



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

ANÁLISIS COMPARATIVO DE TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIONES
APLICADAS A VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS (UAV)

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingenieros en Redes y
Telecomunicaciones

Profesor guía

Mgt. Jorge Wilson Granda Cantuña

Autores

René Eduardo Simbaña Quishpe

María Cristina Uquillas Torres

Año

2016

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

‘Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con los estudiantes, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.’

Jorge Wilson Granda Cantuña
Magister en Ingeniería Eléctrica
CI: 170859418-7

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaramos que este trabajo es original, de nuestra autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

.....
René Eduardo Simbaña Quishpe
C.I. 171486374-1

.....
María Cristina Uquillas Torres
C.I. 220005084-3

AGRADECIMIENTO

A Dios, a la Universidad y de manera especial a nuestro tutor Ing. Jorge Granda, MSc. quien con su conocimiento nos ha sabido guiar para culminar con éxito el trabajo de titulación.

DEDICATORIA

A nuestros padres y hermanos que con su apoyo, consejos, aliento y enseñanzas hicieron posible alcanzar esta meta.

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene por objetivo investigar y realizar un análisis comparativo de las diferentes tecnologías existentes en un enlace de comunicación utilizado en un UAVS para transmitir y recibir datos.

En esta investigación se detalla los equipos que intervienen en un enlace de comunicación de acuerdo a cuatro áreas de aplicación: 1) Misiones Militares, 2) Control de Incendio Forestal, 3) Aplicaciones de Observación, Vigilancia e Internet a Usuarios y 4) Reconocimiento y Vigilancia de Corto Alcance.

Se emplea dos métodos de estudio, el exploratorio y el deductivo que se refieren a la investigación de las tecnologías de comunicaciones aplicadas a vehículos aéreos no tripulados (UAV) e información técnica de cada equipo, obteniendo así, información selectiva que determina los elementos idóneos a la hora de implementar un enlace de comunicación.

Como resultado, tablas comparativas de diferentes tecnologías de un sistema de comunicación, equipos y dispositivos con sus respectivas especificaciones técnicas involucradas en un enlace de comunicación aplicadas a UAVs son incluidas en este documento de estudio.

Este documento cuenta con información técnica, procesos, características y funcionamiento de sistemas de comunicación entre UAVs útiles para el diseño, desarrollo e implementación de UAVS dirigidos a varios campos de aplicación en sectores estratégicos alineados con el plan del buen vivir tales como: detección de incendios forestales, levantamiento catastral, erosión del suelo, seguridad alimentaria, servicios de internet en lugares remotos, entre otros.

ABSTRACT

The present document aims to investigate and make a comparative analysis of the different technologies involved in a communication link used in Unmanned Air Vehicle System to transmit or receive data.

This research describe the equipment used in a communication link according to four application areas: 1) Military Missions, 2) Control of Forest Fires, 3) Observation Applications, Surveillance and Internet Use and 4) Recognition and Short-Range Surveillance.

Two methods of study are used, exploratory and deductive, which refers to research communications technologies applied to unmanned aerial vehicles (UAV) and technical information of each equipment. It will get selective information that determines the appropriate elements to implement a communication link.

As a result comparative tables of different communication technologies, equipment and devices with their respective technical specifications involved in a communication link applied to UAVs are included in this study paper.

This document has technical information, processes, characteristics and performance of a communication system between UAVs useful for the design, development and implementation of Unmanned Air Vehicle Systems aimed to several application areas aligned with strategic sectors of the plan of good living such as: detection forest fires, land surveying, soil erosion, food security, and internet services in remote locations, among others.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1. CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	2
1.1. Vehículos Aéreos No Tripulados	2
1.1.1. Componentes de un Sistema de Vehículos Aéreos no tripulados (UAVS).....	2
1.1.2. Clasificación de Vehículos Aéreos no Tripulados	3
1.1.3. Modos de comunicación de los UAVs.....	5
1.1.4. Arquitecturas principales de comunicación	6
1.1.5. Beneficios y Aplicaciones del uso de UAVs.....	7
1.1.6. Limitaciones del uso de UAVs	8
1.2. Enlace de Comunicación	9
1.2.1. Procesamiento de una señal.....	12
1.2.1.1. Aliasing.....	12
1.2.1.2. Conversores	12
1.2.1.2.1. Conversores Analógico –Digital (ADC)	12
1.2.1.2.2. Conversor Digital –Analógico (DAC).....	21
1.2.1.3. Codificadores de Línea.....	27
1.2.1.3.1. Técnicas de codificación	27
1.2.1.4. Seguridad de los datos.....	29
1.2.1.4.1. Cifrado de datos.....	30
1.2.1.5. Modulación/Demodulación	38
1.2.1.5.1. Modulación por desplazamiento de amplitud (ASK).....	40
1.2.1.5.3. Modulación por Desplazamiento de Fase (PSK).....	44
1.2.1.5.4. Modulación de Amplitud en Cuadratura (QAM).....	48
1.2.1.6. Multiplexor - Multiplexación	51
1.2.1.6.1. Multiplexación por División de Frecuencia (FDM)	52
1.2.1.6.2. Multiplexación por División de Tiempo (TDM).....	54
1.2.1.6.3. Multiplexación por división de Código (CDM) o (CDMA).....	55
1.2.1.6.4. Multiplexación por División de Longitud de Onda (WDM) ...	55

1.2.1.6.5. Transformada de Fourier.....	56
1.2.1.7. Codificación de Canal.....	61
1.2.1.7.1. Requerimiento de Repetición Automática (ARQ).....	61
1.2.1.7.2. Corrección de errores hacia adelante (FEC).....	64
1.2.1.8. Transmisor/Receptor.....	66
1.2.1.9. Antena.....	69
1.2.1.9.1. Parámetros del desempeño de una antena.....	69
2. CAPÍTULO II: ANÁLISIS DE LAS TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIONES EN VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS.....	83
2.1. Áreas de Aplicación de los UAV.....	84
2.2. Análisis de Áreas de Aplicación.....	85
2.2.1. Misiones Militares.....	86
2.2.1.1. Requerimientos Técnicos para Comunicación Satelital del UAV.....	87
2.2.1.2. Esquema de Comunicación Satelital.....	88
2.2.1.3. Propagación de la Señal.....	99
2.2.1.4. Características del Enlace Satelital para un UAV empleado en Ecuador.....	103
2.2.2. Control de Incendios Forestales.....	104
2.2.2.1. Sistemas Satelitales Comerciales.....	105
2.2.2.2. Requerimientos de Comunicación del Servicio Forestal.....	106
2.2.2.2. Factores Críticos de la Comunicación.....	107
2.2.3. Aplicaciones de Observación, Vigilancia e Internet a Usuarios... 108	
2.2.3.1. Requerimientos de Comunicación para Observación Terrestre.....	109
2.2.3.1.1. Enlace De Telemetría.....	109
2.2.3.1.2. Enlace De Datos.....	109
2.2.4. Reconocimiento y Vigilancia de Corto Alcance.....	119
2.2.4.1. Transmisor – Receptor Xbee.....	122

2.2.5. Cifrado de datos usado en equipos para aplicaciones de UAVS	122
2.2.5.1. DES (Cifrado de Datos Estándar)	122
2.2.5.2. AES (Advanced Encryption Standard).....	128
2.2.6. Software para el mando y control de UAVs.....	131
3. CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS TÉCNICO SOBRE TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN.....	136
3.1. Vehículos Aéreos No Tripulados de Uso Militar	137
3.2. Vehículos Aéreos No Tripulados de Uso Civil.....	139
3.3. Cuadro Comparativo Módem.....	140
3.4. Cuadro Comparativo Transceiver	141
3.5. Cuadro Comparativo Transmisores	142
3.6. Cuadro Comparativo Antenas.....	143
3.7. Cuadro Comparativo entre Terminales Terrenas	144
4. CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	145
4.1. CONCLUSIONES.....	145
4.2. RECOMENDACIONES.....	147
REFERENCIAS	148
ANEXOS	165

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Componentes de un UAVS	3
Figura 2. Clasificación de UAVs a partir de la Misión	4
Figura 3. Vehículos Aéreos no tripulados según el tipo de despegue	5
Figura 4. Escenario General de Enlaces de Comunicación	6
Figura 5. Arquitecturas de Comunicación en un UAS	6
Figura 6. Diagrama de bloques de un Sistema de Comunicación.....	11
Figura 7. Diagrama de bloques del aliasing	12
Figura 8. Pasos del proceso de Conversión Analógica –Digital	13
Figura 9. Circuito de Muestreo y Retención	13
Figura 10. Diagrama de bloques de la cuantificación	14
Figura 11. Codificación de una señal análoga.....	15
Figura 12. Código Morse Internacional	17
Figura 13. Código BAUDOT	17
Figura 14. Código ACSII	18
Figura 15. Conversor AD Flash o Paralelo de 2 bits	19
Figura 16. Conversor AD de Aproximaciones Sucesivas	20
Figura 17. Conversor AD con contador de rampa en escalera.....	20
Figura 18. Diagrama de bloques de un Conversor Digital-Analógico	21
Figura 19. Resolución	22
Figura 20. Voltaje de referencia	23
Figura 21. Tiempo de establecimiento	23
Figura 22. Linealidad.....	24
Figura 23. Errores de Desplazamiento	24
Figura 24. Error de Ganancia	25
Figura 25. No Linealidad Diferencial	25
Figura 26. No Linealidad Integral	26
Figura 27. Error de Monotocidad.....	26
Figura 28. Circuito de un Conversor Digital –Analógico	26
Figura 29. Codificación NZR	27
Figura 30. Codificación NRZI	28
Figura 31. Codificación Manchester	28

Figura 32. Codificación de Miller	29
Figura 33. Codificación Bipolar.....	29
Figura 34. Encriptación	30
Figura 35. Cifrado ECB	31
Figura 36. Descifrado ECB.....	32
Figura 37. Cifrado Encaminamiento de Bloque.....	32
Figura 38. Descifrado Encaminamiento de Bloque	33
Figura 39. Cifrado CFB	33
Figura 40. Descifrado CFB.....	34
Figura 41. Cifrado OFB	35
Figura 42. Descifrado OFB.....	35
Figura 43. Cifrado de flujo	36
Figura 44. Encriptación.	37
Figura 45. Autenticación.....	38
Figura 46. Modulador	39
Figura 47. Demodulador.....	39
Figura 48. Modulación ASK.....	40
Figura 49. Representación espectral de una señal modulada ASK	41
Figura 50. Demodulador ASK.....	42
Figura 51. Modulación FSK.....	42
Figura 52. Transmisor FSK	43
Figura 53. Receptor FSK.....	44
Figura 54. Modulación PSK.....	44
Figura 55. Transmisor BPSK.....	46
Figura 56. Receptor BPSK	46
Figura 57. Representación modulación QPSK.....	47
Figura 58. Transmisor QPSK	47
Figura 59. Receptor QPSK.....	48
Figura 60. Constelación 8-QAM	49
Figura 61. Modulador 8QAM	50
Figura 62. Demodulador 8 QAM.....	50
Figura 63. Constelación de bits 16-QAM.....	51

Figura 64. Modulador 16-QAM	51
Figura 65. Multiplexación	52
Figura 66. Modulación FDM	52
Figura 67. Diagrama del modulador OFDM.....	53
Figura 68. Demodulador OFDM	53
Figura 69. Multiplexor & Demultiplexor TDM.....	54
Figura 70. Multiplexación por División de Código.....	55
Figura 71. Sistema WDM	56
Figura 72. Representación Real TFD.....	57
Figura 73. Representación Compleja TFD	57
Figura 74. Representación Co.....	58
Figura 75. Descomposición de una señal de 16 puntos a 16 señales de un solo punto.....	59
Figura 76. Ordenamiento reverso de bits	60
Figura 77. Síntesis de la FFT	60
Figura 78. ACK Parada y espera.....	62
Figura 79. ARQ continua con vuelta atrás.....	63
Figura 80. ARQ con repetición selectiva	64
Figura 81. Proceso Código de Bloques.....	65
Figura 82. Código Convolucionales.....	66
Figura 83. Esquema del Conversor Ascendente	67
Figura 84. . Esquema Conversor Descendente.....	67
Figura 85. Conversor Reductor de un paso.....	68
Figura 86. Conversor Reductor de 2 pasos.....	68
Figura 87. Generación de ondas electromagnéticas por una antena	69
Figura 88. Patrón de radiación	71
Figura 89. Ancho de haz	71
Figura 90. Angulo de Media Potencia	72
Figura 91. Polarización de una antena.....	73
Figura 92. Relación Frente/Atrás (A y B).....	74
Figura 93. Antena dipolo / UHF / VHF 325 - 1 000 MHz | TV-2.....	76
Figura 94. Patrón de Radiación Antena Dipolo orientación sur.....	77

Figura 95. Antena Multi-elemento	77
Figura 96. Patrón de Radiación Antena Multi-elemento	78
Figura 97. Antena Yagi.....	78
Figura 98. Patrón de radiación Antena Yagi.....	79
Figura 99. Antena Panel Plano 16dBi	79
Figura 100. Patrón de Radiación de azimut Antena Panel Plano.....	80
Figura 101. Antena Parabolica	80
Figura 102. Antena Parabolica Foco Primario.....	81
Figura 103. Antena Parabólica Cass grain.....	82
Figura 104. Antena Parabólica Offset	82
Figura 105. Parámetros técnicos de los elementos de un enlace de comunicación	83
Figura 106. Aplicaciones a ser analizadas	85
Figura 107. Partes del Segmento Aéreo	87
Figura 108. Equipos de comunicación del UAV	88
Figura 109. Diagrama del Módem	89
Figura 110. Diagrama de Bloques en Transmisión	89
Figura 111. Portadora en el dominio del Tiempo.....	90
Figura 112. Señal a la salida del filtro	91
Figura 113. Respuesta del filtro Butterworth	91
Figura 114. Salida del filtro Butterworth.	92
Figura 115. Estructura del Mezclador.....	93
Figura 116. Respuesta de frecuencia en fase.....	93
Figura 117. Señal $S(t)$	94
Figura 118. Estructura del Demodulador.....	95
Figura 119. Estructura del Demodulador OFDM	95
Figura 120. Esquema del Conversor Ascendente.....	96
Figura 121. Esquema Conversor Descendente.....	96
Figura 122. Hardware Control de Antena	98
Figura 123. Imagen Incendio Forestal.....	105
Figura 124. Ubicación Antena Tipo Patch	112
Figura 125. Diagrama de Radiación Antena Rectangular	112

Figura 126. Red de UAVs	116
Figura 127. Comunicación WiMAX UAV	116
Figura 128. Estructura WiMAX Bullet	117
Figura 129. Bullet M WiMAX	117
Figura 130. Ejemplo de Uso ZigBee.....	120
Figura 131. Arquitectura de retransmisión	121
Figura 132. Xbee Pro	122
Figura 133. Partes Algoritmo DES	123
Figura 134. Matriz de permutación inicial de bloques.	124
Figura 135. División en Bloques de 32 bits	124
Figura 136. Rondas.....	125
Figura 137. Tabla de expansión	125
Figura 138. Primera función de sustitución	126
Figura 139. Sigüientes funciones de sustitución	127
Figura 140. Tabla de Permutación	127
Figura 141. Texto Cifrado de 64 bits.	128
Figura 142. Esquema Cifrado y Descifrado AES.....	129
Figura 143. Método 1 AES	129
Figura 144. Método 2 AES	130
Figura 145. Método 3 AES	130
Figura 146. Método 4 AES	131
Figura 147. Estación de Control Terrena	131
Figura 148. Draganflyer X6 – UAV	139
Figura 149. Draganfly tango	139
Figura 150. Sniper.....	139
Figura 151. Penguin C	139
Figura 152. E-NF03.....	139
Figura 153. MANTA UAV	139
Figura 154. M400 Multirotor	139
Figura 155. W 210 ALA VOLANTE	139
Figura 156. W 200 ALA VOLANTE	139
Figura 157. AirRobot AR200	139

Figura 158. AGX TIRIBA	139
Figura 159. IDETEC-SIROL-OT-221	139
Figura 160. IDETEC-iMK8	139
Figura 161. BOEING SCAN EAGLE	139
Figura 162. SIVA	139
Figura 163. MLT100	140
Figura 164. TUALLINK –L Band	140
Figura 165. GLT1000	140
Figura 166. SATCOM X-BAND EPM MODEM (Airborne)	140
Figura 167. BM5-Ti	140
Figura 168. PCI XR9	140
Figura 169. MC13202	140
Figura 170. TMA 6000	140
Figura 171. EMMT	141
Figura 172. Ku Stream HPT	141
Figura 173. FIRE SCOUTE ADT	141
Figura 174. TUAL-LS/LSM	141
Figura 175. XBEE-PRO	141
Figura 176. TSC1430	141
Figura 177. CNPC-UAS 1000	142
Figura 178. IPnDDL 5800	142
Figura 179. TSE-COFDM	142
Figura 180. LX1700	142
Figura 181. KP-TS5000	142
Figura 182. PRC 6809	142
Figura 183. KU Band Talmount Satcom Antenna System	143
Figura 184. BMA-9001	143
Figura 185. COM'TRACK Antenna System	143
Figura 186. T-4000 High Gain Antenna	143
Figura 187. T-4100 Low Gain Antenna	143
Figura 188. Ku 1000 BroadBand Antenna System	143
Figura 189. KuStream 2000	143

Figura 190. Terminal Multi-Plataforma SATCOM.....	143
Figura 191. IGA-2000 Gain Antenna	143
Figura 192. Antares LP (Low Profile)	143
Figura 193. LISA Y ASTEK SATCOM	143
Figura 194. OA4-1.4V/1483.....	143
Figura 195. SBA-38/919.....	143
Figura 196. Antena 2.4 Ghz	143
Figura 197. Antena 2.4 GHz UFL	143
Figura 198. HDA1275/1148.....	143
Figura 199. PSA0218L	143
Figura 200. MANTIS II.....	144
Figura 201. GEN2 Ground Terminal.....	144
Figura 202. TUAL TERMINAL	144
Figura 203. Micromax.....	144

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Categorización de acuerdo al techo y alcance máximo.....	4
Tabla 2. Valores de codificación.....	15
Tabla 3. Código Binario Natural	16
Tabla 4. Código GRAY.....	16
Tabla 5. Ventajas y Desventajas de la Conversión AD	21
Tabla 6. Ventajas y Desventajas Cifrado Simétrico.....	36
Tabla 7. Ventajas y Desventajas Cifrado Asimétrico	38
Tabla 8. Clasificación de las antenas	76
Tabla 9. Aplicaciones de los UAVs.....	84
Tabla 10. Especificaciones Técnicas Receptor/Transmisor (RT-1851A)	97
Tabla 11. Especificaciones de Antena Satelital	99
Tabla 12. Datos del satélite para Ecuador	104
Tabla 13. Características Enlace Ecuador	104
Tabla 14. Parámetros que debe cumplir el Sistema en Banda-Ku.....	105
Tabla 15. Parámetros que debe cumplir el Sistema en Banda-L	106
Tabla 16. Tareas de Observación	108
Tabla 17. Especificaciones Técnicas Transmisor SANT-ARPIA 2013	110
Tabla 18. Antenas más usadas en UAVs	111
Tabla 19. Mejora en el alcance de enlace con distintos incrementos de ganancia.....	114
Tabla 20. Especificaciones Técnicas de la Antena receptora	115
Tabla 21. Especificaciones Técnicas antena receptora en tierra para largas distancias	115
Tabla 22. Características WIMAX OFDM.....	117
Tabla 23. Características Enlace WIMAX UAV	118
Tabla 24. Características ZigBee	122
Tabla 25. Software para el mando y control de UAVs.....	132
Tabla 26. Vehículos aéreos no tripulados de uso militar	137
Tabla 27. Vehículos aéreos no tripulados de uso civil.....	139
Tabla 28. Cuadro comparativo Módem	140
Tabla 29. Cuadro comparativo Transciever.....	141

Tabla 30. Cuadro comparativo Transmisores.....	142
Tabla 31. Cuadro comparativo Antenas.....	143
Tabla 32. Cuadro comparativo entre terminales terrenas	144
Tabla 34. Tabla de resumen de equipos usados en un enlace de comunicación para sistemas de vehículos aéreos no tripulados...	147

INTRODUCCIÓN

Esta investigación tiene como propósito principal la descripción del hardware y software implementado en un sistema de comunicación aplicada a Vehículos Aéreos no Tripulados puesto que en la actualidad su uso ha aumentado considerablemente por las ventajas que proporciona la aeronave al ser un equipo controlado remotamente.

