamiento del enlace, mostrando las formas de onda

de los pulsos que se propagan, así también se puede apreciar la distorsión del canal, los niveles de ruido o interferencia y los errores de sincronismo que se presenta en el receptor del sistema de comunicación de transición de video.

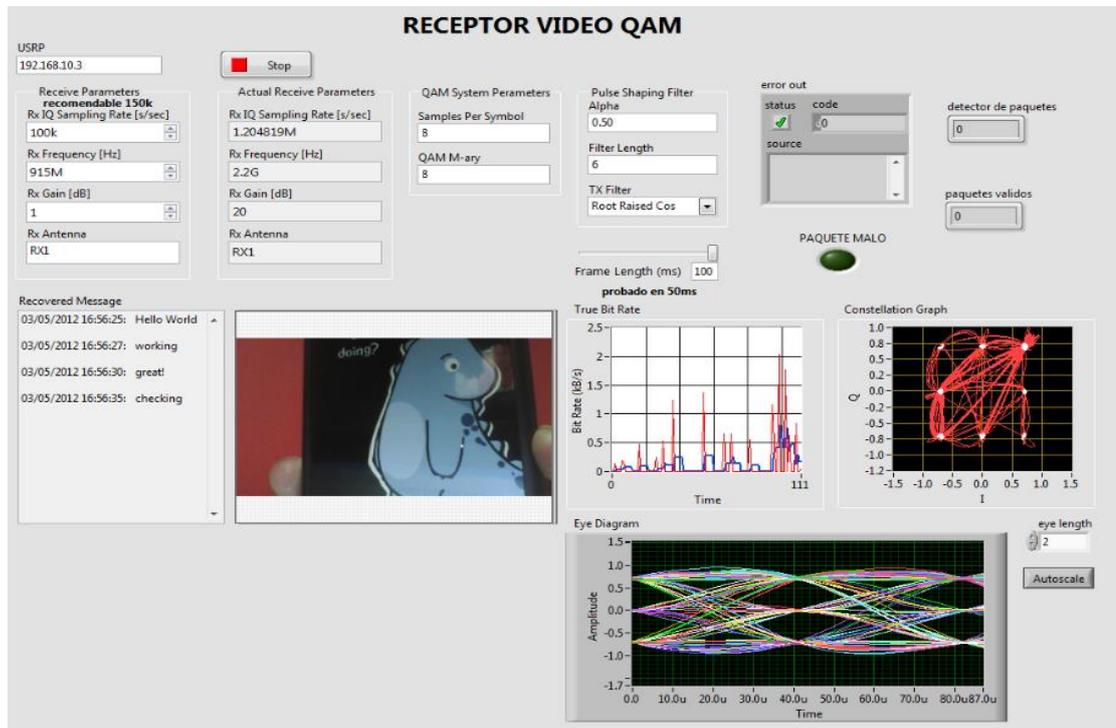


Fig. 19 Interface del receptor QAM en funcionamiento

3.5.3 Pruebas de funcionamiento

Las pruebas se desarrollan en un ambiente de laboratorio, donde se realiza tres tipos de pruebas, en la primera se transmite y recibe el video conectando la USRP directamente mediante cable coaxial como se muestra en la Fig. 20.



Fig. 20 Pruebas de funcionamiento cable coaxial.

Para la segunda prueba se cambia el cable coaxial por las antenas log-periódicas Fig. 21 y 22, donde se trabaja con un rango de frecuencias de 950 MHz a 3,5 GHz.



Fig. 21 Pruebas de funcionamiento con antena log-periódica Transmisor

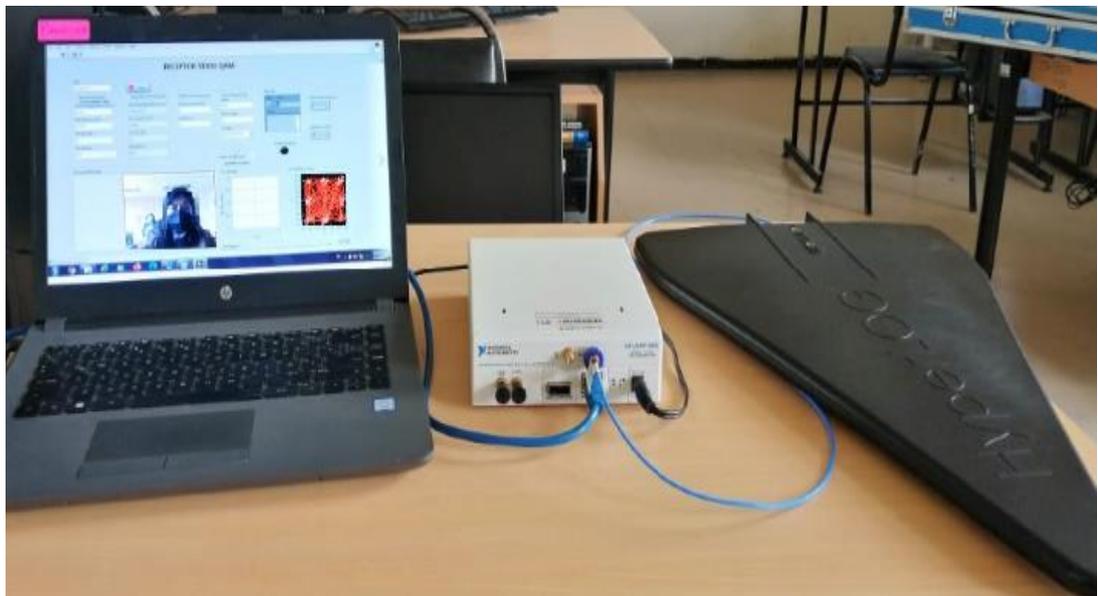


Fig. 22 Pruebas de funcionamiento con antena log-periódica Receptor.