En el capítulo uno se detalla conceptos básicos y técnicos, características, funcionamiento, variaciones y diagramas para comprender de mejor manera los procesos que intervienen en un enlace de comunicación.

El capítulo dos describe las fases, parámetros técnicos, equipos y software necesarios para la recepción y transmisión de información desde y hacia los vehículos aéreos no tripulados basados en cuatro áreas de aplicación: misiones militares, control de incendios forestales, reconocimiento y vigilancia a corto alcance y aplicaciones de observación e internet a usuarios.

En el capítulo tres se realiza el análisis comparativo de especificaciones técnicas referente a los equipos que intervienen en un enlace de comunicación contenidas en tablas que son de fácil uso e interpretación.

El capítulo final de conclusiones y recomendaciones aporta una retroalimentación a lo analizado.

1. CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Vehículos Aéreos No Tripulados

Definición

Vehículos manejados con sistemas de control manual o automático sin la necesidad de un piloto a bordo. Además, son utilizados para fines civiles y militares tales como investigaciones, vigilancia, seguridad, entre otros. (Gonzales, s.f.)

1.1.1. Componentes de un Sistema de Vehículos Aéreos no tripulados (UAVS)

- Vehículo Aéreo o Plataforma:

Es el medio para entregar la carga a su posición óptima; el sistema de propulsión tiene que adaptarse a la misión designada y utiliza motores a reacción porque su operación es a grandes distancias y alturas. Este componente se subdivide en los siguientes elementos: fuselaje, sistema de propulsión, ordenador o el sistema de control de vuelo, sistema de navegación de precisión y sistema de reconocimiento.

- Carga Útil:

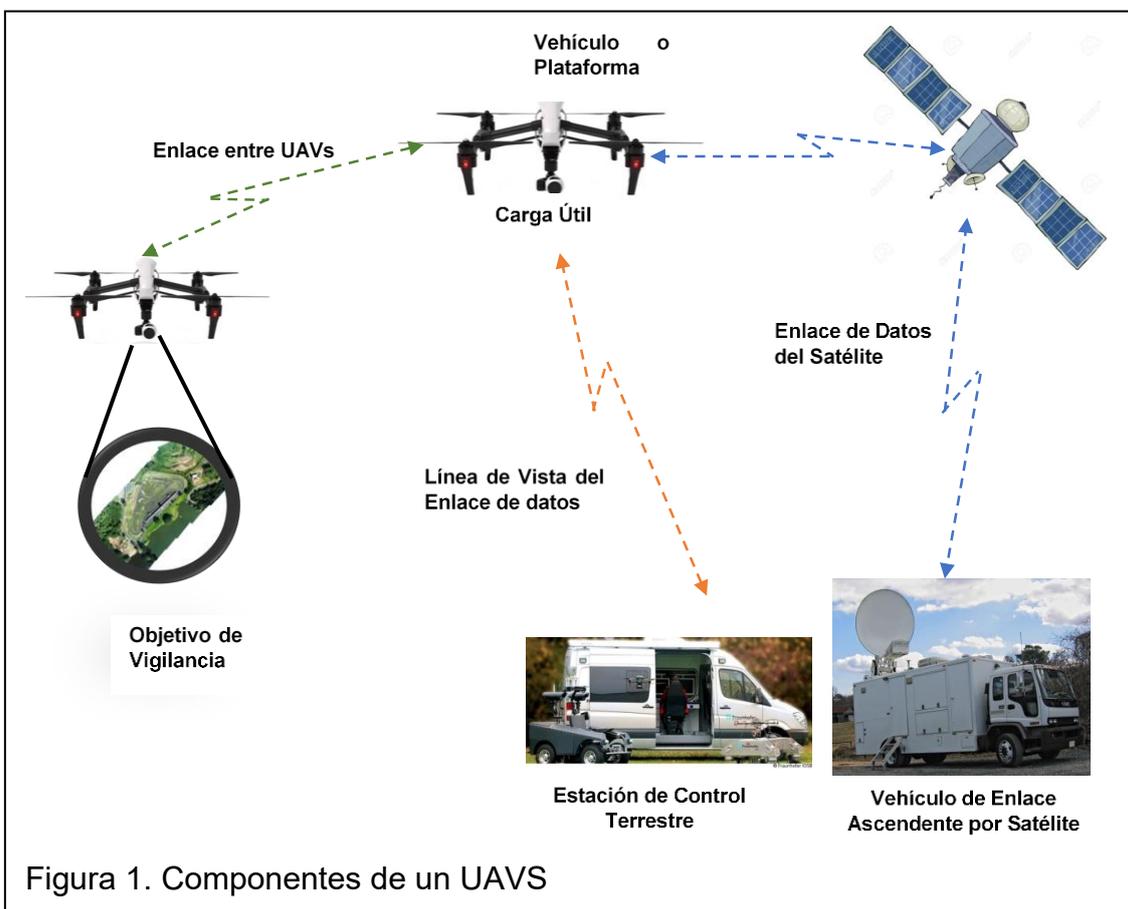
Son todos los dispositivos que un UAV puede transportar en su estructura; es el elemento más importante de un Sistema de Vehículos Aéreos no Tripulados al determinar la recuperación de la inversión, beneficios u otros.

Como elementos de carga útil se puede tener: sistemas de detección electro-óptico y escáneres, sistemas infrarrojos, radares, cargas prescindibles (Municiones. Bengalas, sondas, entre otros) y sensores ambientales.

- Sistema de Control o Estación Terrestre:

Debe tener comunicaciones seguras con el vehículo aéreo y la infraestructura de gestión de tráfico aéreo nacional, internacional, regional y local.

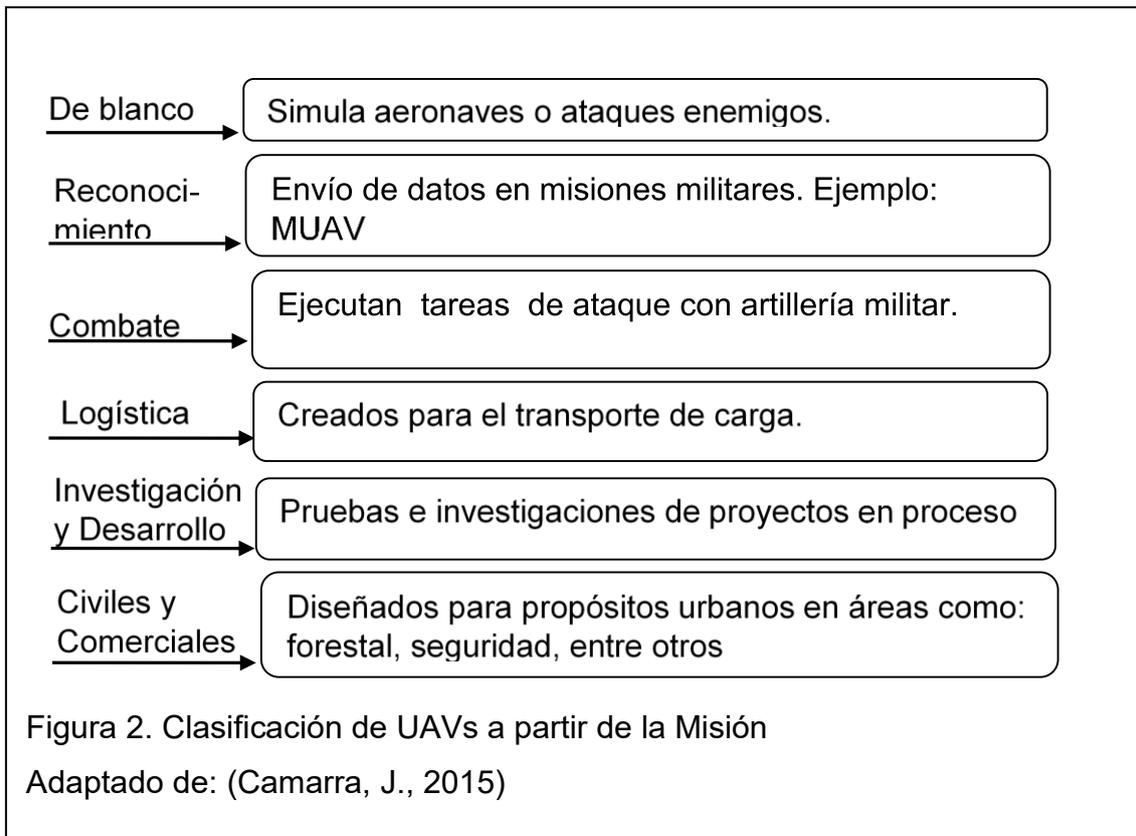
Se divide en los siguientes elementos: pantalla de vuelo aviónica, sistema de navegación, sistema de vigilancia y pantalla de diagnóstico, imágenes gráficas y mapeo de posición, sistemas de comunicaciones seguras y procesamiento de datos interno.



1.1.2. Clasificación de Vehículos Aéreos no Tripulados

La clasificación de los vehículos aéreos no tripulados se determina a partir de la misión, techo y alcance máximo y tipo de despegue:

Misión



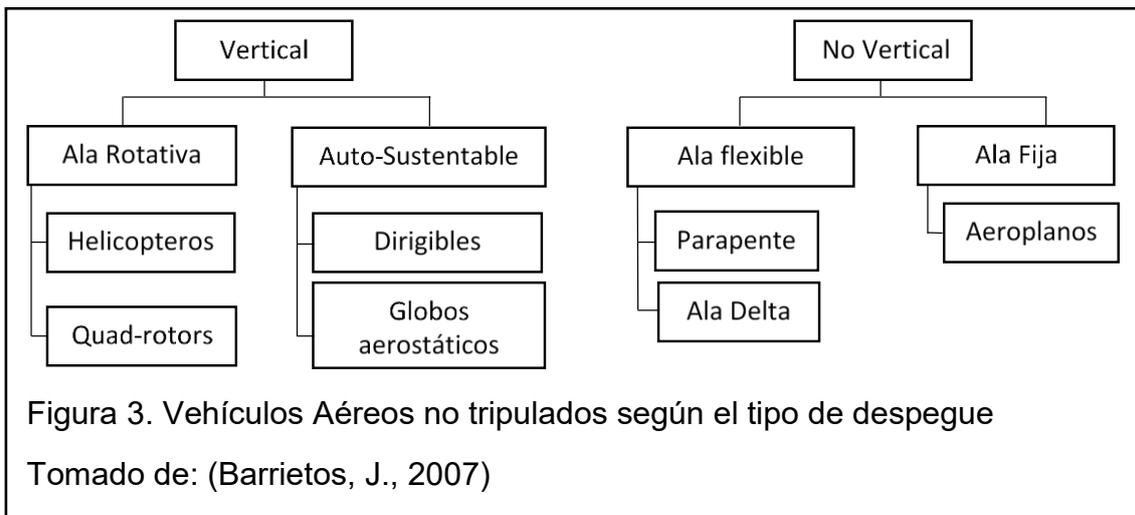
Techo y Alcance máximo

Tabla 1. Categorización de acuerdo al techo y alcance máximo

Denominación	Techo (Altitud)(pies)	Alcance Máximo (km)
Handheld	2000	2
Close	5000	10
NATO	10000	50
Tactical	18000	160
MALE	30000	200
HALE	30000	Indeterminado
HYPERSOUND	50000	100km
ORBITAL	En órbitas bajas terrestres (Mach 25+)	
CIS Lunar	Viaja entre la luna y la tierra	

Tomado de (Camarra, J., 2015)

Tipo de despegue



1.1.3. Modos de comunicación de los UAVs

Los modos en los que la comunicación se lleva a cabo son importantes para el uso de los UAVs, teniendo en cuenta que son plataformas no tripuladas se requieren enlaces de comunicación específicos con determinados equipos para cada uso. Lo primordial en la transmisión de datos entre UAVs es lograr comunicación entre ellos, así como difundir la señal desde un sitio hasta otro o hacia las estaciones en tierra.

La comunicación entre UAVs se basa en cuatro modos de operación:

1. Enlace entre estación terrena UAV: Envío de información desde y hacia las estaciones terrenas a través de enlaces punto a punto.
2. Enlaces entre UAVs: Comunicaciones entre vehículos aéreos no tripulados
3. Enlace UAV - SATELITE (GEO): Enlaces satelitales con el vehículo aéreo no tripulado.
4. Enlaces entre UAV – Usuarios: Comunicación entre UAV-Usuarios a través de enlaces punto multipunto.

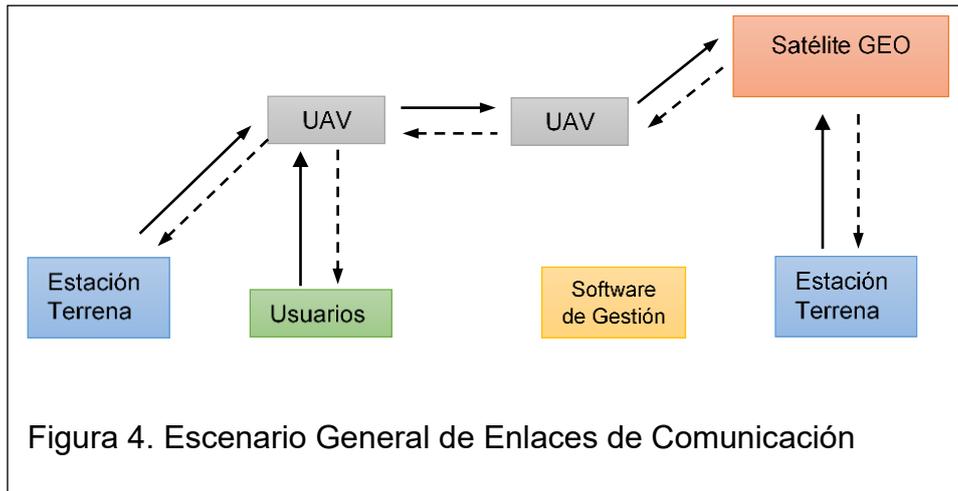


Figura 4. Escenario General de Enlaces de Comunicación

1.1.4. Arquitecturas principales de comunicación

En un Sistema de Vehículos Aéreos no Tripulados se pueden emplear cuatro arquitecturas básicas de comunicación.

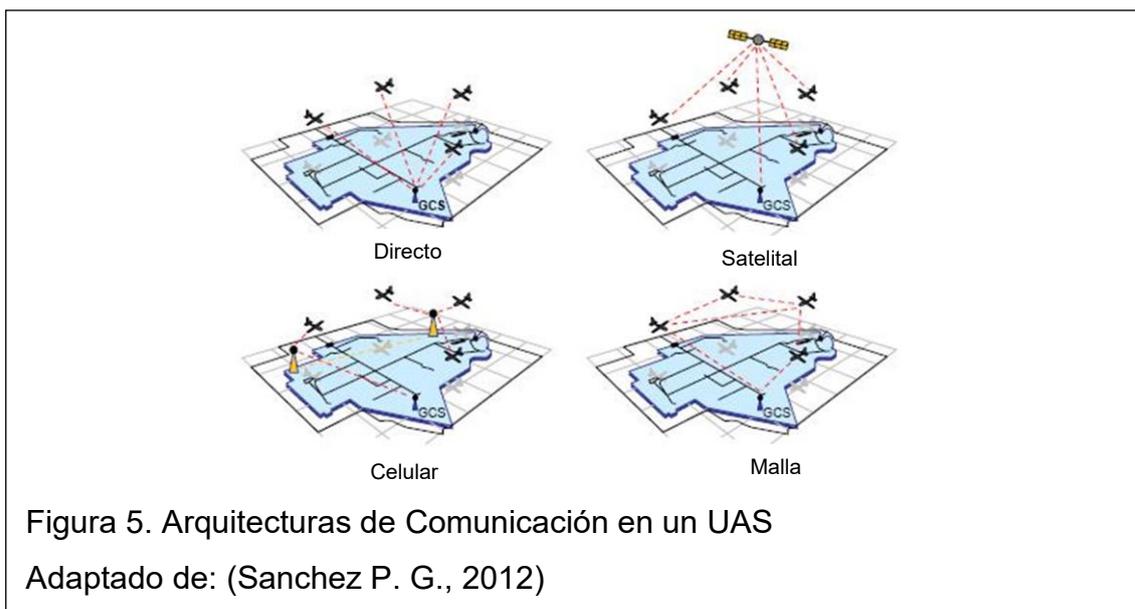


Figura 5. Arquitecturas de Comunicación en un UAS

Adaptado de: (Sanchez P. G., 2012)

- Enlaces Directos (punto a punto)

Conexión en Línea de Vista Directa (LOS) entre la Estación de Control Terrestre (GCS) y el UAV. En las estaciones de control terrestre se centra dicha arquitectura, por lo tanto, los UAVs necesitan estar en permanente comunicación con línea de vista directa (LOS).

Las obstrucciones de la naturaleza pueden bloquear la señal y debido a la distancia se requieren equipos de alta potencia, antenas directivas y ancho de banda que soporte altas tasas de datos.

- Enlaces Satelitales

Ofrecen mayor cobertura, no obstante, la topología continúa siendo centralizada. Por la distancia entre la GCS – Satélite - UAV se origina un retraso en la transferencia de información. En aplicaciones que implique el uso de gran cantidad de datos, se emplean antenas de gran tamaño, peso y alto costo.

- Enlaces Celulares

Cubre mayores áreas de interés por el uso de múltiples estaciones base y realizan handovers de acuerdo a las necesidades que se presenten durante el vuelo.

El uso de diversas estaciones base proporciona redundancia, reutilización del ancho de banda e infraestructura compartida con otro UAVS.

- Redes Malla

Un UAV puede realizar la función de nodo y/o repetidor y efectuar saltos entre nodos beneficiándose de los protocolos de enrutamiento para conservar la comunicación.

Las MANET son una muestra de estas redes pues los routers son auto configurables y proporcionan redundancia en la comunicación.

1.1.5. Beneficios y Aplicaciones del uso de UAVs

Salvar vidas

- Búsqueda de personas desaparecidas a causa de desastres naturales o desastres producidos por el hombre.
- Inspeccionar daños, localizar víctimas varadas o heridas y evaluar las amenazas actuales sin poner en riesgo la seguridad de los equipos de rescate.

Apoyo a la seguridad pública

- Búsqueda de niños o personas adultas mayores extraviados
- Proporcionar vigilancia y seguimiento a personas sospechosas
- Investigación de accidentes
- Control y análisis de grandes multitudes en eventos públicos como: conciertos, manifestaciones, maratones, etc.
- Control y monitoreo del tráfico vehicular.

Mantenimiento y gestión de infraestructuras

- Inspección de obras desde grandes alturas y evaluación de estructuras de forma remota (rascacielos, parte superior de un puente)
- Un UAVS no requiere el uso de andamios, grúas o arneses, reduciendo de esta manera costos y riesgos para el personal.

Gestión en áreas de agricultura

- Control y monitoreo de procesos agrícolas.
- Conteo y vigilancia de producción agrícola.

Geología

- Elaboración de mapas.
- Control y monitoreo de explotaciones mineras.
- Determinación y control de áreas de riesgo. (humedad, temperatura)

Medio Ambiente

- Prevención y control de incendios
- Seguimiento de accidentes, control de depósito y acopio de residuos industriales

1.1.6. Limitaciones del uso de UAVs

Alcance limitado

El rango de acción de un drone se verá limitado por su autonomía ya que al ser pequeños y tener capacidad de carga limitada no podrá contar con baterías de gran tamaño para aumentar su alcance.

Empleo individual:

Cada drone tendrá la capacidad de transportar carga con un peso determinado y específico para cada aeronave, a fin de que pueda mantener el vuelo mientras transporta la misma.

Técnicas

- El enlace vía satélite es vulnerable a posibles hackeos, poniendo en riesgo la integridad y privacidad de la información.
- El tiempo de respuesta entre el envío y recepción de órdenes bajo condiciones críticas pueden ser fatales.
- Influencia en el funcionamiento a causa de fenómenos naturales. (cambios climáticos)
- Limitación de vuelo por la fuente de alimentación que utilizan.

Legal Éticas

El empleo de drones en aplicaciones tales como transporte de carga se registrará bajo reglamentos o leyes establecidas por cada país, en cuanto al uso del espectro radioeléctrico y espacio aéreo se refiere.

Económicas

Mayor riesgo de accidentes que la aviación comercial llegando a un valor de 353 veces mayor.

1.2. Enlace de Comunicación

Se define como un conjunto de dispositivos e interfaces que enlazan dos o más equipos que desean comunicarse entre un emisor y un receptor, dichos dispositivos pueden conectarse a través de medios físicos o inalámbricos. La

información que se transmite por este enlace es de vital importancia para los fines a los cuales esté destinado el UAV, la señal debe llegar a su destino de forma nítida y únicamente a los destinatarios adecuados, por ello existen elementos importantes que se consideran en la figura 5 para obtener un enlace seguro y de calidad.

Cada elemento dispone de funciones específicas con parámetros técnicos que aportan con procesos importantes para el tratamiento de la señal en un medio de transmisión.

Diagrama de Bloques de un Sistema de Comunicación

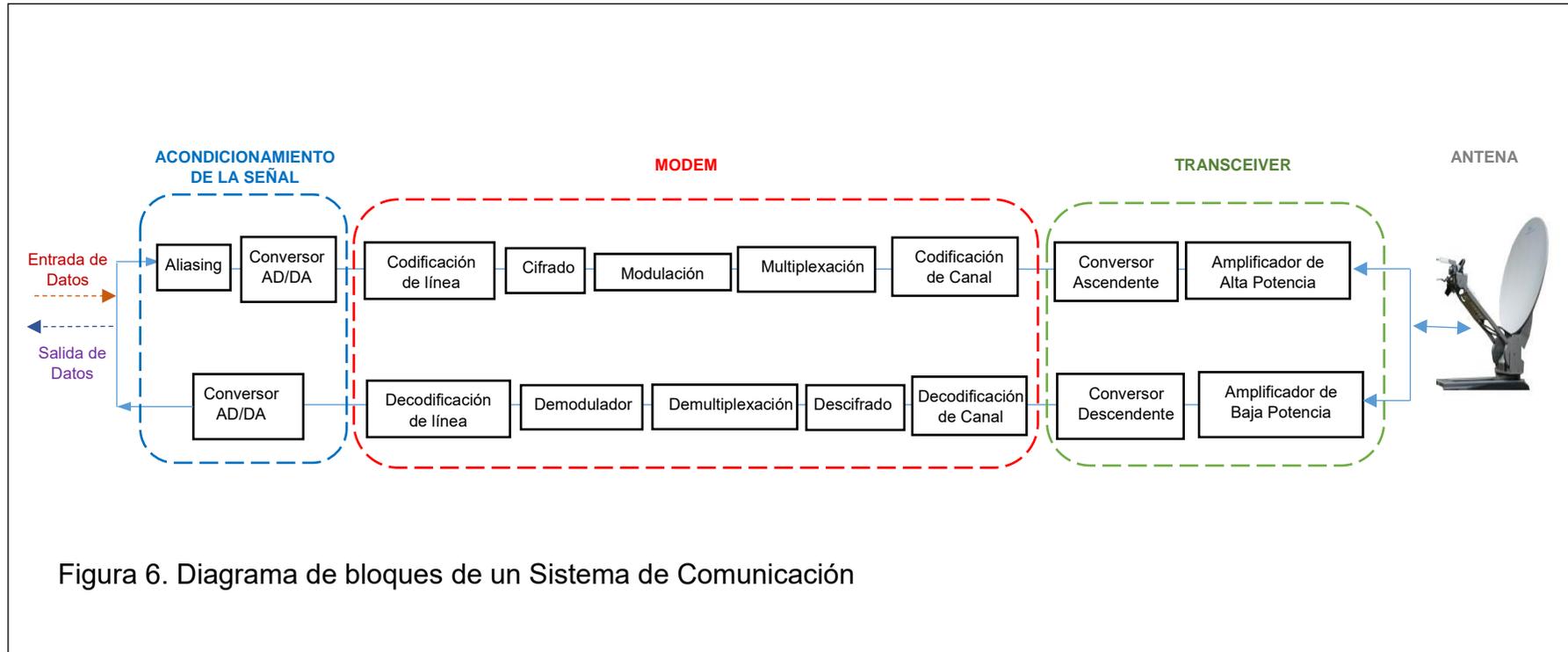


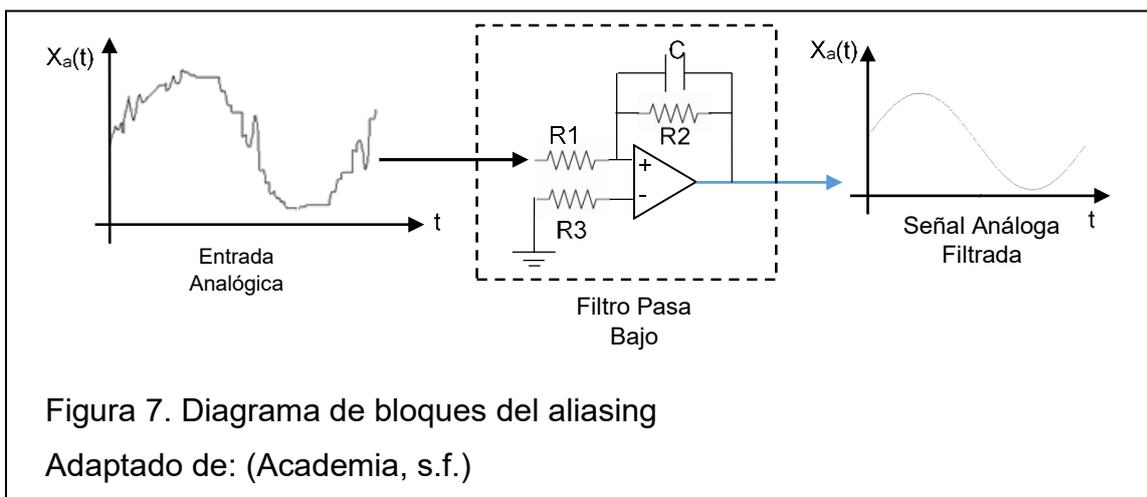
Figura 6. Diagrama de bloques de un Sistema de Comunicación

1.2.1. Procesamiento de una señal

A continuación, se detalla todos los elementos que intervienen en la transmisión de las señales tanto analógicas como digitales en un enlace de comunicación.

1.2.1.1. Aliasing

Ocurre cuando el teorema de Nyquist-Shannon no se cumple y garantiza que el proceso de muestreo verifique este criterio. Para esto se utiliza un filtro paso bajo denominado filtro antialiasing con el fin de garantizar la inexistencia de componentes de señal con una frecuencia mayor a la mitad de la frecuencia de muestreo, es decir, que la señal es de banda limitada. Además, dicho filtro debe ser incorporado en cualquier sistema que efectúe la digitalización de señales para garantizar lo descrito anteriormente.



1.2.1.2. Conversores

Dispositivos que transforman una señal de entrada analógica de voltaje a datos binarios y viceversa. Existen dos tipos de conversores detallados a continuación.

1.2.1.2.1. Conversores Analógico –Digital (ADC)

Recibe una señal continua a la entrada para ser tratada y presentarla a la salida en forma de código capaz de ser interpretada por un dispositivo digital (microprocesador, procesador digital de señal, ordenador).

➤ Pasos del proceso de Conversión Analógica –Digital

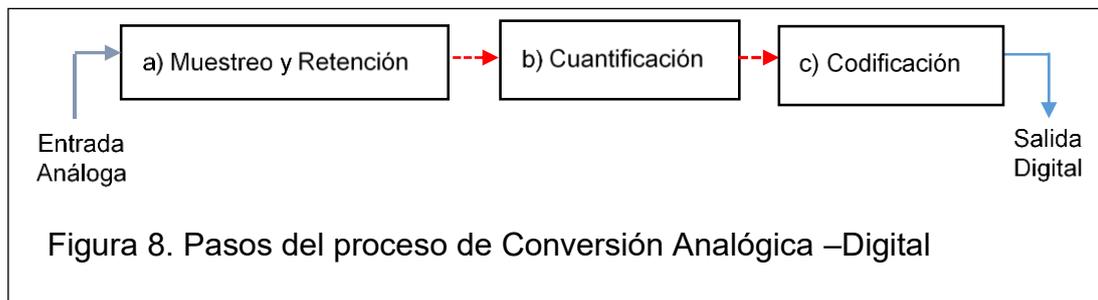


Figura 8. Pasos del proceso de Conversión Analógica –Digital

a) Muestreo (Teorema de Nyquist-Shannon) y Retención

Multiplica la señal de entrada por un tren de impulsos de frecuencia “ f_s ” llamada frecuencia de muestreo, dicha frecuencia según el teorema de Nyquist será el doble de la frecuencia máxima de la señal de entrada para que la señal original sea recuperada, esto es:

$$f_s \geq 2 \cdot BW$$

Por lo tanto, la señal de entrada estará limitada por un filtro paso bajo (aliasing) antes del muestreo. Las muestras tomadas son retenidas por un circuito que permite evaluar su nivel (cuantificación) en un instante de tiempo determinado hasta que ocurra la siguiente muestra.

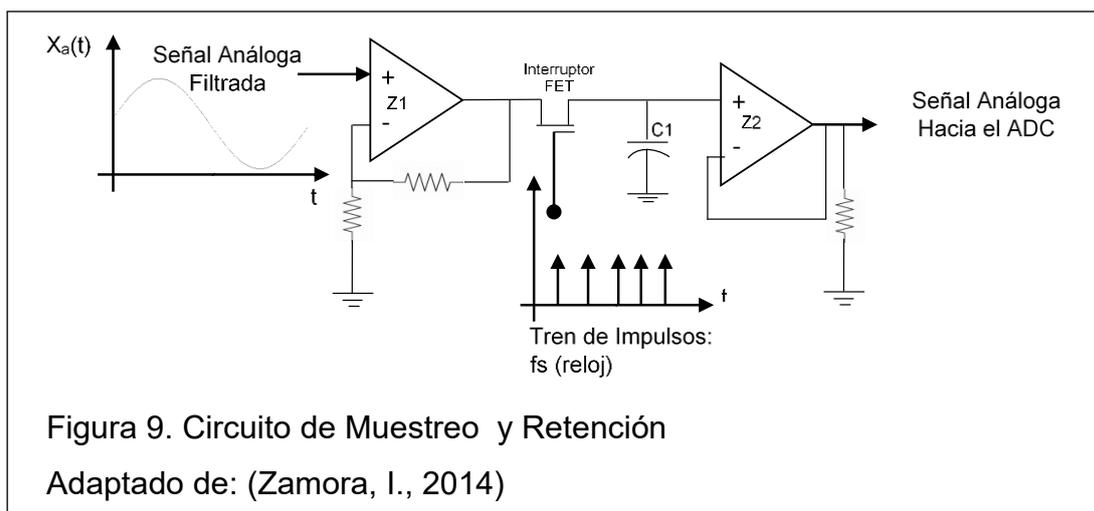


Figura 9. Circuito de Muestreo y Retención

Adaptado de: (Zamora, I., 2014)

Para el muestreo opera un típico amplificador operacional con entrada de alta impedancia (Z_1) y uno de baja impedancia de salida (Z_2), un interruptor (Q_1)

para la retención se emplea un condensador (C1) que mantiene la tensión de la muestra.

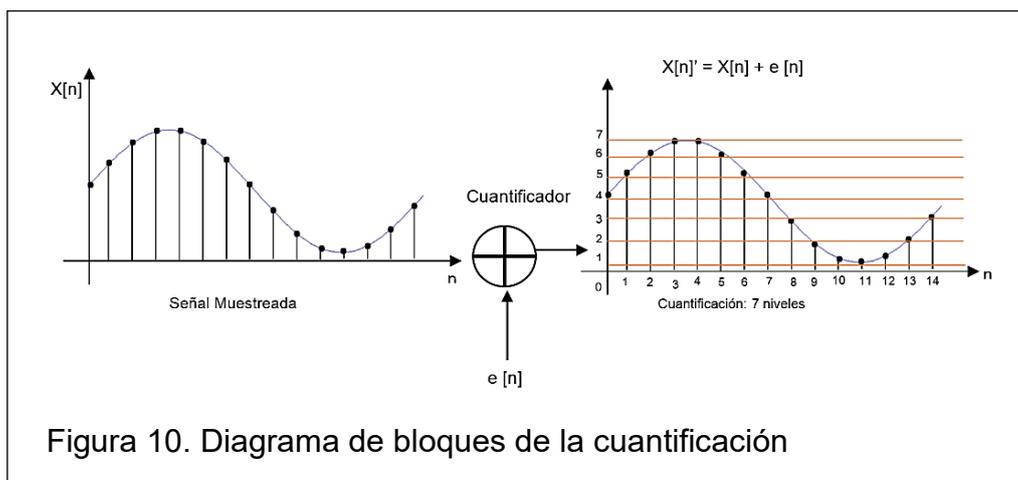
La impedancia del seguidor de voltaje Z1 debe ser lo más pequeño posible para que el tiempo de carga y descarga de C1 sea rápido durante el corto tiempo de adquisición de la muestra, mientras que, la impedancia del seguidor de voltaje Z2 debe ser de mayor valor pues Z1 y Z2 asilan el circuito de muestreo y retención.

El interruptor (Q1) cerrado (1) actúa en modo muestreo y abierto (0) actúa en modo retención.

Adaptado de: (Tonia, 2005, pág. 20)

b) Cuantificación

Mide el nivel de voltaje de cada muestra y se precisa un número determinado de valores pues mientras mayor sea el número de valores posibles la señal será más parecida a la señal muestreada antes y después de la cuantificación.



Este proceso añade una señal indeseada denominada ruido de cuantificación que es el residuo entre la señal cuantificada y la señal original, este ruido disminuye a mayor número de niveles de cuantificación.

Para poder codificar la muestra es necesario determinar el número de bits, para esto empleamos la siguiente fórmula:

$$N_E = \log_2 (E)$$

Donde,

N_E = Número de bits por muestra

E = niveles de cuantificación

c) Codificación de fuente

Convierte los valores adquiridos en el proceso de cuantificación a código binario, además, se persigue crear un código que represente un símbolo cuya longitud sea de menor tamaño posible.

Los códigos de menor longitud son usados para la transmisión de mayor frecuencia mientras que para los de menos frecuencia se asigna códigos de mayor longitud. Por otro lado, la información puede ser comprimida evitando generar gran cantidad de errores.

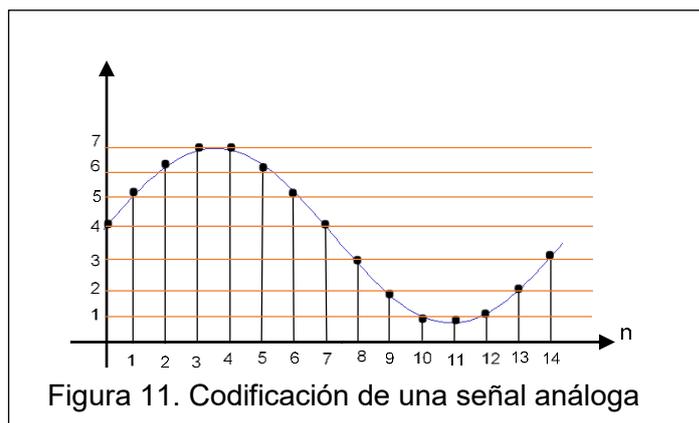


Tabla 2. Valores de codificación

Valores de la Señal Cuantificada	Conversión a Código Binario
1	001
2	010
3	011
4	100
5	101
6	110
7	111

Algunos tipos de codificación de fuente son:

Código binario natural

Este sistema emplea dos símbolos para representar cantidades numéricas (1s y 0s) cuya representación decimal se halla por el Teorema Fundamental de la Numeración como sumas de potencias de 2. Además, se cumple que con una cadena de n bits se pueden representar 2^n combinaciones.

Tabla 3. Código Binario Natural

2^n	2^3	2^2	2^1	2^0	Decimal
	0	0	0	1	1
	0	0	1	0	2
	0	0	1	1	3

Tomado de: (WordPress, s.f.)

Código binario Gray

Es un código binario especial que no es ponderado (los dígitos no poseen un peso asignado). Se caracteriza porque entre una combinación de dígitos y la siguiente, sea ésta anterior o posterior, existe la diferencia de un dígito.

Es denominado también Código Progresivo cuya progresión sucede también entre la última y la primera combinación, por tanto, es llamado también código cíclico.

Tabla 4. Código GRAY

Decimal	Binario	GRAY
0	0000	0000
1	0001	0001
2	0010	0011
3	0011	0010
...N		

Tomado de: (Unicrom, s.f.)

Código Morse

Se basa en el envío y recepción de mensajes por medio de rayos de luz o sonidos y un alfabeto alfanumérico compuestos por puntos y rayas “dit” y “dat” respectivamente.

Para marcar el inicio y el final de cada carácter se inserta una pausa y una pausa más larga para cada palabra.

(Herrera Perez, 1995), pág. 62

a	●-	n	-●	á	●--●-	8	---●●
b	-●●●	o	---	ä	●-●-	9	----●
c	-●-●	p	●--●	é	●●-●●	0	-----
d	-●●	q	--●-	ñ	--●--	,	--●●--
e	●	r	●-●	ö	---●	.	●-●-●-
f	●●-●	s	●●●	ü	●●--	?	●●--●●
g	--●	t	-	1	●-----	;	-●-●-●
h	●●●●	u	●●-	2	●●---	:	---●●●
i	●●	v	●●●-	3	●●●--	'	●-----
j	●---	w	●--	4	●●●●-	-	-●●●●-
k	-●-	x	-●●-	5	●●●●●	/	-●●-●
l	●-●●	y	-●--	6	-●●●●	(-●-●-
m	--	z	--●●	7	--●●●)	-●-●-

Figura 12. Código Morse Internacional
Tomado de: (Flaverlei, s.f.)