La última prueba se realiza incluyendo el dron en operación para generar el ruido e interferencia característico de sus hélices y frecuencias de comunicación. Ver Fig. 23.



Fig. 23 Pruebas de funcionamiento con antena logo periódica y dron en funcionamiento.

En la ejecución de las pruebas se fueron analizando los diagramas de ojo de la señal recibida y las imágenes recibidas dentro de los rangos de frecuencias establecidos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis del proceso de selección de la frecuencia óptima.

Para el transmisor y receptor de video se utiliza tecnología inalámbrica que trabaja en la banda de 5GHz, lo que permite que las antenas sean pequeñas, ligeras y omnidireccionales. La selección de frecuencia de operación (f_c) se ha realizado considerando ciertos parámetros en las tres pruebas realizadas. La primera se analiza en relación al tiempo de recepción estimado en segundos, frente al rango de frecuencias utilizadas como son de 950 MHz a 3,5 GHz, donde se puede ver en Fig. 24, que el mejor tiempo de recepción de video es menor a los 100seg a frecuencias de 2,2 GHz y 2,3GHz, mientras que a frecuencias mayores a esta, el tiempo es mayor.



Fig. 24 Resultados obtenidos de las pruebas de funcionamiento en ambiente de laboratorio. Tiempo de recepción estimado en segundos

En la segunda se considera la calidad de imagen receptada en un rango del 1 al 100%, con relación del rango de frecuencias utilizadas, donde se observa en la Fig. 25 que la mejor calidad de imagen recibida se encuentra en un 80% a una frecuencia de 2,3 GHz aproximadamente.

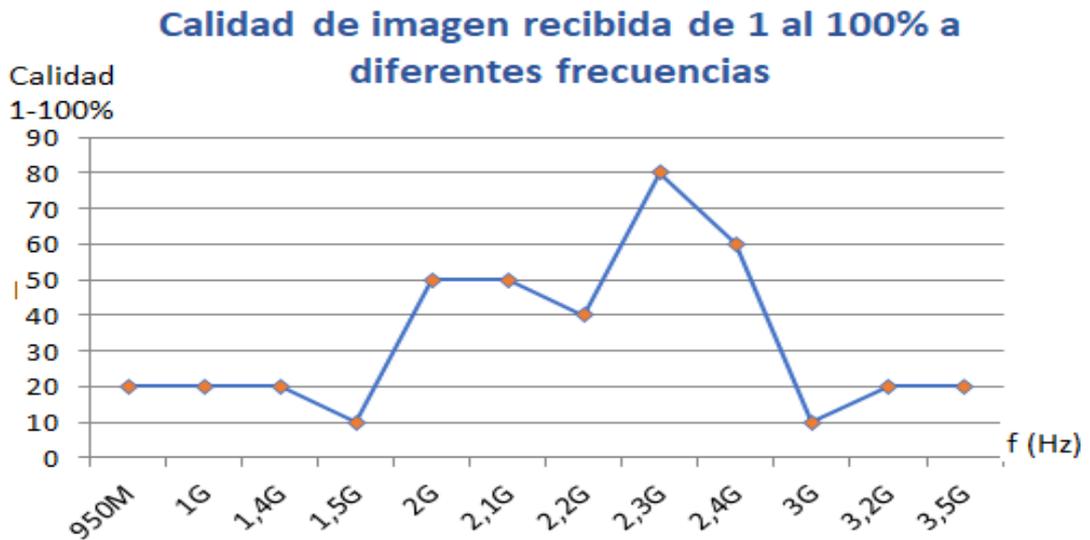


Fig. 25 Calidad de Imagen recibida.

En la tercera se analiza los PKT transmitidos con relación al rango de frecuencias consideradas y se observa en la Fig. 26 que existe una mayor cantidad de paquetes transmitidos en los rangos de frecuencias que van desde 2,1GHz a 2,4GHz, mientras que en la Fig. 27 los PKT recibidos en un mayor número están entre frecuencias de 2,2GHz y 2,3GHz, de estas dos frecuencias predominan la de 2,3GHz. También en la Tabla. I se presenta un análisis comparativo de las posibles frecuencias consideradas ante las interferencias presentadas en las pruebas. Dando como resultado una frecuencia óptima de portadora de 2,3 GHz.