Código BAUDOT

Conocido como alfabeto internacional IA2, se usó inicialmente en comunicaciones telegráficas y radioeléctricas. Pueden representar hasta 32 caracteres, contiene el abecedario completo de mayúsculas (A hasta la Z), cifras del 0 al 9, signos de puntuación y caracteres especiales.

Binario	Hexadecimal	LTRS	FIGS	Binario	Hexadecimal	LTRS	FIGS
11	3	A	-	10111	17	Q	1
11001	19	B	?	1010	0A	R	4
1110	0E	C	:	101	5	S	'
1001	9	D	\$	10000	10	T	5
1	1	E	3	111	7	U	7
1101	0D	F	!	11110	1E	V	;
11010	1A	G	&	10011	13	W	2
10100	14	H	#	11101	1D	X	/
110	6	I	8	10101	15	Y	6
1011	0B	J	BELL	10001	11	Z	"
1111	0F	K	(	1000	8	CR	CR
10010	12	L	)	10	2	LF	LF
11100	1C	M	.	100	4	SP	SP
1100	0C	N	,	11111	1F	LTRS	LTRS
11000	18	O	9	11011	1B	FIGS	FIGS
10110	16	P	0	0	0	[..unused..]	[..unused..]

Figura 13. Código BAUDOT
Tomado de: (Informatica, s.f.)

Código ACSII

Llamado también Alfabeto Internacional 5 (IA5) compuesto por 7 bits donde se pueden representar 128 (2^7) caracteres de computadora.

El rango de este código comprende caracteres alfanuméricos y numéricos, caracteres de control nuevos para el manejo de datos dentro y fuera de las computadoras.

Caracteres ASCII de control			Caracteres ASCII imprimibles			ASCII extendido (Página de código 437)										
00	NULL	(carácter nulo)	32	espacio	64	@	96	.	128	Ç	160	à	192	L	224	Ó
01	SOH	(inicio encabezado)	33	!	65	A	97	a	129	ú	161	í	193	ł	225	ô
02	STX	(inicio texto)	34	"	66	B	98	b	130	é	162	ó	194	ŧ	226	ö
03	ETX	(fin de texto)	35	#	67	C	99	c	131	â	163	ü	195	ı	227	õ
04	EOT	(fin transmisión)	36	\$	68	D	100	d	132	ã	164	ñ	196	—	228	ö
05	ENQ	(consulta)	37	%	69	E	101	e	133	ä	165	ñ	197	±	229	ó
06	ACK	(reconocimiento)	38	&	70	F	102	f	134	å	166	ª	198	ä	230	µ
07	BEL	(timbre)	39	'	71	G	103	g	135	ç	167	ª	199	Å	231	þ
08	BS	(retroceso)	40	(	72	H	104	h	136	ê	168	z	200	Ł	232	ð
09	HT	(tab horizontal)	41	)	73	I	105	i	137	ë	169	ø	201	ŕ	233	ú
10	LF	(nueva línea)	42	*	74	J	106	j	138	è	170	ˆ	202	±	234	Û
11	VT	(tab vertical)	43	+	75	K	107	k	139	í	171	¼	203	⊖	235	Ü
12	FF	(nueva página)	44	,	76	L	108	l	140	î	172	½	204	⊗	236	Ý
13	CR	(retorno de carro)	45	-	77	M	109	m	141	ï	173	¾	205	⊘	237	Ÿ
14	SO	(desplaza afuera)	46	.	78	N	110	n	142	Ā	174	•	206	⊙	238	—
15	SI	(desplaza adentro)	47	/	79	O	111	o	143	Ā	175	•	207	⊚	239	.
16	DLE	(esc. vínculo datos)	48	0	80	P	112	p	144	Ē	176	◌	208	⊛	240	▯
17	DC1	(control disp. 1)	49	1	81	Q	113	q	145	œ	177	◌	209	⊜	241	±
18	DC2	(control disp. 2)	50	2	82	R	114	r	146	Æ	178	◌	210	⊝	242	—
19	DC3	(control disp. 3)	51	3	83	S	115	s	147	ø	179	|	211	⊞	243	¼
20	DC4	(control disp. 4)	52	4	84	T	116	t	148	ø	180	ı	212	⊟	244	½
21	NAK	(conf. negativa)	53	5	85	U	117	u	149	ó	181	Ā	213	ı	245	¾
22	SYN	(nactividad sínc)	54	6	86	V	118	v	150	ü	182	Ā	214	ı	246	◌
23	ETB	(fin bloque trans)	55	7	87	W	119	w	151	û	183	Ā	215	ı	247	◌
24	CAN	(cancelar)	56	8	88	X	120	x	152	ÿ	184	⊙	216	ı	248	◌
25	EM	(fin del medio)	57	9	89	Y	121	y	153	Œ	185	ı	217	ı	249	◌
26	SUB	(sustitución)	58	:	90	Z	122	z	154	U	186	ı	218	ı	250	◌
27	ESC	(escape)	59	;	91	[	123	{	155	ø	187	ı	219	ı	251	◌
28	FS	(sep. archivos)	60	<	92	\	124	|	156	€	188	ı	220	ı	252	◌
29	GS	(sep. grupos)	61	=	93	]	125	}	157	Ø	189	€	221	ı	253	◌
30	RS	(sep. registros)	62	>	94	^	126	~	158	•	190	¥	222	ı	254	◌
31	US	(sep. unidades)	63	?	95	_			159	f	191	ı	223	ı	255	nbsp
128	Ç		129	ú		130	é		131	â		132	ã		133	ä
134	å		135	ç		136	ê		137	ë		138	è		139	í
140	î		141	ï		142	Ā		143	Ā		144	Ē		145	œ
146	Æ		147	ø		148	ø		149	ó		150	ü		151	û
152	ÿ		153	Œ		154	U		155	ø		156	€		157	Ø
158	•		159	f												

Figura 14. Código ACSII

Tomado de: (Informaticaencaude, s.f.)

- Parámetros principales de un ADC
- Resolución: la menor variación que puede ocurrir en la salida como resultado del cambio en la entrada digital y está dado por:

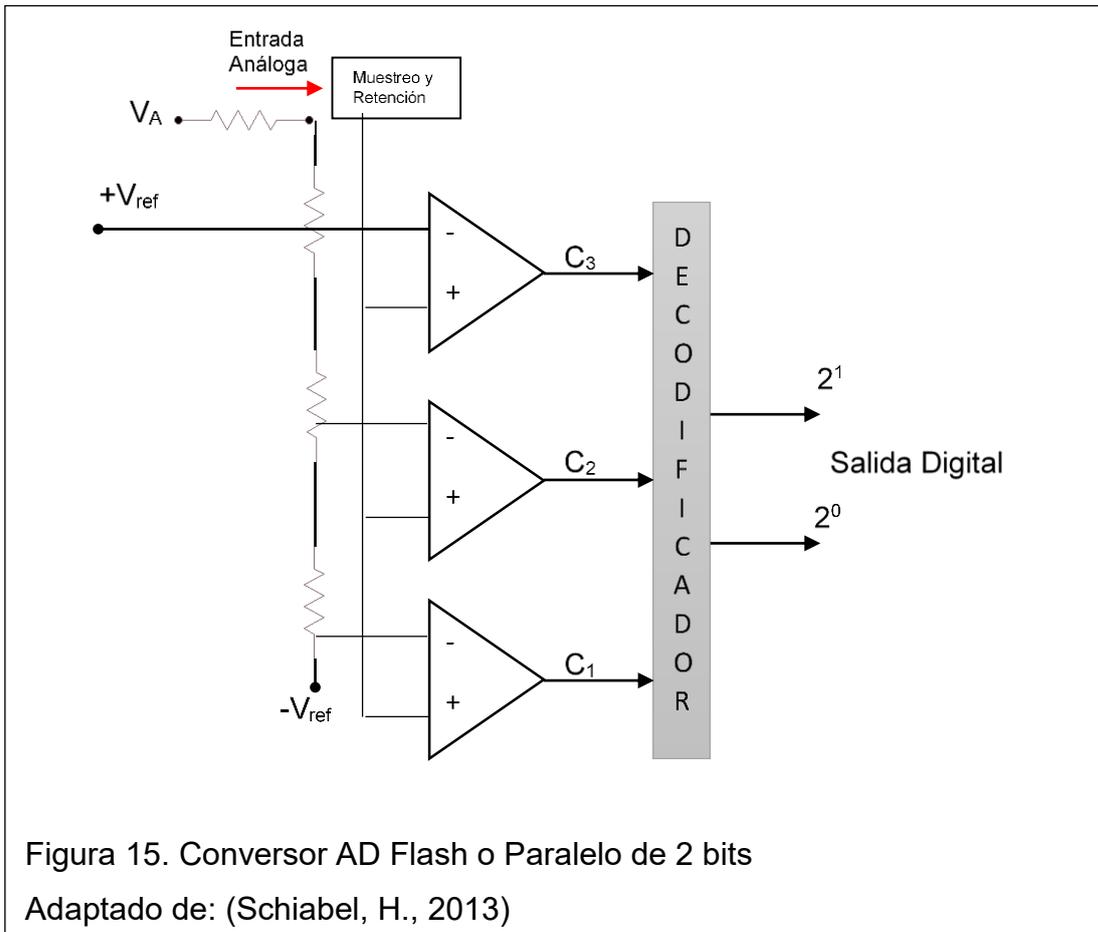
$$\text{Resolución} = \frac{2^N - 1}{V_{ref}}$$

- Tiempo de conversión: es el intervalo de tiempo entre el fin del pulso de inicio de conversión y el cambio de flanco del pin de fin de la conversión está dado en nanosegundos.
- Error de cuantificación: puede producirse en el proceso de contero, este error depende de la resolución del ADC y es de 1LSB.

(Castañeda, 2015), pág. 43

- Tipos de Conversores Analógico-Digital

Flash o Paralelo de 2 bits

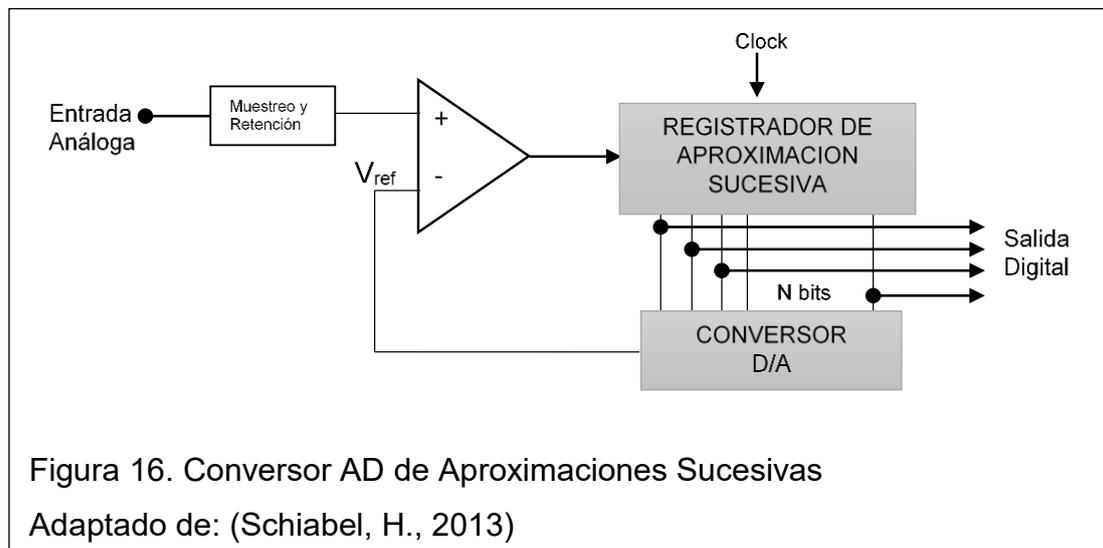


Consta de N comparadores a los cuales ingresan dos señales de manera simultánea; la señal analógica muestreada (V_a) y un voltaje de referencia distinta para cada comparador obtenida de una misma tensión de referencia V_{ref} mediante una red de resistencias conectadas en serie dando como resultado N comparaciones simultáneas entre la tensión de entrada y las obtenidas desde V_{ref} . Por último, las salidas de los comparadores se conectan a un decodificador obteniendo información en código binario.

Es un convertidor de mayor velocidad disponible el inconveniente es el costo pues utiliza gran cantidad de comparadores indispensables para disminuir la resolución.

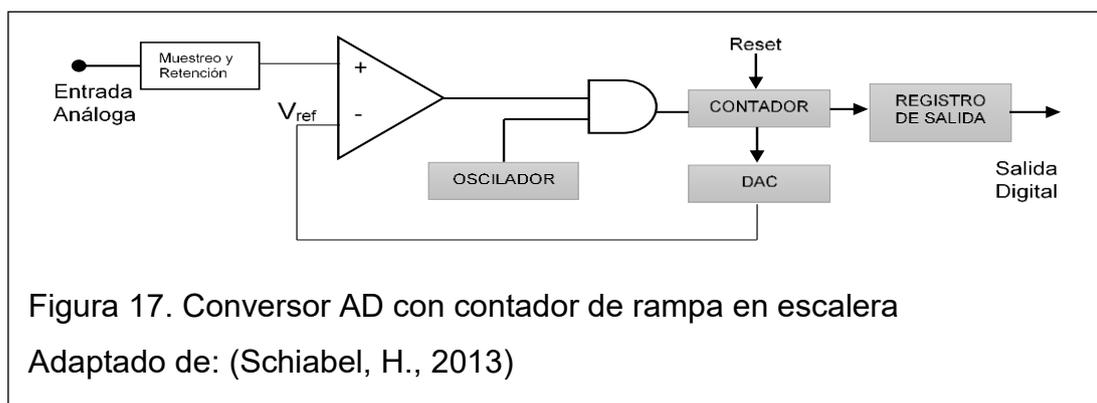
Estos convertidores se emplean para digitalizar señales de audio y video.

Aproximaciones Sucesivas



- El tiempo de conversión es pequeño alrededor de 10μ a 20μ .
- El inconveniente es que la precisión depende de los componentes internos del ADC.
- Es empleado en adquisición de señales para procesamiento.

Contador de rampa en escalera



- Ventajas y Desventajas de un ADC

Tabla 5. Ventajas y Desventajas de la Conversión AD

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> . No introduce ruidos en la transmisión . Procesamiento fácil y rápido . Almacena gran cantidad de información . Detección y corrección de errores. . Alta calidad . Compresión . Facilita la edición de voz y video. . Sin interferencia en transmisiones inalámbricas. 	<ul style="list-style-type: none"> . Mayor ancho de banda para la transmisión . La sincronización (reloj) entre el transmisor y receptor deben ser precisos . Las transmisiones de señales digitales no son compatibles con la infraestructura de transmisiones analógicas.

Adaptado de: (Asifunciona, s.f.)

1.2.1.2.2. Conversor Digital –Analógico (DAC)

Este dispositivo recibe la información digital de n-bits y posteriormente es transformada en una señal analógica.

En el diagrama del DAC el V_{ref} está conectado a una red de resistencias, los interruptores (unos por cada bit) del circuito digital de control son accionados por un código en la entrada digital y convertidos de I_o a V_o pues la salida análoga se da en forma de corriente.

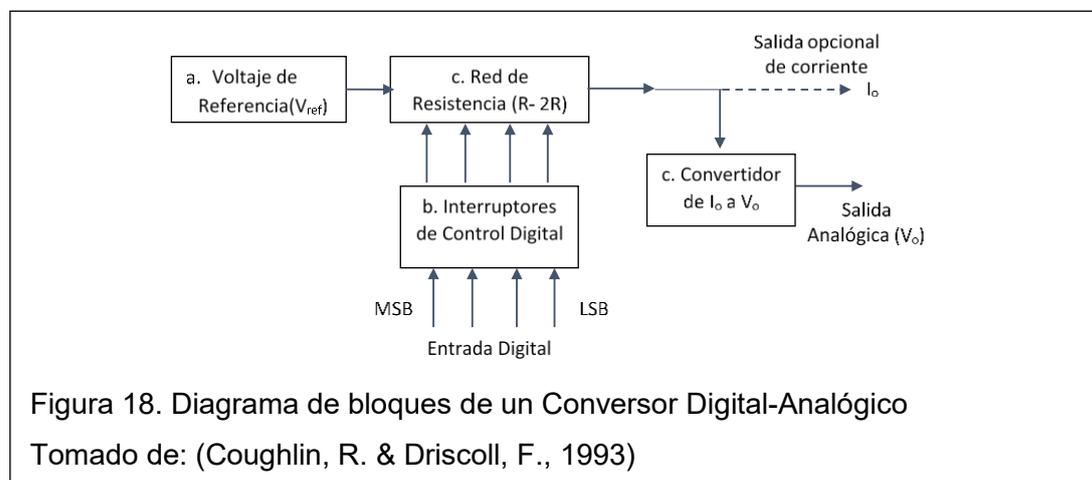


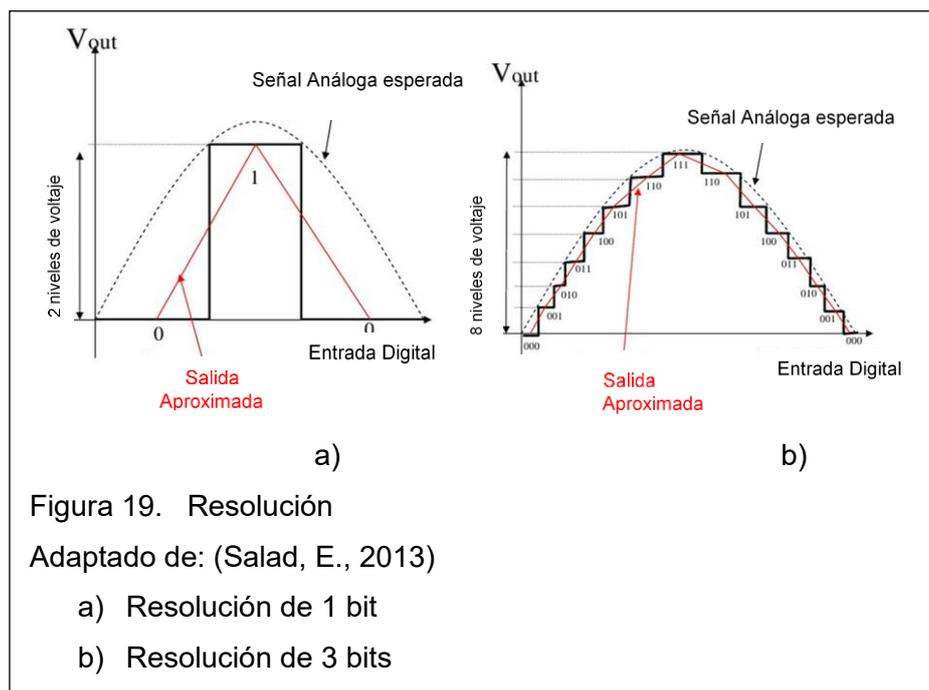
Figura 18. Diagrama de bloques de un Conversor Digital-Analógico

Tomado de: (Coughlin, R. & Driscoll, F., 1993)