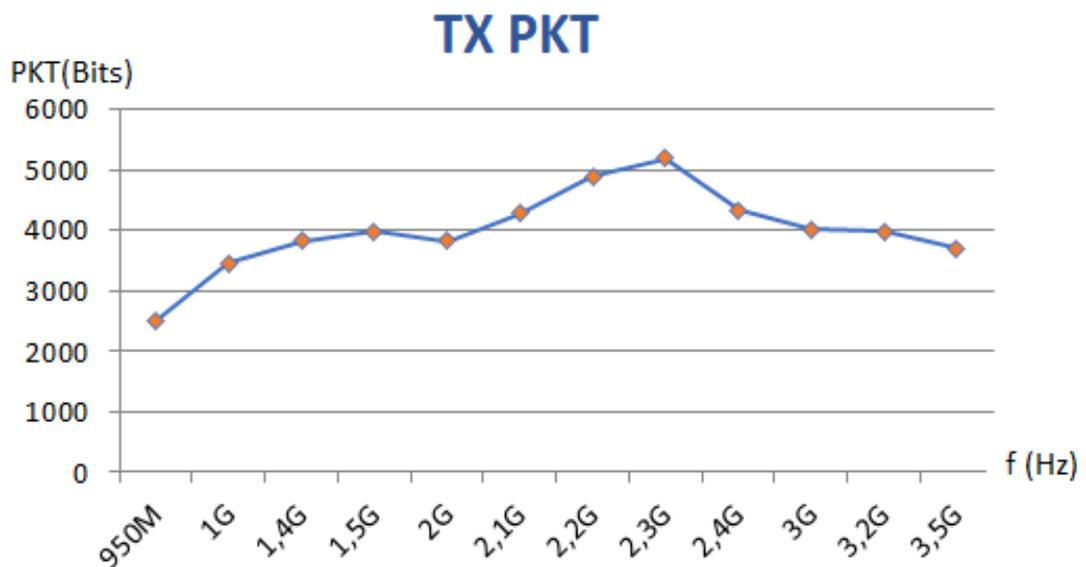


Fig. 26 Paquetes transmitidos

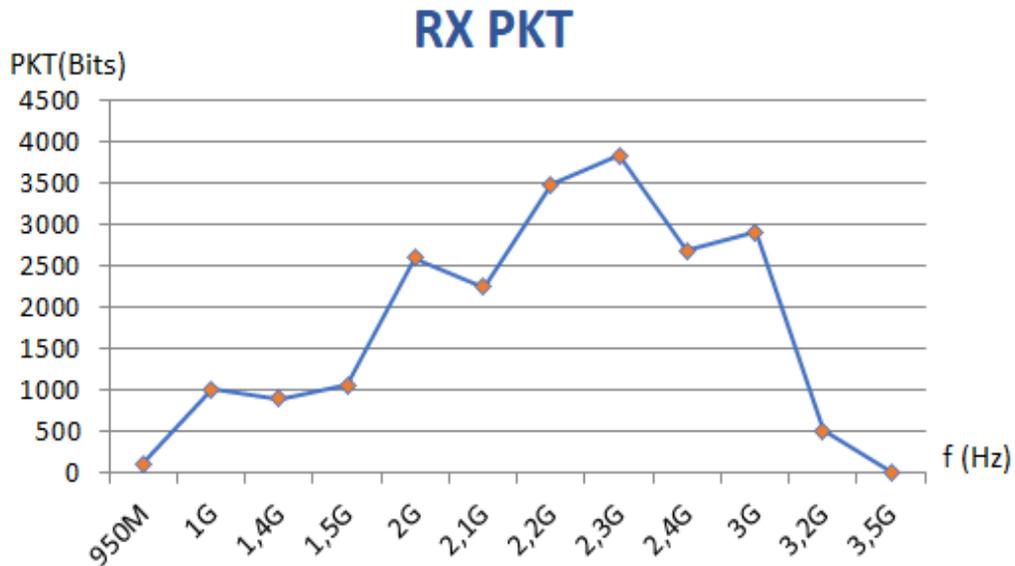


Fig. 27 Paquetes recibidos

Tabla 2 Análisis comparativo de frecuencias frente a interferencia

Nº	Criterio/Frecuencia	<1.5GHz	2.3GHz	>3GHz
1	¿El enlace a dicha frecuencia se ve afectado debido al ruido mecánico producido por motores?	SI	NO	NO
2	¿El enlace a dicha frecuencia se ve afectado debido a dispositivos o tecnologías que utilizan la misma frecuencia? ¿Existe interferencia co-canal?	NO	NO	SI
3	¿El enlace a dicha frecuencia es propenso a verse afectado debido a obstáculos existentes dentro de la primera zona de fresnel?	SI	NO	NO
4	¿El enlace a dicha frecuencia requiere des-energizar los equipos para el cambio de frecuencia?	NO	NO	SI

Se creó un GUI tanto para el transmisor como en el receptor donde se realiza el ingreso de parámetros de configuración e ingreso de datos y para la visualización de los datos recibidos. En la Fig. 28 se muestra una captura de pantalla de la interfaz gráfica de usuario del receptor en funcionamiento, y posterior a eso en la Fig. 29 se muestra el diagrama de OJO de la señal recibida.

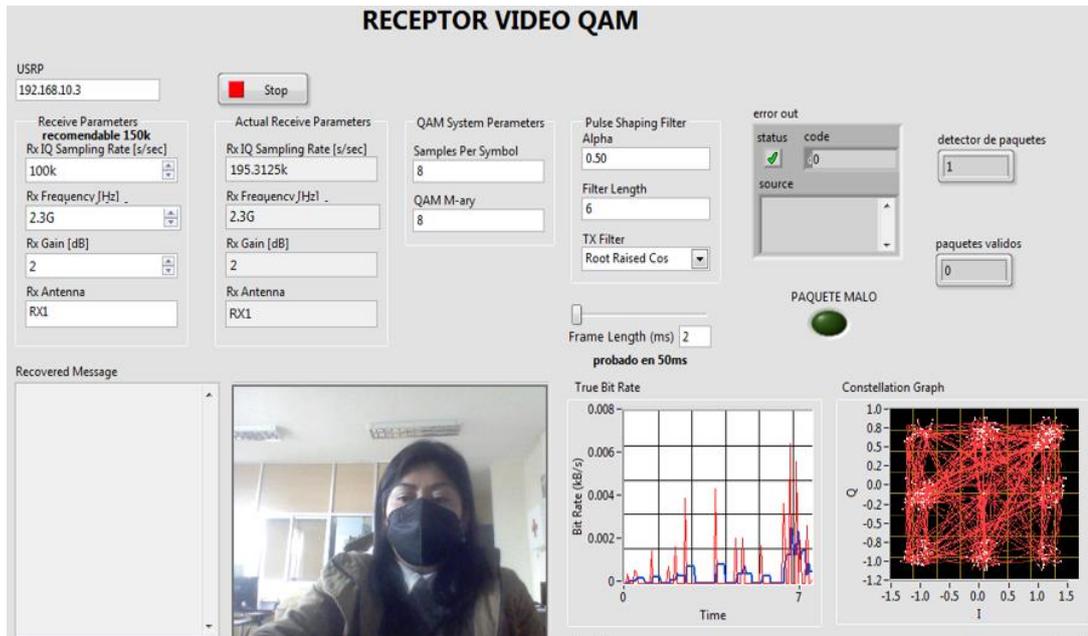


Fig. 28 GUI del receptor en funcionamiento

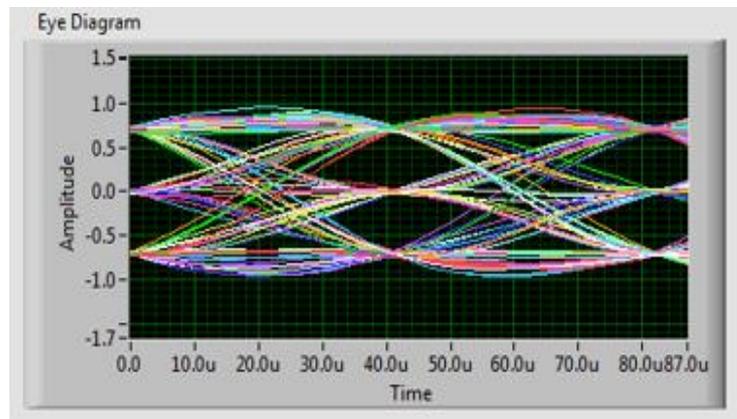


Fig. 29 Diagrama de OJO que muestra: formas de ondas de los pulsos propagados en el enlace, niveles de ruido o interferencia y errores de sincronismo.

El video transmitido es baja definicion para evitar pérdida de información o degradación de la imagen, por lo cual sistema utiliza una cámara de video de 360p (640x360p), con 30 fps y una compresión H.264 incorporada; se realiza el cálculo de la tasa de transmisión donde se obtiene un valor 165,88 Mbps, que aplicado la compresión H.264 da un equivalente aproximado de 1,5 Mbps, este valor indica la capacidad de canal necesario para la transmisión de video.

Los resultados de la investigación desarrollada se presentan en la publicación de un Artículo Profesional Científico de Alto Nivel, para evidencia de lo antes mencionado, en los anexos se muestra la carta de aceptación del artículo, certificación de COPYRIGHT, Artículo Científico y la matriz POINT TO POINT con las sugerencias enviadas por los revisores y las correcciones realizadas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA

5.1 Conclusiones

La implementación del sistema de comunicación para la transmisión de video a través de una VANT en vuelo hacia una estación base terrena, se ha logrado desarrollar utilizando software con la tecnología SDR (Software Defined Radio), la cual ha permitido completar varias etapas del sistema, por lo que a excepción de elementos como antenas o amplificadores, el resto de bloques han podido ser implementados con normalidad. Por otro lado también el uso de hardware se redujo a la utilización de un ordenador con LabVIEW, equipos USRPs, un dron, una cámara y las antenas.

La frecuencia de portadora utilizada para la transmisión de video es de 2,3 GHz, de donde se obtuvo video en baja definición, permitiéndonos evitar la pérdida de información o degradación de la imagen. Las imágenes receptadas son proyectadas gracias a la ayuda de la cámara incorporada en el sistema, que contiene características de 360p (640x360p), con 30 fps, y una compresión H.264 a color, lo que permite obtener también una capacidad de canal de 1,5Mbps para la transmisión de video.

Si bien la tecnología SDR permite reducir considerablemente los elementos implementados a través de hardware, esto implica implementarlos mediante Software, para lo cual es necesario contar con un ordenador de altas capacidades que permita llevar a cabo la implementación del sistema de radiocomunicaciones.