- Parámetros de un DAC

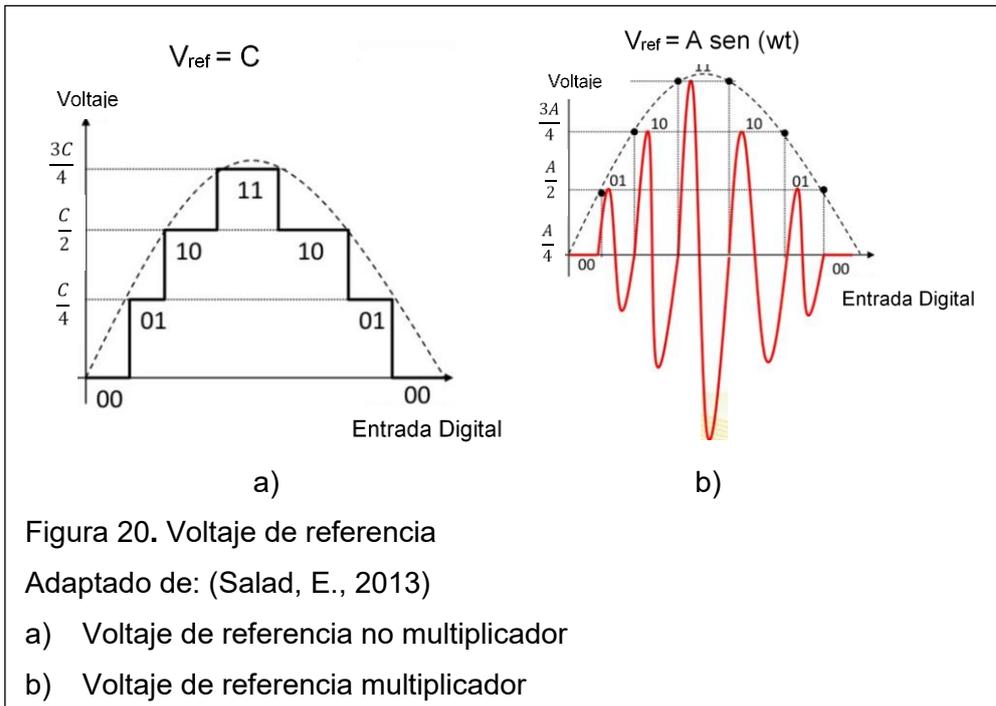
Resolución: es la cantidad de variación en la tensión de salida para cada cambio de un bit menos significativo (LSB) en la entrada digital. Un DAC tiene comúnmente una resolución de 8-12 bits.

$$\text{Resolución} = V_{\text{LSB}} = \frac{V_{\text{ref}}}{2^N - 1} \quad (\text{Ecuación 1})$$

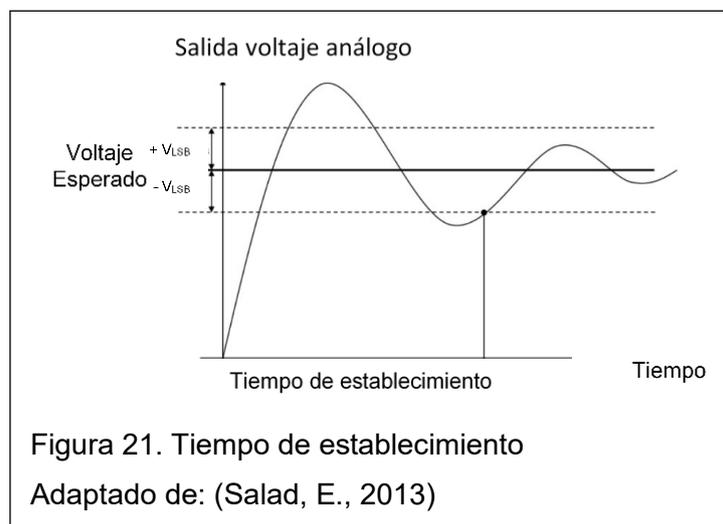


Voltaje de referencia: Una tensión específica utilizada para determinar cómo cada entrada digital se le asignará a cada división de voltaje.

El V_{ref} puede ser de dos tipos: No multiplicador (interno, fijo, especificado por el fabricante) y multiplicador (externa, variable, especificado por el usuario)

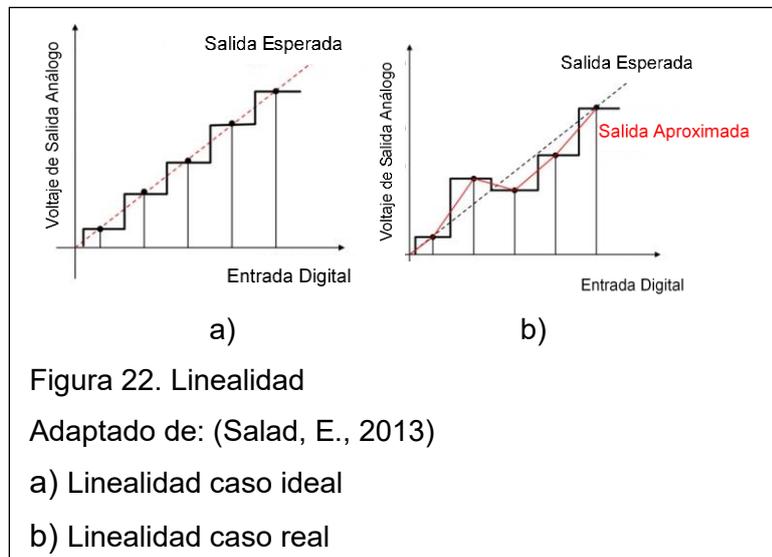


Tiempo de establecimiento: el tiempo requerido para que la señal de voltaje de entrada resuelva la salida de voltaje esperado (dentro de $\pm V_{LSB}$). Cualquier cambio en el estado de la entrada con respecto a la salida no será inmediato hay un lapso de tiempo dentro los dos eventos.



Linealidad: es la diferencia entre la salida analógica deseada y la salida real en todo el rango de valores esperados. Lo ideal es que un DAC produzca

una relación lineal entre una entrada digital y la salida analógica pero no siempre ocurre.

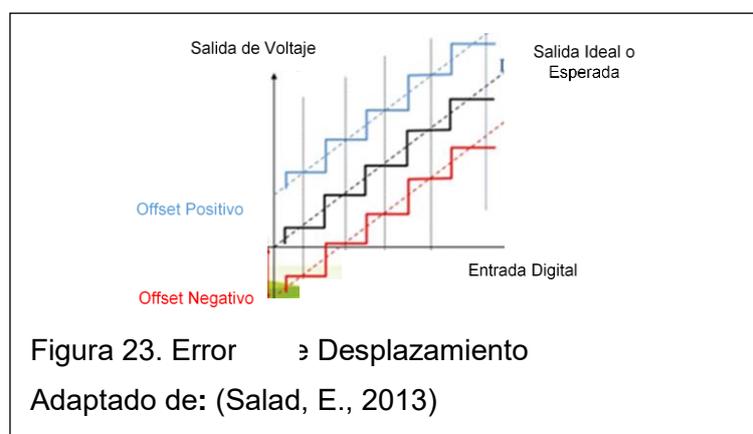


Velocidad: es la velocidad de conversión de una entrada digital a su equivalente analógico.

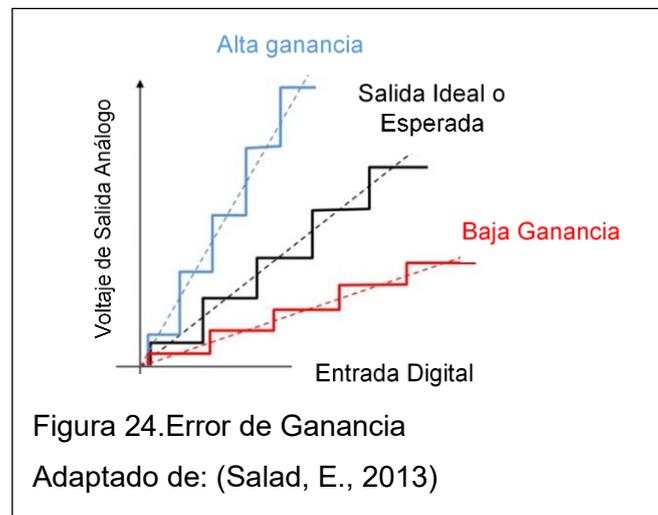
La tasa de conversión depende de la velocidad del reloj de la señal de entrada y el tiempo de establecimiento del convertidor.

- Errores de conversión de un DAC

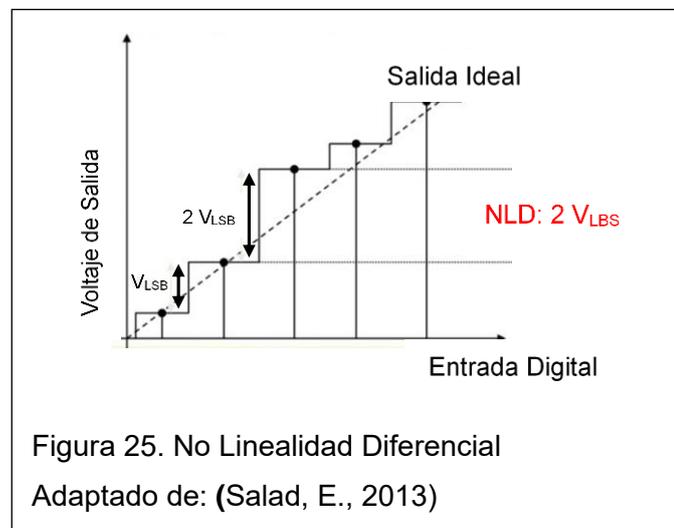
Errores de desplazamiento (offset): diferencia de tensión constante entre la salida del DAC ideal y real. La intersección del eje de tensión de la curva de salida DAC es diferente que el ideal.



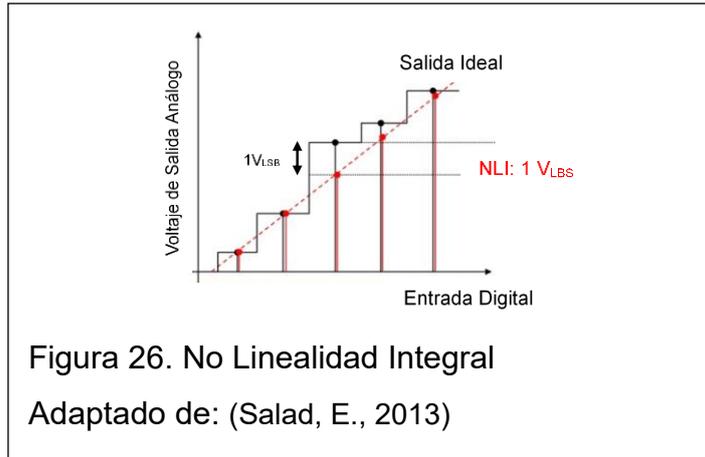
Error de ganancia: diferencia en la pendiente de la curva ideal y la salida real del DAC. Puede ser alta o baja, con respecto a la pendiente real.



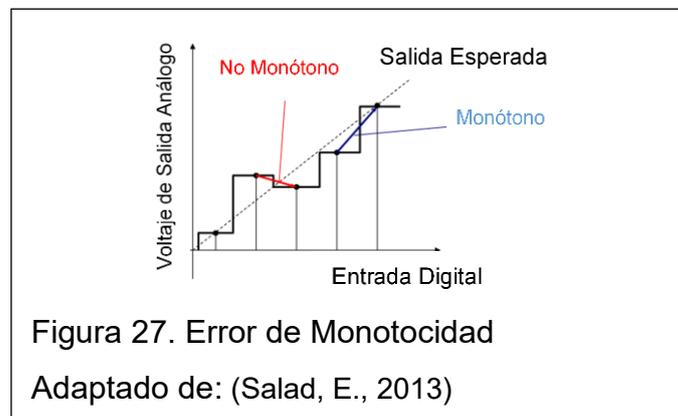
Error de no linealidad Diferencial: diferencia en el tamaño del escalón de tensión de la salida del DAC anterior (lo ideal es $DLN's = 1V_{LSB}$)



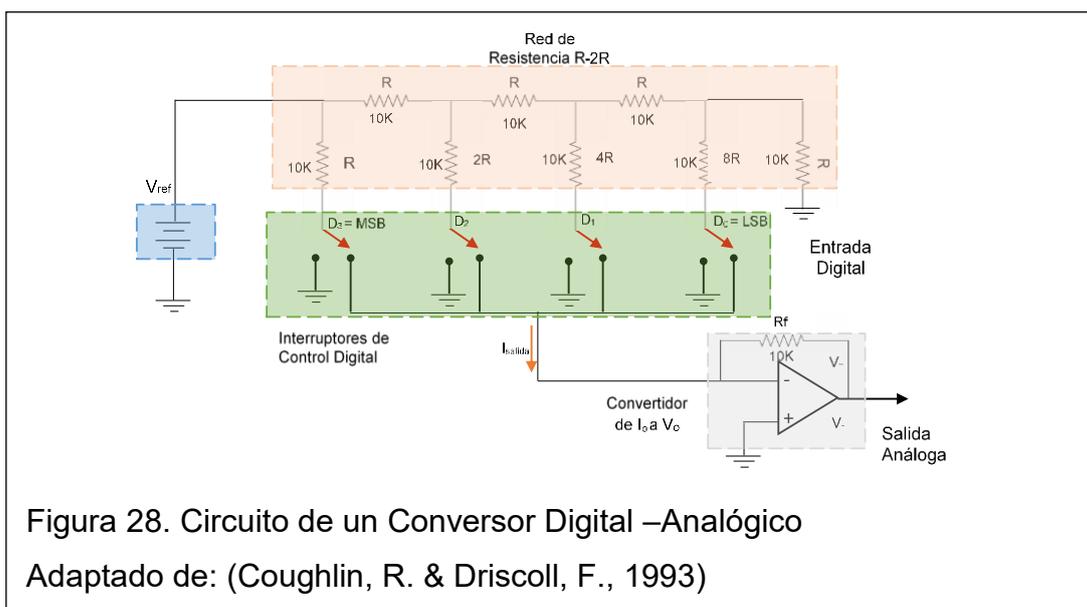
Error no linealidad Integral: desviación de la salida del DAC real de la ideal. (Lo ideal es $NLI's = 0$).



Error de Monotonicidad: una disminución de la tensión de salida con un aumento en la entrada digital.



- Circuito de un convertidor Digital -Analógico



- a) Voltaje de Referencia(V_{ref})
- b) Interruptores de Control Digital: dirige la corriente de escalera hacia tierra real o hacia tierra virtual, posición 0 y 1 respectivamente.
- c) Red de Resistencia (R-2R): La red de escalera R-2R que ilustra la figura 10 es de 4 bits, y es en este circuito donde se da la conversión real de digital a analógico.
- d) Convertidor de I_o a V_o : El amplificador operacional y la resistencia de retroalimentación convierten la corriente de salida I_{salida} de la red de resistencia en un voltaje R_f .

El V_o o la salida analógica está dado por:

$$V_o = \frac{V_{ref} R_f}{R} \left(\frac{D_0}{8} + \frac{D_1}{4} + \frac{D_2}{2} + D_3 \right) \text{ o } V_o = - I_{salida} * R_f \quad (\text{Ecuación 2})$$

1.2.1.3. Codificadores de Línea

Para optimizar y facilitar la transmisión de la señal ésta debe ser codificada, para este propósito existe dos sistemas de codificación:

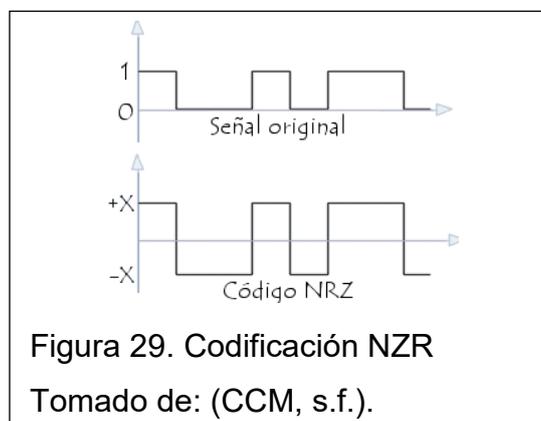
- Dos niveles.- toma un valor de negativo (-x) o positivo (+x).
- Tres niveles.- toma valores positivos (+x), negativos (-x) o nulos (0).

1.2.1.3.1. Técnicas de codificación

- Codificación Sin Retorno a Cero (NZR)

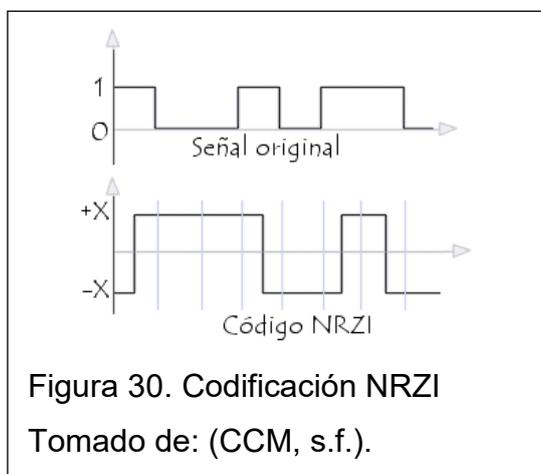
Consiste en transformar un 0 en $-X$ y un 1 en $+X$, donde la señal nunca es nula.

Con esto el receptor establece si existen datos.



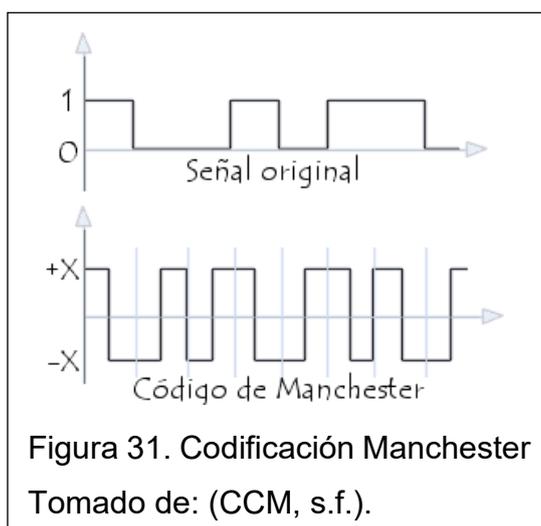
- Codificación NRZI

En esta codificación si el bit es 1 la señal cambia de estado posterior a la orden del reloj y si el bit es 0 la señal no cambia de estado.



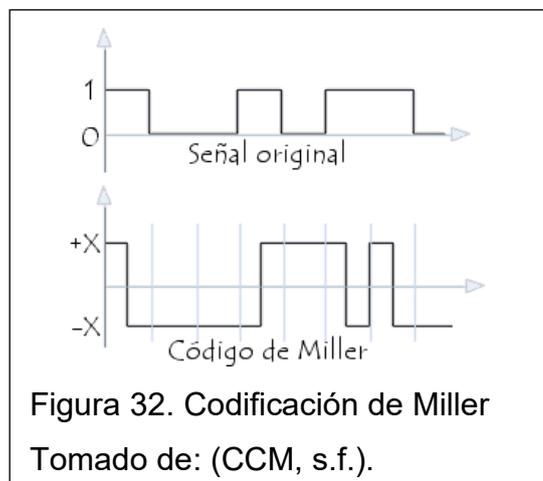
- Codificación Manchester

Denominada codificación de dos fases, introduce una transición en medio de cada intervalo, es decir, se convierte en un límite ascendente cuando el bit es 0 y en un límite descendente cuando el bit es 1.