5.2 BIBLIOGRAFIA

- TOMASI, Wayne. Sistemas de comunicaciones electrónicas [en línea]. 4th edition. México: Pearson Educación, 2003. [Consulta: 2020-01-12]. Disponible en:
https://eduvirtual.cuc.edu.co/moodle/pluginfile.php/246071/mod_resource/content/2/Libro_base.pdf
- COUCH, Leon. Sistemas de Comunicación Digitales y Analógicos [en línea]. 7th edition. México: Pearson Educación, 2008. [Consulta: 2019-11-15]. Disponible en:
https://www.academia.edu/27027370/Sistemas_de_comunicacion_digital_y_analogico_leon_w_couch_7ma_edicion?auto=download
- FIALLOS, Marco & VACA, Francisco. Análisis de un filtro de cavidades acopladas y su implementación a una frecuencia de 2,4 GHZ. [En línea] (Tesis Pregrado). Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba - Ecuador. 2015. pp. 8-13 [Consulta: 2019-11-17]. Disponible en:
<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/600>
- RODRIGUEZ, Jorge. Analisis de la sincronizacion de la trama de datos en la modulacion OFDM utilizando radio definido por software [En línea] (Tesis Pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato - Ecuador. 2015. pp. 35-52 [Consulta: 28 junio 2020]. Disponible en:
<https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/15105>
- M. F. Al-Sa'd, A. Al-Ali, A. Mohamed, T. Khattab, y A. Erbad, «RF-based drone detection and identification using deep learning approaches: An initiative towards a large open source drone database», Future Gener. Comput. Syst., vol. 100, pp. 86-97, nov. 2019, doi: 10.1016/j.future.2019.05.007.
- C. C. Baseca, J. R. Diaz, y J. Lloret, «Communication Ad Hoc Protocol for Intelligent Video Sensing Using AR Drones», en 2013 IEEE 9th International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Networks, Dalian, China, dic. 2013, pp. 449-453. doi: 10.1109/MSN.2013.115.
- X. Yu, D. Xu, y R. Schober, «MISO Wireless Communication Systems via Intelligent Reflecting Surfaces: (Invited Paper)», en 2019 IEEE/CIC

International Conference on Communications in China (ICCC), Changchun, China, ago. 2019, pp. 735-740. doi: 10.1109/ICCChina.2019.8855810.

- E. N. Barmounakis, E. I. Vlahogianni, y J. C. Golias, «Unmanned Aerial Aircraft Systems for transportation engineering: Current practice and future challenges», *Int. J. Transp. Sci. Technol.*, vol. 5, n.o 3, pp. 111-122, oct. 2016, doi: 10.1016/j.ijtst.2017.02.001.
- J. Wang et al., «Bandwidth-Efficient Live Video Analytics for Drones Via Edge Computing», en *2018 IEEE/ACM Symposium on Edge Computing (SEC)*, Seattle, WA, USA, oct. 2018, pp. 159-173. doi: 10.1109/SEC.2018.00019.
- S. Suzuki, «Recent researches on innovative drone technologies in robotics field», *Adv. Robot.*, vol. 32, n.o 19, pp. 1008-1022, oct. 2018, doi: 10.1080/01691864.2018.1515660.
- M. W. D. Saravia y J. J. Cáceres, «APLICACIONES DE LOS DRONES PARA EL DIAGNÓSTICO DE INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA Y DE TELECOMUNICACIONES», p. 4, 2018.
- W. C. Marra y S. K. McNeil, «Understanding the Loop: Regulating the Next Generation of War Machines», *Harv. J. Law Public Policy*, vol. 36, p. 1139, 2013.
- Abdallah, M. Z. Ali, J. Mišić, y V. B. Mišić, «Efficient Security Scheme for Disaster Surveillance UAV Communication Networks», *Information*, vol. 10, n.o 2, Art. n.o 2, feb. 2019, doi: 10.3390/info10020043.
- L. Gupta, R. Jain, y G. Vaszkun, «Survey of Important Issues in UAV Communication Networks», *IEEE Commun. Surv. Tutor.*, vol. 18, n.o 2, pp. 1123-1152, 2016, doi: 10.1109/COMST.2015.2495297.
- L. Ferranti, F. Cuomo, S. Colonnese, y T. Melodia, «Drone Cellular Networks: Enhancing the Quality Of Experience of video streaming applications», *Ad Hoc Netw.*, vol. 78, pp. 1-12, sep. 2018, doi: 10.1016/j.adhoc.2018.05.003.
- T. Andre et al., «Application-driven design of aerial communication networks», *IEEE Commun. Mag.*, vol. 52, n.o 5, pp. 129-137, may 2014, doi: 10.1109/MCOM.2014.6815903.
- M. Wien, R. Cazoulat, A. Graffunder, A. Hutter, y P. Amon, «Real-Time System for Adaptive Video Streaming Based on SVC», *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 17, n.o 9, pp. 1227-1237, sep. 2007, doi: 10.1109/TCSVT.2007.905519.

- «Matric_600_Pro_Quick_Start_Guide_v1.0_EN.pdf». Accedido: may 23, 2021.
[En línea]. Disponible en:
https://dl.djicdn.com/downloads/m600+pro/20170620/Matric_600_Pro_Quick_Start_Guide_v1.0_EN.pdf
- O. N. Samijayani, P. Gitomojati, D. Astharini, S. Rahmatia, y N. I. H. Pratama, «Implementation of SDR for video transmission using GNU radio and USRP B200», en 2017 5th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM), Denpasar, Bali, Indonesia, ago. 2017, pp. 1-4. doi: 10.1109/CITSM.2017.8089288.
- «Aaronia_HyperLOG_30_Logper_Antennas.pdf».
- «Antena_direccional_HyperLOG7000.pdf».

CARTA DE ACEPTACIÓN ARTÍCULO

Autor: Ing. Janneth Elizabeth Moreta Changoluiza

Director: Ing. Hugo Oswaldo Moreno Avilés, PhD.