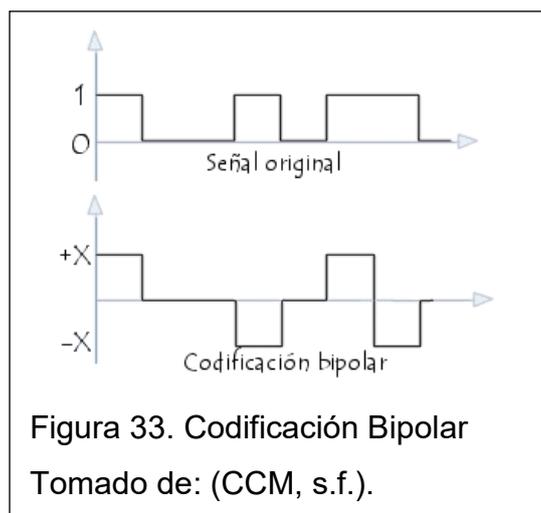
- Codificación retrasada (de Miller)

Ocurre una transición en el medio de un intervalo sólo cuando el bit es 1, alternando uno ascendente y otro descendente lo que permite mayores índices de datos.



- Codificación Bipolar

Este código usa tres niveles; 0 cuando el bit es 0 y alternadamente X o $-X$ cuando el bit es 1.



1.2.1.4. Seguridad de los datos

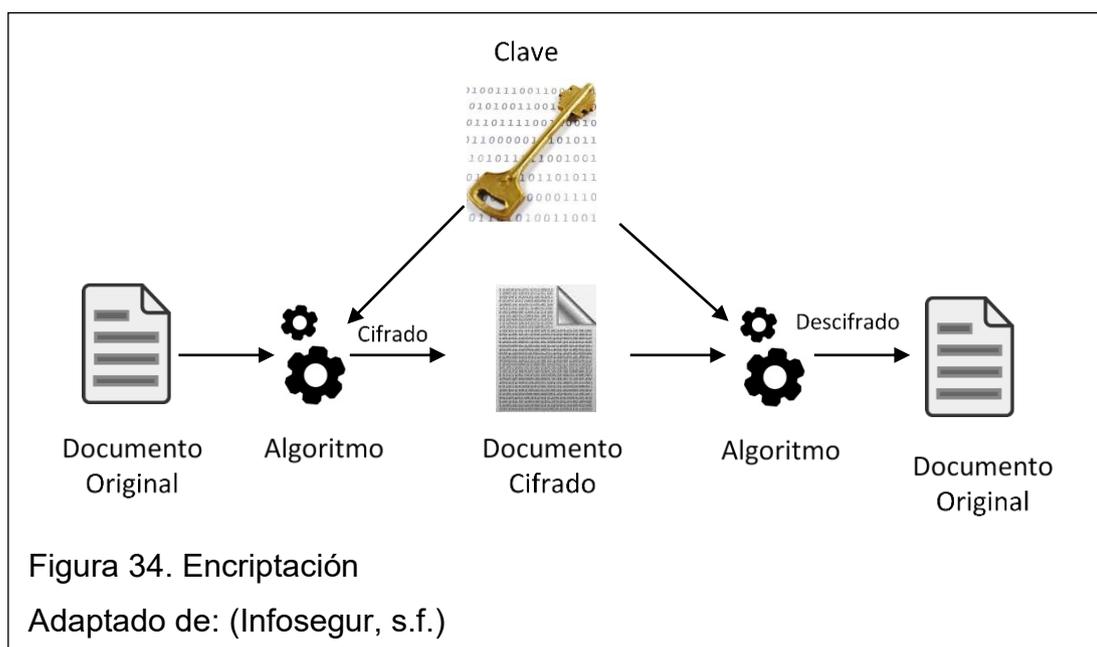
La finalidad es proteger la información o datos que deseamos enviar o recibir para que no sean manipulados, divulgados o destruidos por personas no autorizadas, además consiste en implantar técnicas que mantienen la seguridad, disponibilidad e integridad de los datos.

A continuación se detalla cómo deben ser protegidos los datos para estar libres de peligro, daño o riesgo.

1.2.1.4.1. Cifrado de datos

(Pousa, 2011)

Considerado como un método de protección fiable se basa en cifrar (encriptar) y descifrar (desencriptar) información mediante el uso de técnicas que faciliten el intercambio de mensajes en forma segura y que sean leídos solo por personas autorizadas.



Existen dos tipos de cifrado

1) Sistemas de cifrado Simétrico

- . Llamado también sistema de clave secreta o privada, se caracterizan porque la encriptación y desencriptación de datos se ejecutan bajo la misma llave.
- . Algunos algoritmos que podemos encontrar son: Encriptación de Datos Estándar (DES), Encriptación de Datos Estándar Triple (3DES), RC5, Algoritmo de Encriptación de Datos Internacional (IDEA), Encriptación Estándar Avanzad (AES) siendo éste el más usado en la actualidad.

- Modos de Operación de Cifrado Simétrico

Cifrado en bloques

La información es dividida en bloques de longitud fija (8, 16 bytes) posteriormente se usa un algoritmo de cifrado a cada bloque empleando una llave secreta.

Los modos de operación dependen de la combinación entre la llave secreta y la información.

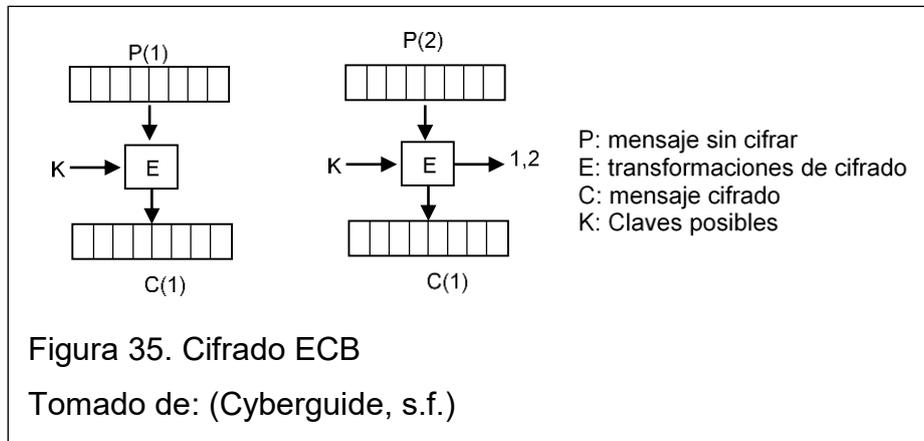
Modos de Operación Cifrado en Bloques

- Libro de Código Electrónico (ECB)

El texto es dividido en bloques y cifrados de forma independiente usando la clave. El inconveniente es que pueden dejar ver patrones en los datos.

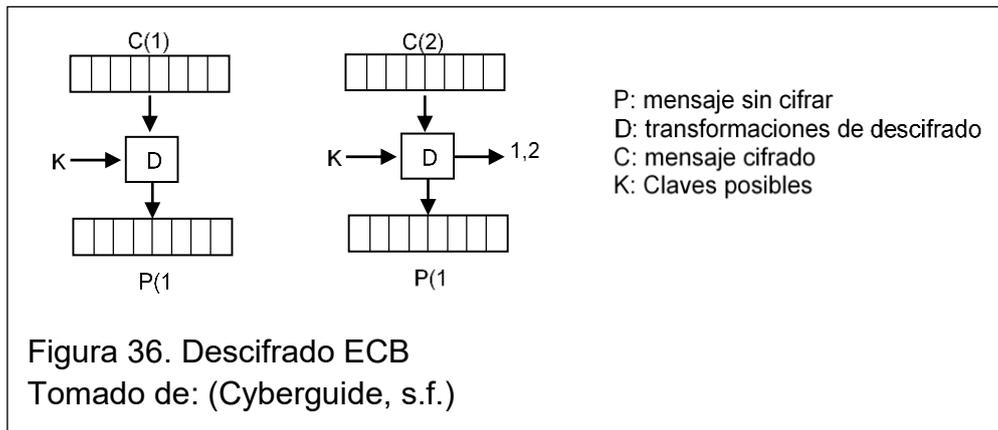
El modo de operación de cifrado está dado por:

$$C_j = E(K, P) \quad j = 1 \dots N \quad (\text{Ecuación 3})$$



El modo de operación de descifrado está dado por:

$$P = D(K, C_j) \quad j = 1 \dots N \quad (\text{Ecuación 4})$$



- Cifrado Encaminamiento de Bloque (CBC)

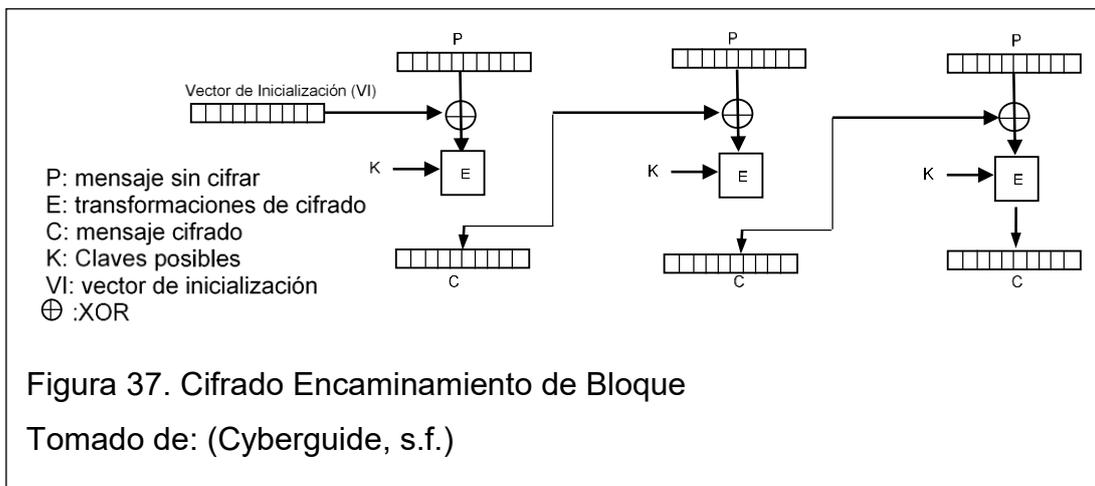
Divide el texto en bloques, luego cada bloque se combina con la cifra del bloque previo, posteriormente es encriptado con la llave.

El modo de operación de cifrado está dado por:

$$C1 = E(K, [P1 \oplus IV])$$

$$Cj = E(K, [Pj \oplus Cj-1]) \quad j=2 \dots N$$

(Ecuación 5)

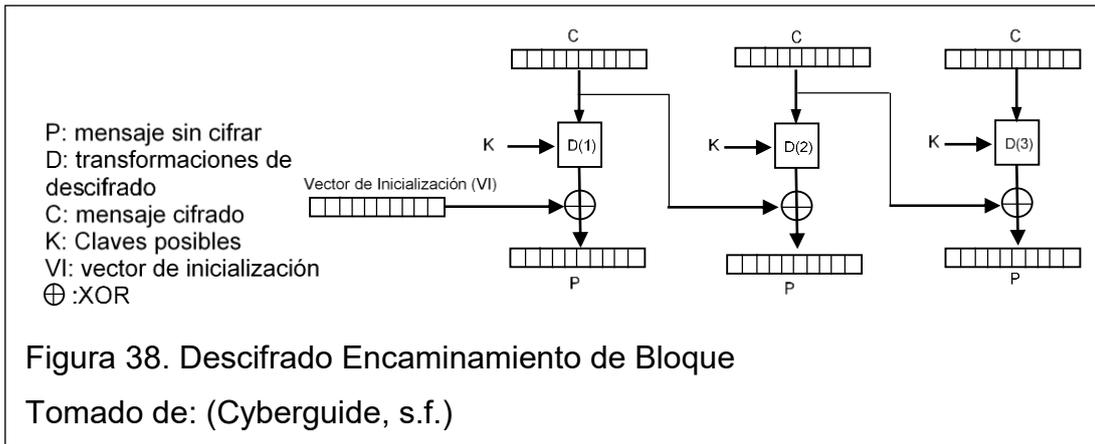


El modo de operación de descifrado está dado por:

$$P1 = D(K, C1) \oplus IV$$

$$Pj = D(K, Cj) \oplus Cj-1 \quad j=2 \dots N$$

(Ecuación 6)



▪ Cipher Feed Back (CFB)

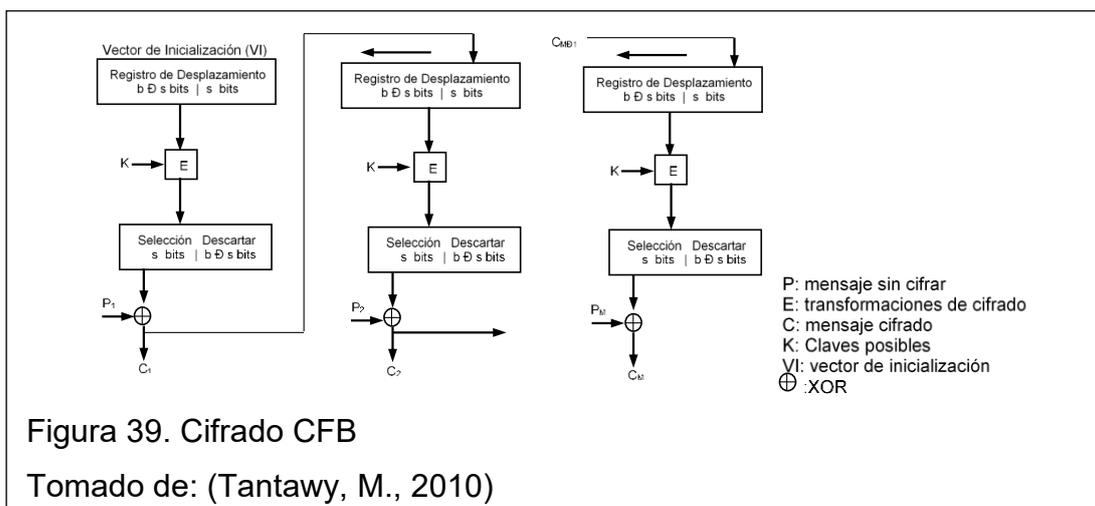
En lugar de procesar un bloque procesa pequeños incrementos del texto sin formato como texto de cifrado. Utilizando un registro de desplazamiento con una longitud de un bloque y dividido en secciones, es decir, procesa un byte a la vez y el registro se divide para el número de bytes que se está cifrando, en caso de ocurrir un desorden de un bit de texto cifrado se desordena un bit de texto sin formato y el registro se daña, esto da lugar a que los siguientes incrementos del texto sin formato se desordenen hasta que el bit erróneo se elimine del registro de desplazamiento.

El modo de operación de cifrado está dado por:

$$C_1 = P_1 \oplus S_s(E[K, IV])$$

$$C_j = P_j \oplus S_s(E[K, C_{j-1}])$$

(Ecuación 7)

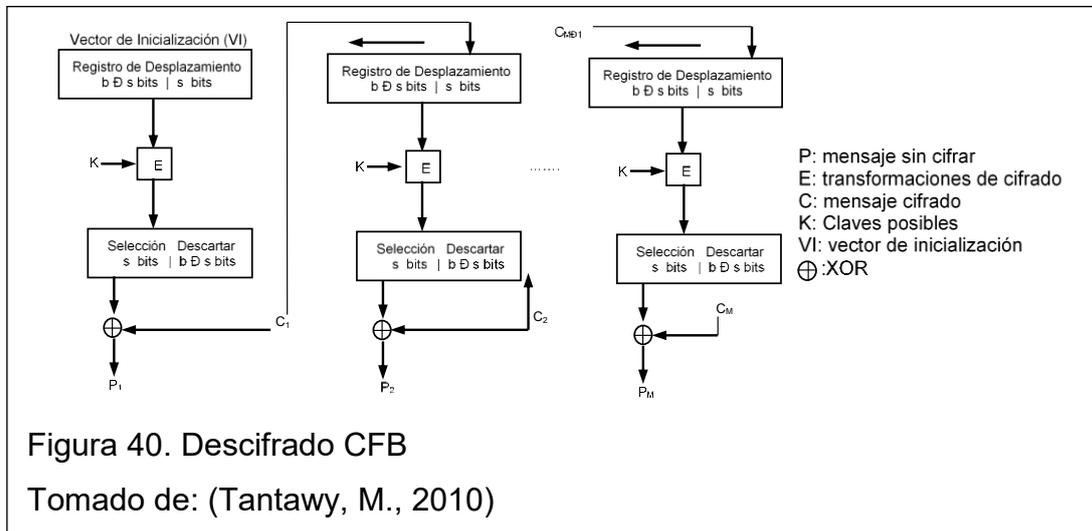


El modo de operación de descifrado está dado por:

$$P_1 = C_1 \oplus S_s(E[K, IV])$$

$$P_j = C_j \oplus S_s(E[K, C_{j-1}])$$

(Ecuación 8)



- Output Feedback (OFB)

Similar a CFB, la diferencia es la forma en que se rellena el registro de desplazamiento si se desordena un bit del texto de cifrado se desordena también el bit del texto sin formato correspondiente. Sin embargo, si hay bits adicionales o falta alguno en el texto de cifrado el texto sin formato sólo se desordena a partir de ese punto.