Congreso: CSEI 2021 - <https://ocs.springer.com/misc/home/CSEI2021>

Fuente Imagen: OCS Springer -

<https://ocs.springer.com/misc/conference/paper/selectpaperaction/CSEI2021/false/3550818#>

22/10/21 20:34

Ver informes - CSEI2021 (García)

▼ Reporte final

Ciclo de revisión: A hoy

Enviado el: 31/8/21 7:07 p.m.

Argumentación: Me complace informarle que su artículo antes mencionado ha sido ACEPTADO para presentación oral en CSEI2021 y publicación en Springer sujeto al cumplimiento de las Directrices de Springer. Un documento aceptado se publicará en los procedimientos de Springer solo si la versión final va acompañada de la información de pago (es decir, los detalles de la transacción) sujeta a un control de calidad según las Pautas de Springer. Por favor, siga las pautas que se mencionan a continuación (estrictamente), relacionadas con la preparación del manuscrito final, el formulario de transferencia de derechos de autor, el pago y la presentación final. El procedimiento se ha detallado como un proceso de tres pasos (I) - (III): ***** (I) Preparación de CRC (Manuscrito final para su inclusión en el Libro de actas de Springer) Se le solicita que preste estricta atención a los puntos mencionados a continuación durante la preparación del manuscrito final para evitar cualquier reversión de última hora. respaldos del editor (Springer). Las pautas para la preparación final del artículo están disponibles en <https://www.springer.com/gp/computer-science/lncs/conference-proceedings-guidelines>
(a) Es obligatorio utilizar la página web OVERLEAF para editar la versión final del artículo.

[CSEI2021] Register as new user Externo Recibidos x



CSEI2021 (via OCS)

Dear Sir or Madam, Your paper 030 -- 'Air to air communication system for collaborative drone work in rural areas' has been accepted in the conference 'CSEI2021

sáb



CSEI2021 (via OCS) <noreply@springer.com>

para mí ▼

sáb, 11 sept 16:4

Dear Sir or Madam,

Your paper

033 -- 'Real-time video transmission and communication system via drones over long distances'

has been accepted in the conference

'CSEI2021'.

This conference is managed via the 'Online Conference Service' (OCS). We could not find a user account for this e-mail address. Therefore we invite you to register to the service.

Please follow this link to register:

[https://ocs.springer.com/misc/registerasnewuser/?moreta1\\$0040espe.edu.ec/cdb14ec545c84f1c](https://ocs.springer.com/misc/registerasnewuser/?moreta1$0040espe.edu.ec/cdb14ec545c84f1c)

CERTIFICACIÓN DE COPYRIGHT

Consent to Publish for Conference Proceedings

Title of Book/Volume/Conference (hereinafter called "Work): Third International Conference on Computer Science, Electronics and Industrial Engineering (CSEI 2021)

Editor(s) name(s) (hereinafter called "Editor"): Gordón Carlos, Felix Fernández and Marcelo V. García

Title of the conference paper (hereinafter called "Contribution"): Real-time Video Transmission and Communication System Via Drones over Long Distances.

Author(s) full name(s) (hereinafter jointly called "Author"): Janneth Moreta, Hugo Moreno and Fernando Caicedo

Corresponding author's name, address, affiliation and e-mail: Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, {jmoreta8974, fcaicedo5020,}@uta.edu.ec, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, h_moreno@esPOCH.ec

When Author is more than one person the expression "Author" as used in this agreement will apply collectively unless otherwise indicated.

The Publisher intends to publish the Work under the imprint **Springer**. **The Work be published in the book series Lecture Notes in Networks and Systems.**

§ 1 Rights Granted

Author hereby grants to **Springer International Publishing AG** (hereinafter called "**Publisher**") the exclusive, sole, permanent, world-wide, transferable, sub-licensable and unlimited right to reproduce, publish, distribute, transmit, make available or otherwise communicate to the public, translate, publicly perform, archive, store, lease or lend and sell the Contribution or parts thereof individually or together with other works in any language, in all revisions and versions (including soft cover, book club and collected editions, anthologies, advance printing, reprints or print to order, microfilm editions, audiograms and videograms), in all forms and media of expression including in electronic form (including offline and online use, push or pull technologies, use in databases and data networks (e.g. Internet) for display, print and storing on any and all stationary or portable end-user devices, e.g. text readers, audio, video or interactive devices, and for use in multimedia or interactive versions as well as for the display or transmission of the works or parts thereof in data networks or search engines, and posting the Contribution on social media accounts closely related to the Work, as well as using the Contribution for training purposes, such as but not limited to massive open online courses), in whole, in part or in abridged form, in each case as now known or developed in the future, including the right to grant further time-limited or permanent rights. Publisher especially has the right to permit others to use individual illustrations, tables or text quotations and may use the Contribution for advertising purposes. For the purposes of use in electronic forms, Publisher may adjust the Contribution to the respective form of use and include links (e.g. frames or inline-links) or otherwise combine it with other works and/or remove links or combinations with other works provided in the Contribution. For the avoidance of doubt, all provisions of this contract apply regardless of whether the Contribution or the Work itself constitutes a database under applicable copyright laws or not.

The copyright in the Contribution shall be vested in the name of Publisher. Author has asserted his/her right(s) to be identified as the originator of this Contribution in all editions and versions of the Work and parts thereof, published in all forms and media. Publisher may take, either in its own name or in that of Author, any necessary steps to protect the rights granted under this Agreement against infringement by third parties. It will have a copyright notice inserted into all editions of the Work and on the Contribution according to the provisions of the Universal Copyright Convention (UCC).