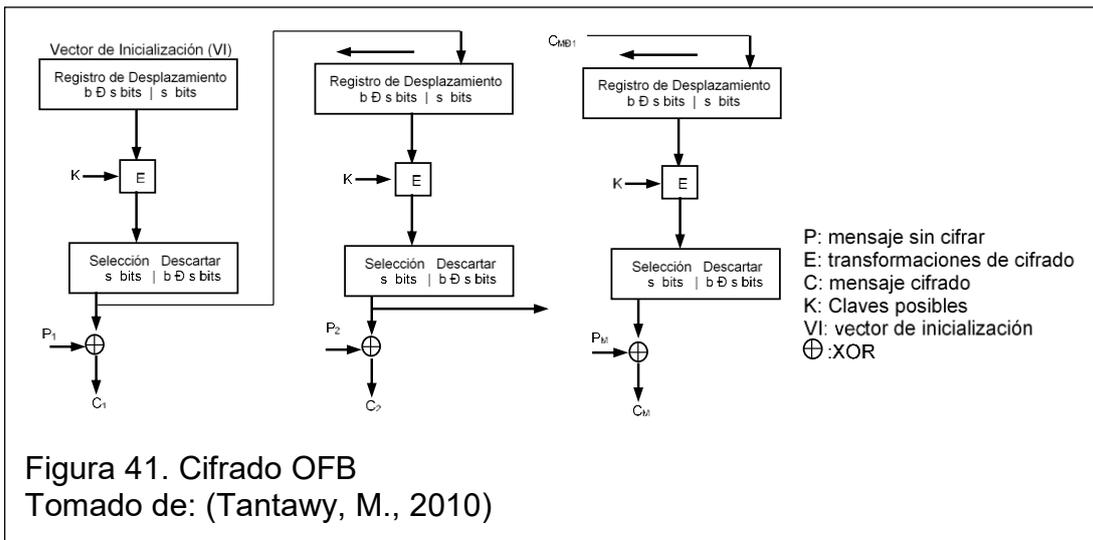
El modo de operación de cifrado está dado por:

$$C_1 = P_1 \oplus S_s(E[K, IV])$$

$$C_j = P_j \oplus S_s(E(K, [C_{j-1} \oplus P_{j-1}]))$$

(Ecuación 9)

(Microsoft, 2016)

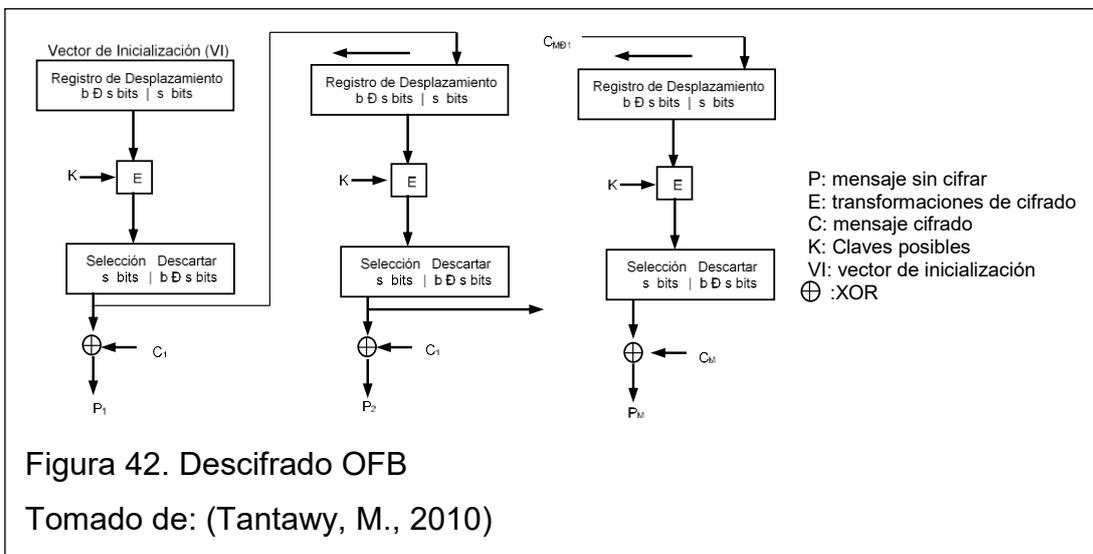


El modo de operación de descifrado está dado por:

$$P_1 = C_1 \oplus S_s(E[K, IV])$$

$$P_j = C_j \oplus S_s(E(K, [C_{j-1} \oplus P_{j-1}]))$$

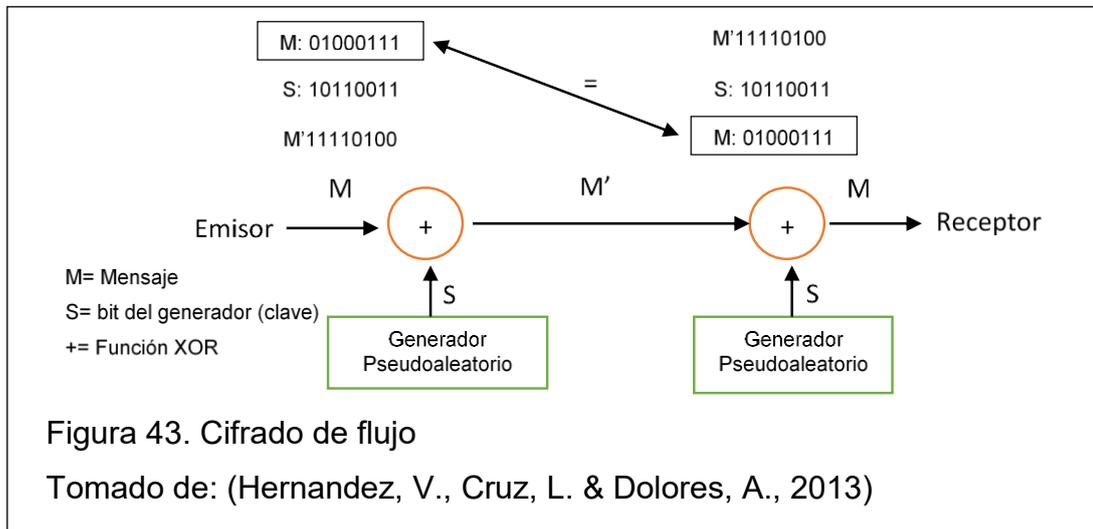
(Ecuación 10)



Cifrado de flujo

Este cifrado se usa en telecomunicaciones, un ejemplo son las llamadas telefónicas, donde los datos son en tiempo real y en fragmentos pequeños desde 8 bits e incluso 1 bit.

Ésta encriptación se obtiene acoplando la secuencia cifrante con el texto donde el algoritmo genera una secuencia pseudoaleatoria de bits para ser empleada como clave.



- Ventajas y desventajas del cifrado simétrico

Tabla 6. Ventajas y Desventajas Cifrado Simétrico

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> . Gran velocidad de cifrado y descifrado. . El tamaño del mensaje no aumenta. . Tecnología conocida y difundida 	<ul style="list-style-type: none"> . Del emisor y el receptor depende la seguridad. . No es escalable la administración de claves . La distribución de claves debe hacerse en un medio seguro

Adaptado de: (Pousa, A., 2011)

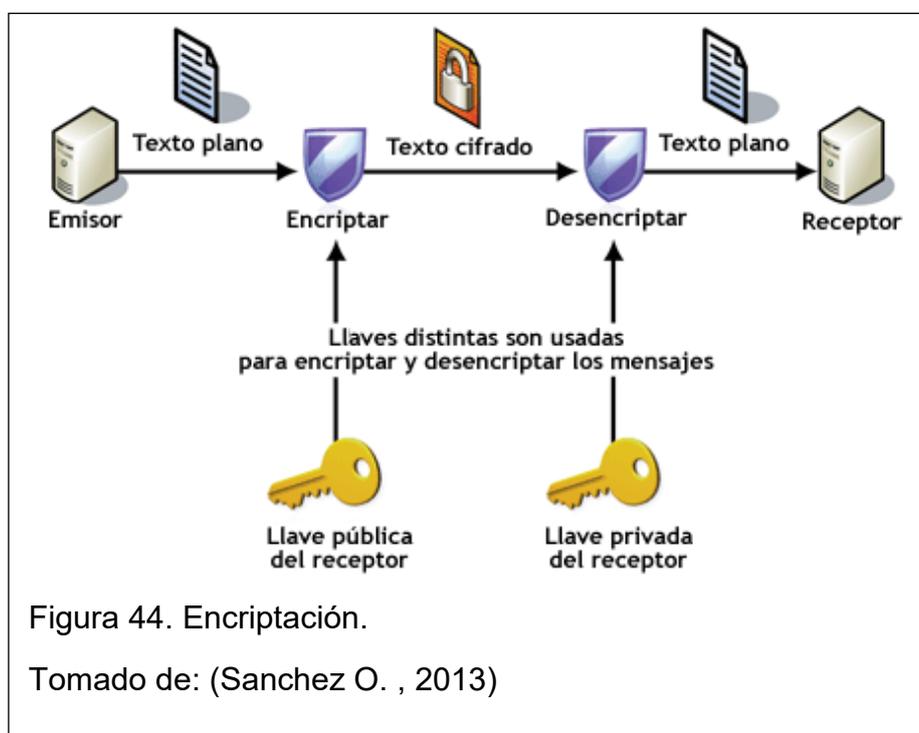
2) Sistemas de cifrado Asimétrico

Denominado también sistema de clave pública donde se usa una clave privada y una pública para encriptar y desencriptar datos.

Se relacionan matemáticamente entre sí, algunos ejemplos de este algoritmo son: Diffie-Hellman, RSA, DSA, El Gamal, Merkle-Hellman y Knapsack.

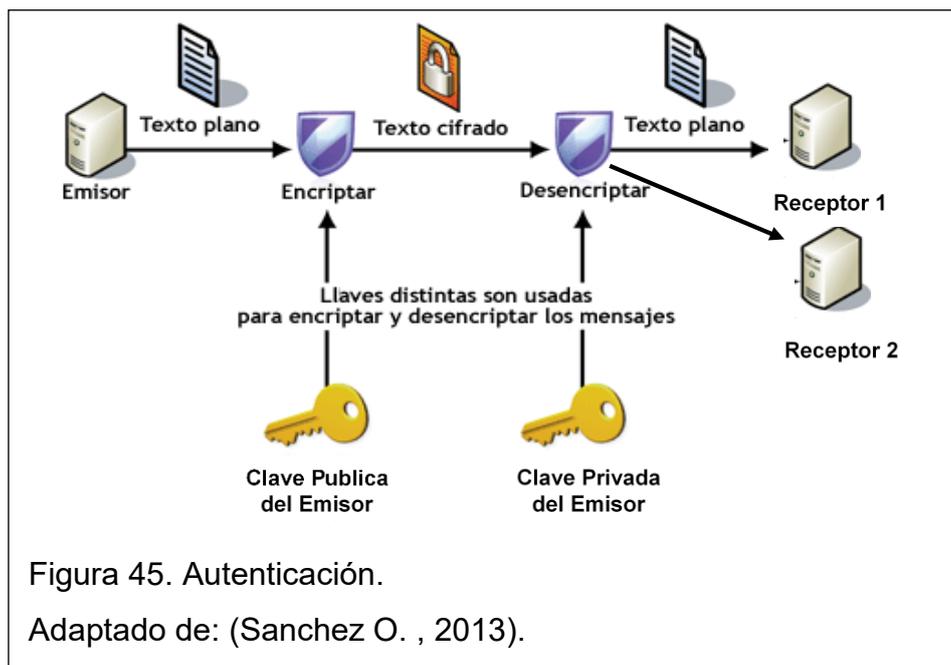
- Existen 2 modos de cifrado Asimétrico
 - Encriptación

El mensaje se encripta con la llave pública del receptor, se envía al destinatario y posteriormente es recibido y descifrado con la llave privada del receptor, de esta manera se garantiza la confidencialidad del mensaje.



- Autenticación

El mensaje se encripta con la llave privada del emisor, se envía a uno o varios receptores y posteriormente el mensaje es recibido y descifrado con la llave pública del emisor garantizando la legitimidad del emisor y la integridad del mensaje.



- Ventajas y desventajas de los sistemas de cifrado simétrico

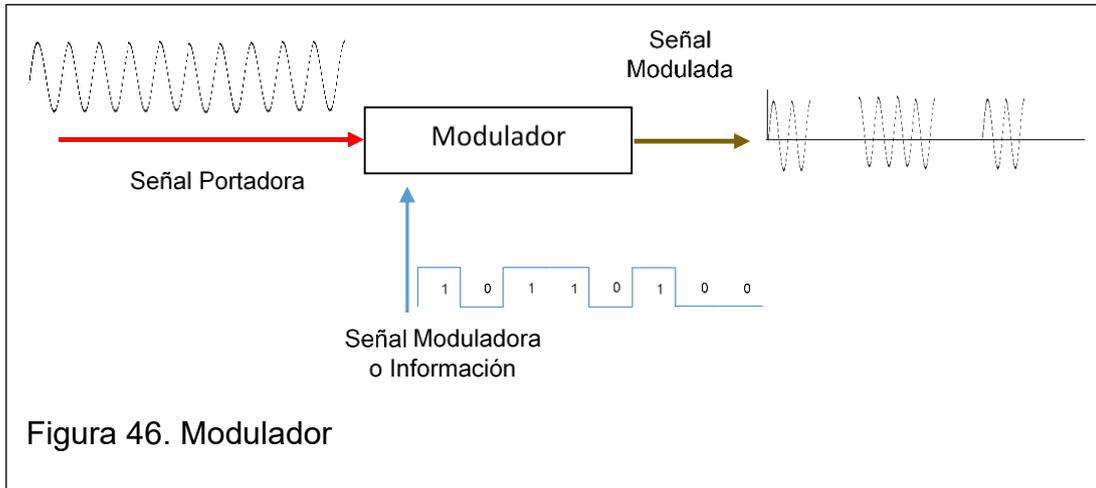
Tabla 7. Ventajas y Desventajas Cifrado Asimétrico

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> . Las claves no son intercambiadas . Tecnología muy difundida . Se ajusta a las exigencias de seguridad de la información 	<ul style="list-style-type: none"> . La potencia de computo es requerida . El mensaje cifrado es mayor al mensaje original

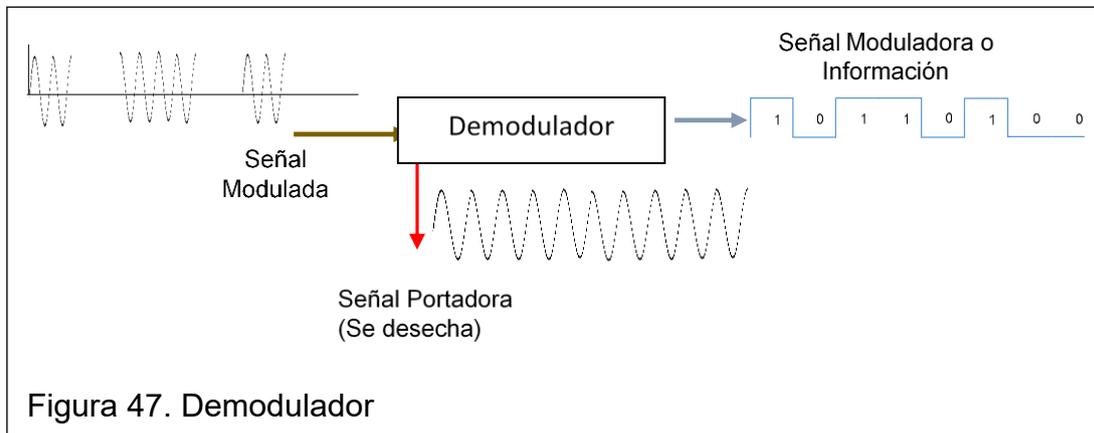
Adaptado de: (Pousa, A., 2011)

1.2.1.5. Modulación/Demodulación

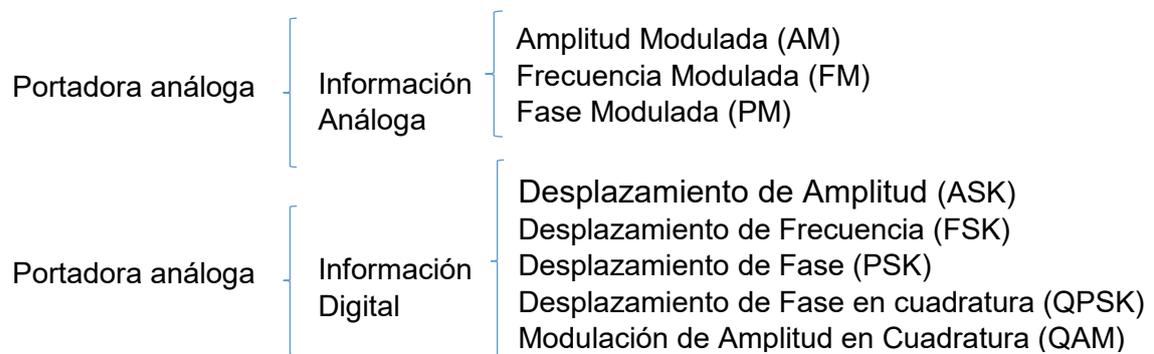
Modulación: Conjunto de técnicas para transportar información sea esta análoga o digital a través de una onda portadora, específicamente una onda senoidal, consiguiendo ampliar la capacidad del canal de comunicación, transfiriendo más información simultáneamente y evitando posibles ruidos o transferencias. (Ruiz, 2009), (Martinez C. , 2012)

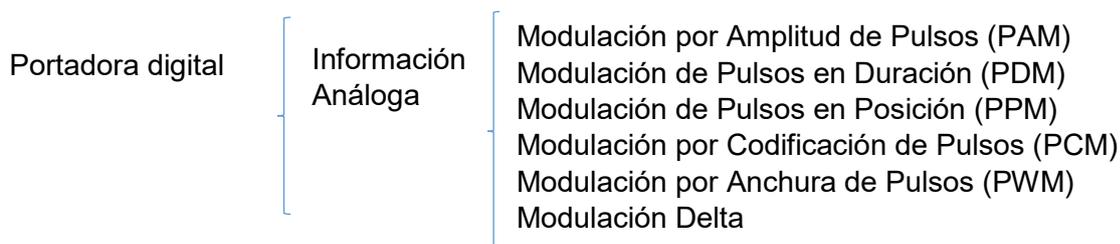


Demodulación: es restablecer la señal de datos a partir de una señal modulada.



Tipos de Modulación (Albarracin, J., 2009)





A continuación se describe la modulación cuando la información se presenta en forma digital.

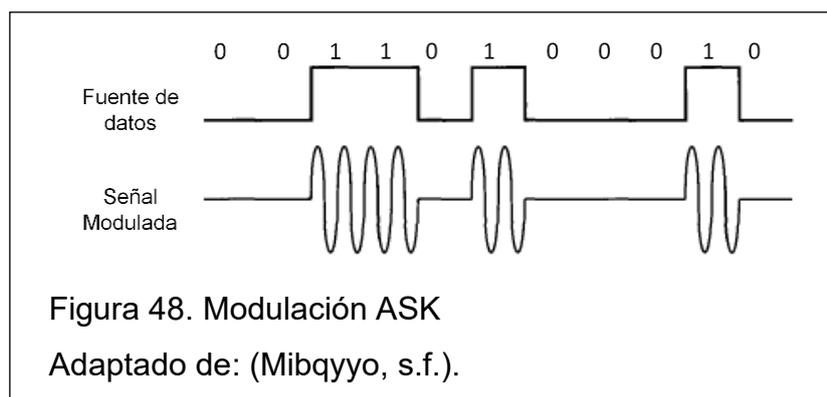
1.2.1.5.1. Modulación por desplazamiento de amplitud (ASK)

Establece variaciones de la amplitud de la frecuencia según los estados de la señal de datos. Es utilizado en la transmisión de datos digitales sobre fibra óptica.

- Funcionamiento

La amplitud de la portadora senoidal varía conforme a la señal moduladora donde la frecuencia y la fase son constantes.

Los valores binarios 0s y 1s representan los niveles de amplitud, se compara con un switch ON/OFF y significa que hay presencia o ausencia de la portadora.