The parties acknowledge that there may be no basis for claim of copyright in the United States to a Contribution prepared by an officer or employee of the United States government as part of that person's official duties. If the Contribution was performed under a United States government contract, but Author

is not a United States government employee, Publisher grants the United States government royalty-free permission to reproduce all or part of the Contribution and to authorise others to do so for United States government purposes. If the Contribution was prepared or published by or under the direction or control of the Crown (i.e., the constitutional monarch of the Commonwealth realm) or any Crown government department, the copyright in the Contribution shall, subject to any agreement with Author, belong to the Crown. If Author is an officer or employee of the United States government or of the Crown, reference will be made to this status on the signature page.

§ 2 Rights retained by Author

Author is permitted to self-archive a pre-print and an author's accepted manuscript version of the Contribution.

- a) A pre-print is the Author's first version of the manuscript submitted to the Publisher ("**Pre-Print**"). Prior to acceptance for publication, Author retains the right to make a Pre-Print of the Contribution available on any of the following: his/her own personal, self-maintained website; a legally compliant, non-commercial pre-print server such as but not limited to arXiv and bioRxiv.

Once the Contribution has been published, Author should update the acknowledgement and provide a link to the definitive version on the publisher's website: "This is a pre-print of a contribution published in [insert title of book and name(s) of Editor(s)] published by [insert name of Publisher]. The final authenticated version is available online at: [https://doi.org/\[insert DOI\]](https://doi.org/[insert DOI])".

- b) An Author's Accepted Manuscript ("**AAM**") is the version accepted by the Publisher for publication, but prior to copyediting and typesetting, that can be made available under the following conditions:
- i. Author retains the right to make an AAM of the Contribution available on their own personal, self-maintained website immediately on acceptance,
 - ii. Author retains the right to make an AAM of the Contribution available for public release on any of the following, 12 months after first publication ("**Embargo Period**"): their employer's internal website; their institutional and/or funder repositories and all services offering organized, legally compliant central archiving, including social scientific networks. AAMs may also be deposited in such repositories immediately on acceptance, provided that they are not made publicly available until after the Embargo Period.

An acknowledgement in the following form should be included, together with a link to the published version on the publisher's website: "This is a pre-copyedited version of a contribution published in [insert title of book and name(s) of Editor(s)] published by [insert name of Publisher]. The definitive authenticated version is available online via [https://doi.org/\[insert DOI\]](https://doi.org/[insert DOI])".

The DOI (Digital Object Identifier) can be found at the bottom of the first page of the published Contribution.

For the avoidance of doubt Author shall not use the publisher's final published version (in pdf or html/xml format) for the purpose of the above described self-archiving.

Additionally, Author retains, in addition to uses permitted by law, the right to communicate the content of the Contribution to other research colleagues, to share the Contribution with them in manuscript form, to perform or present the Contribution or to use the content for non-commercial internal and educational purposes, provided the original source of publication is cited according to current citation standards.

§ 3 Warranties

Author agrees, at the request of Publisher, to execute all documents and do all things reasonably required by Publisher in order to confer to Publisher all rights intended to be granted under this Agreement. Author warrants that the Contribution is original except for such excerpts from copyrighted works (including illustrations, tables, animations and text quotations) as may be included with the permission of the copyright holder thereof, in which case(s) Author is required to obtain written permission to the extent necessary and to indicate the precise sources of the excerpts in the manuscript. Third Party Material (including without limitation quotations, photographs, pictures, diagrams, drawings, tables, graphs or maps, and whether reproduced from print or electronic or other sources) may only be included in the Contribution with the prior agreement of the Publisher. In this case the Author must obtain (at the Author's expense) all necessary permissions to enable the Publisher to use the Third Party Material in the Contribution and shall provide the Editor of the Work and the Publisher with: (i) copies of all such permissions, and (ii) sufficient information to enable the Publisher to make appropriate acknowledgements.

Author warrants that Author is entitled to grant the rights in accordance with Clause 1 "Rights Granted", that Author has not assigned such rights to third parties, that the Contribution has not heretofore been

published in whole or in part, that the Contribution contains no libellous or defamatory statements and does not infringe on any copyright, trademark, patent, statutory right or proprietary right of others, including rights obtained through licences; and that Author will indemnify Publisher against any costs, expenses or damages for which Publisher may become liable as a result of any claim which, if true, would constitute a breach by Author of any of Author's representations or warranties in this Agreement. Author agrees to amend the Contribution to remove any potential obscenity, defamation, libel, malicious falsehood or otherwise unlawful part(s) identified at any time. Any such removal or alteration shall not affect the warranty and indemnity given by Author in this Agreement.

§ 4 Delivery of Contribution and Publication

Author shall deliver the Contribution to the responsible Editor of the Work on a date to be agreed upon, electronically in Microsoft Word format or in such form as may be agreed in writing with Publisher. The Contribution shall be in a form acceptable to the Publisher (acting reasonably) and in line with the instructions contained in the guidelines and Author shall provide at the same time, or earlier if the Publisher reasonably requests, any editorial, publicity or other form required by the Publisher. Publisher will undertake the publication and distribution of the Work in print and electronic form at its own expense and risk within a reasonable time after it has given notice of its acceptance of the Work to Author in writing.

§ 5 Author's Discount for Books and Electronic Access

Author may obtain copies of the Work for personal use at a discount of 40% off the list-price if ordered directly from Publisher. Furthermore, Author is entitled to purchase for his/her personal use (directly from Publisher) other books published by Publisher at a discount of 40% off the list price for as long as there is a contractual arrangement between Author and Publisher and subject to applicable book price regulation. Resale of such copies is not permitted.

Publisher shall provide electronic access to the electronic final published version of the Work on Publisher's Internet portal, currently known as springer.com and/or palgrave.com, to Author, provided Author has included his/her email address in the manuscript of the Work. Furthermore, Author has the right to download and disseminate single contributions from the electronic final published version of the Work for his/her private and professional non-commercial research and classroom use (e.g. sharing the contribution by mail or in hard copy form with research colleagues for their professional non-commercial research and classroom use, or to use it for presentations or handouts for students). Author is also entitled to use single contributions for the further development of his/her scientific career (e.g. by copying and attaching contributions to an electronic or hard copy job or grant application).

When Author is more than one person each of the co-authors may share single contributions of the Work with other scientists or research colleagues as described above. In each case, Publisher grants the rights to Author under this clause provided that Author has obtained the prior consent of any co-author(s) of the respective contribution.

§ 6 Termination

Either party shall be entitled to terminate this Agreement forthwith by notice in writing to the other party if the other party commits a material breach of the terms of the Agreement which cannot be remedied or, if such breach can be remedied, fails to remedy such breach within 28 days of being given written notice to do so.

On termination of this Agreement in accordance with its terms, all rights and obligations of Publisher and Author under this Agreement will cease immediately, except that any terms of this Agreement that expressly or by implication survive termination of this Agreement shall remain in full force and effect.

§ 7 Governing Law and Jurisdiction

If any difference shall arise between Author and Publisher concerning the meaning of this Agreement or the rights and liabilities of the parties, the parties shall engage in good faith discussions to attempt to seek a mutually satisfactory resolution of the dispute. This agreement shall be governed by, and shall be construed in accordance with, the laws of the Republic of Singapore. The courts of Singapore, Singapore shall have the exclusive jurisdiction.

Corresponding Author signs for and accepts responsibility for releasing this material on behalf of any and all Co-Authors.

Signature of Corresponding Author:

Date:



Firmado electrónicamente por:
JANNETH ELIZABETH
MORETA CHANGOLUIZA

September 11, 2021

-
- I'm an employee of the US Government and transfer the rights to the extent transferable (Title 17 §105 U.S.C. applies)
 - I'm an employee of the Crown and copyright on the Contribution belongs to the Crown

For internal use only:

Order Number:

GPU/PD/PS:

Legal Entity Number: 1128 Springer International Publishing AG

Springer-C-CTP-05/2018

Real-time Video Transmission and Communication System Via Drones over Long Distances*

Janneth Moreta¹[0000-0002-0755-0115], Hugo Moreno²[0000-0002-3579-0546], and
Fernando Caicedo³[0000-0002-6296-5380]

¹ Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador

{jmoreta8974, fcaicedo5020,}@uta.edu.ec

<http://www.uta.edu.ec>

² Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador

h.moreno@esPOCH.ec

<http://www.esPOCH.edu.ec>

Abstract. One of the major technological trends worldwide is the development and use of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) civil and military fields. Nowadays, video transmission has become a trend, and as technology advances, the human being demands more sophisticated technological tools. In this case we are looking at better quality real-time video transmission which increases even more with the help of a drone allowing the user to have an overview of areas difficult to access. This article shows the design and implementation of a wireless communications system which allows transmission of video in real time (Streaming) from the DJI Matrice 600 Pro industrial drone in flight controlled from a ground base station. Software with SDR (Software Defined Radio) technology was used for this project, which has helped complete several stages of the system. With the exception of elements such as antennas or amplifiers, all of the blocks have been implemented normally. On the other hand, the use of hardware was minimized to the use of a computer with LabVIEW, USRPs, a drone, a camera and the antennas. For the verification of the results, the respective tests were carried out in a lab.

Keywords: Video · Transmission · Interface · Image · Drone.

1 Introduction

The development of information, communication and electronics technology has allowed the world of telecommunications to advance by leaps and bounds, generating advances and improvements in the transmission of data through wireless channels, in the field of robotics, and giving way to the emergence of new electronic devices [1], which today make life easier for humans.

Communications systems work with state-of-the-art equipment, allowing information, such as data, voice or video [2], to be sent and received from anywhere

* Supported by UTA and ESPOCH.

MATRIZ POINT TO POINT

SUGERENCIAS REVISORES:

▼ Reporte de revisión

Ciclo de revisión: A hoy

Enviado el: 17/8/21 8:42 a. M.

Argumentación: El manuscrito está bien redactado y puede aceptarse después de algunos cambios. Es necesario eliminar los errores gramaticales menores. 2. Los gráficos de salida se dibujan manualmente y no se proporcionan datos que respalden los gráficos.

MATRIZ SUGERENCIAS.

Sugerencias	Cambios Paper
1. Es necesario eliminar los errores gramaticales menores.	Se acoge la sugerencia, y realiza la revisión profunda del paper corrigiendo los leves errores gramaticales encontrados.
2. Los gráficos de salida se dibujan manualmente y no se proporcionan datos que respalden los gráficos.	Se acoge la sugerencia, y se coloca los datos que respaldan los gráficos.