- Expresiones matemáticas

Espectro de frecuencia

$$\cos A * \cos B = \frac{1}{2} (\cos (A - B) + \cos (A+B)) \quad (\text{Ecuación 11})$$

Valores Binarios 0s y 1s

$$s(t) = \begin{cases} A_0 \cos(2\pi f_0 t) & 0 \text{ binario} \\ A_1 \cos(2\pi f_0 t) & 1 \text{ binario} \end{cases} \quad (\text{Ecuación 12})$$

Señal Portadora

$$V_c(t) = \cos(2\pi f_c t) = \cos(\omega_c t), \text{ donde } 2\pi f_c = \omega_c \quad (\text{Ecuación 13})$$

Señal Digital

$$V_d(t) = A^* \left[\frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \cos \omega_0 t - \frac{2}{3\pi} \cos 3\omega_0 t + \frac{2}{5\pi} \cos 5\omega_0 t \dots \right] \quad (\text{Ecuación 14})$$

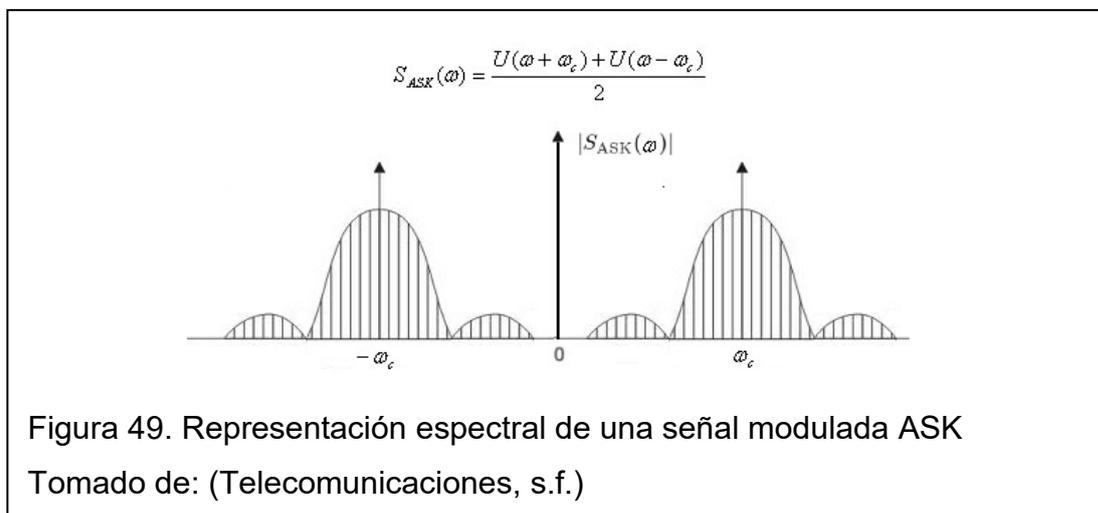
Señal Modulada

$$V_{ASK} = V_c(t) * V_d(t) \quad (\text{Ecuación 15})$$

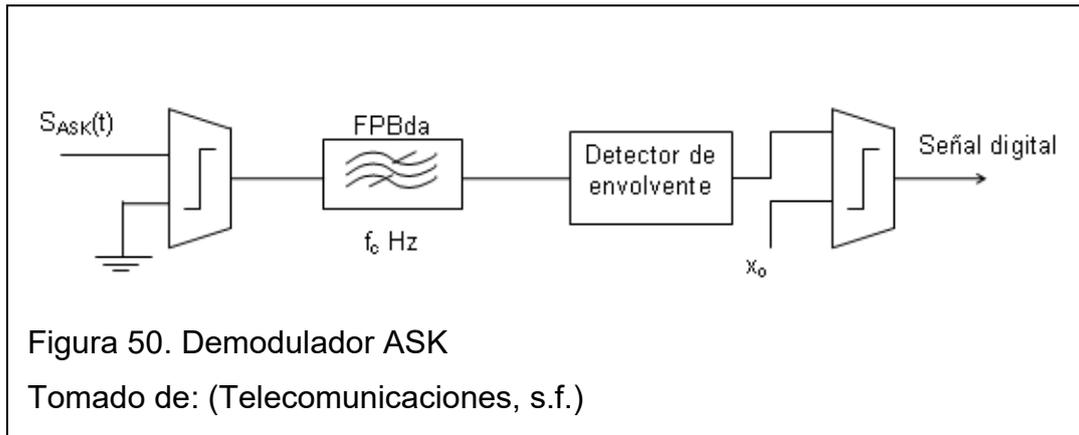
Ancho de Banda requerido para ASK

$$BW = 2/T_b = 2 * R_b \quad (\text{Ecuación 16})$$

Representación espectral de una señal modulada



Demodulador ASK



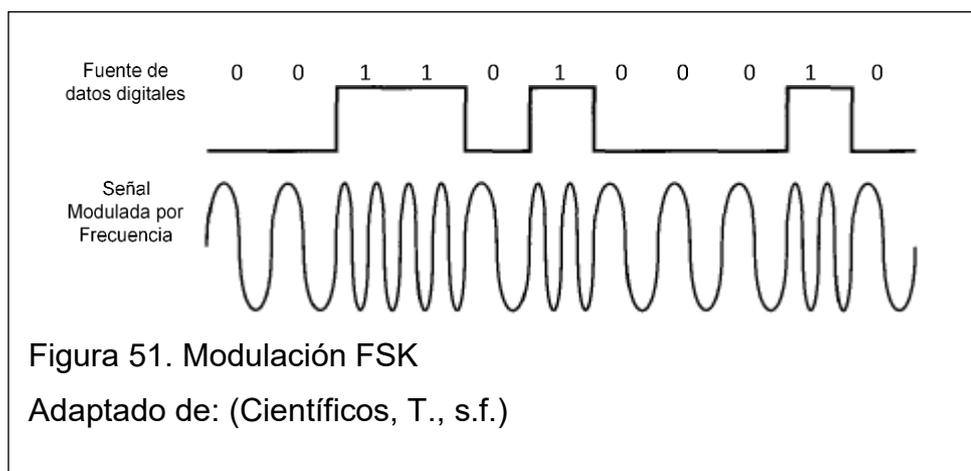
1.2.1.5.2. Modulación por Desplazamiento de Frecuencia (FSK)

Transmisión digital de información binaria usando dos frecuencias distintas con igual amplitud y sentido de la frecuencia de la portadora opuesta. Se utilizan sobre líneas de voz y en alta frecuencia de transmisión de radio.

Adaptado de: (Fácil, 2004)

- Funcionamiento

La señal moduladora varía entre dos valores de tensión discretos formando un tren de pulsos donde un 0 corresponde a una señal con una frecuencia y un 1 a otra señal con diferente frecuencia.



- Expresiones matemáticas

Valores Binarios 0s y 1s

$$s(t) = \begin{cases} A \cos(2\pi f_1 t) & 0 \text{ binario} \\ A \cos(2\pi f_2 t) & 1 \text{ binario} \end{cases} \quad (\text{Ecuación 17})$$

Señal Digital

$$V_d(t) - \text{modulada con } w_1, y \quad (\text{Ecuación 18})$$

$$V_d'(t) = 1 - V_d(t) - \text{modulada con } w_2$$

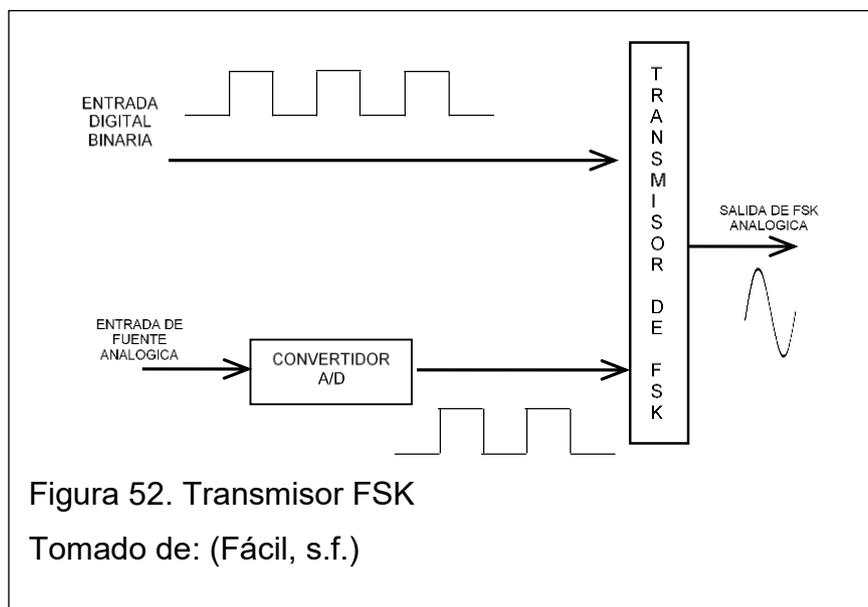
Señal Modulada

$$V_{FSK}(t) = \cos w_1 t * V_d(t) + \cos w_2 t * (1 - V_d(t)) \quad (\text{Ecuación 19})$$

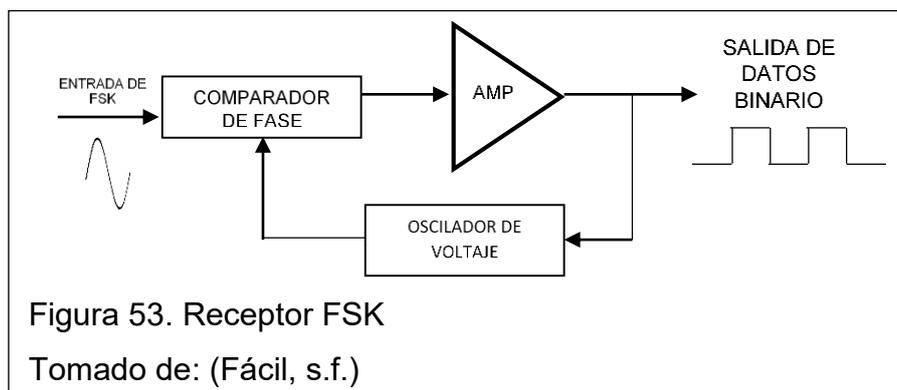
Ancho de Banda requerido (Codificación NRZ)

$$BW = 2 * R_b (f_1 - f_2) \quad (\text{Ecuación 20})$$

- Transmisor FSK



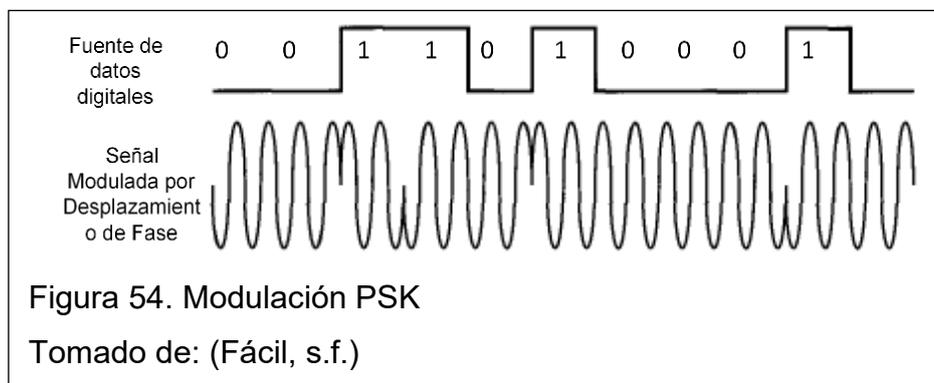
- Receptor FSK



1.2.1.5.3. Modulación por Desplazamiento de Fase (PSK)

Variación angular basada en cambiar la fase de la portadora entre un número de valores discretos.

(Fácil, 2004)



- Ventajas
 - La potencia no cambia, simplifica y reduce el costo de diseño de amplificadores y etapas receptores.
 - La modulación BPSK y QPSK óptimas por la protección frente a posibles errores.
- Expresiones matemáticas

- Fases PSK binarias: +1 cuando la información es 1, y -1 cuando la información es 0.

$$+1 = s(t) = \begin{cases} A \cos(2\pi f_c t) & 1 \text{ binario} \\ A \cos(2\pi f_c t + \pi) & 0 \text{ binario} \end{cases} \quad (\text{Ecuación 21})$$

$$-1 = s(t) = \begin{cases} A \cos(2\pi f_c t) & 1 \text{ binario} \\ -A \cos(2\pi f_c t) & 0 \text{ binario} \end{cases} \quad (\text{Ecuación 22})$$

- Ancho de Banda requerido (codificación NRZ)

$$BW = 2 * RB = 2 * \text{Bit Rate} \quad (\text{Ecuación 23})$$

- Velocidad de Transmisión de los símbolos en PSK

$$V_b = V_B * \text{Log}_2 n \quad (\text{Ecuación 24})$$

- n = número de niveles de la señal digital
- V_b = Velocidad de transmisión bits/seg.
- V_B = Velocidad de transmisión de baudios

- Variaciones de la Modulación PSK

Dependen del número de fases que se toman para la modulación.

Transmisión por Desplazamiento de Fase Binaria (BPSK)

- Expresión matemática de una señal modulada BPSK.

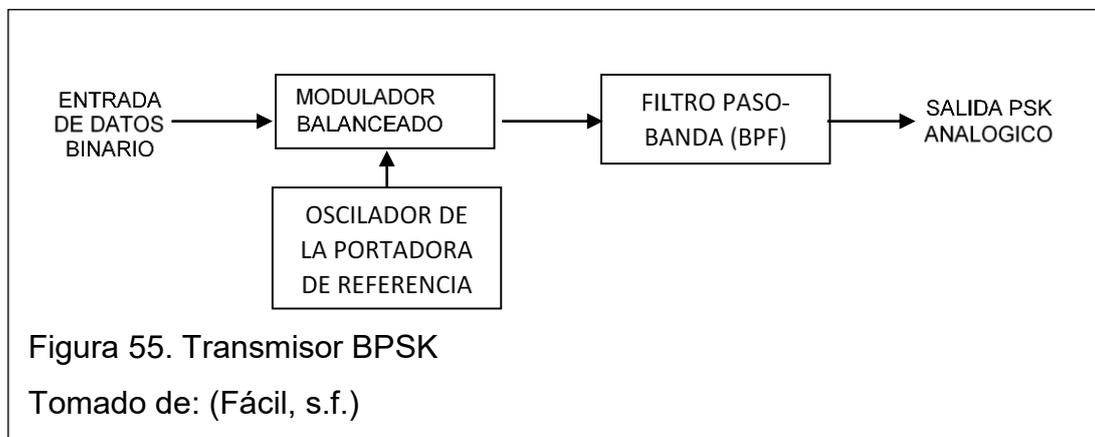
$$S_n(t) = \sqrt{\frac{2E_b}{T_b}} \cos(2\pi f_c t + \pi(1 - n)); n \in \{0, 1\} \quad (\text{Ecuación 25})$$

Dónde:

- E_b = Energía por bit.
- T_b = Duración del bit.
- f_c = frecuencia de la onda portadora.
- s_n = señal de salida para '1' o '0' lógico.

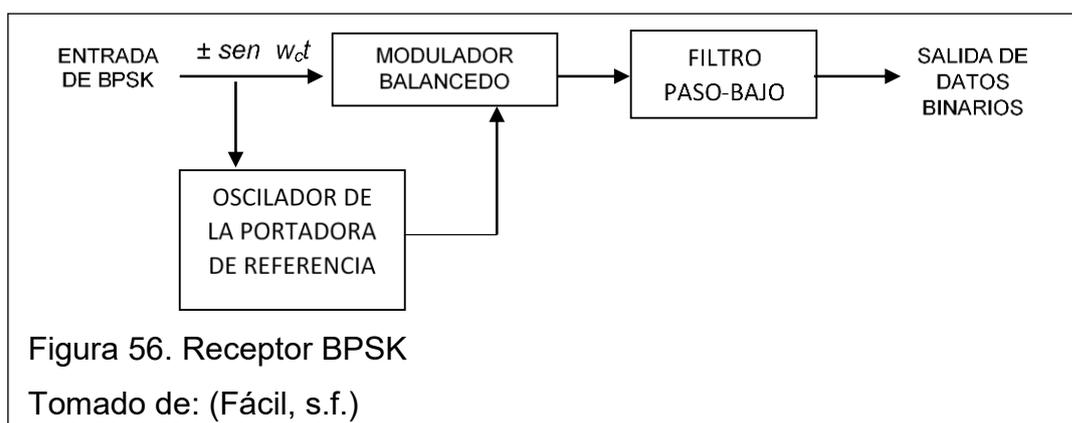
- Funcionamiento de la modulación BPSK

El modulador balanceado (MB) actúa como un interruptor para cambiar la fase dependiendo de los bits de entrada, la portadora se traslada a la salida en fase o desfasada 180° con el oscilador de la portadora de referencia.



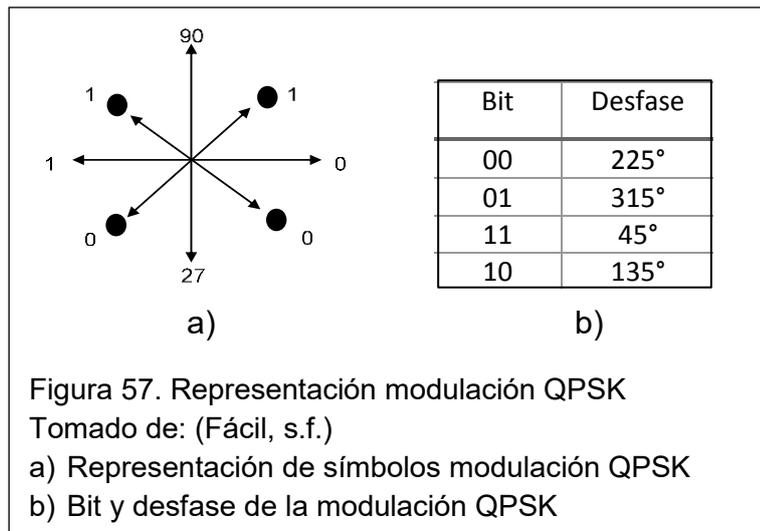
- Receptor BPSK

Detecta y regenera una señal de portadora coherente en fase y frecuencia. La salida del modulador balanceado es el producto de la señal BPSK y la portadora recuperada. Por último el filtro (LPF) separa en datos binarios la señal demodulada.



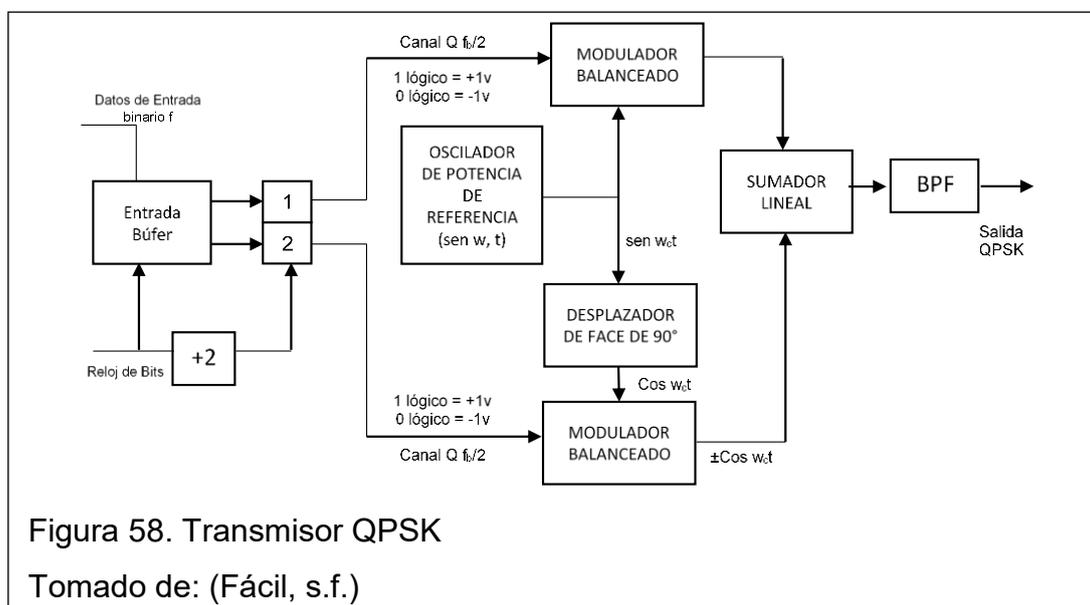
Modulación por Desplazamiento de Fase en Cuadratura (QPSK)

Desplazamiento de fase de 4 símbolos desfasados a 90° con saltos de fase de 45° , 135° , 225° , y 315° , cada símbolo aporta 2 bits.

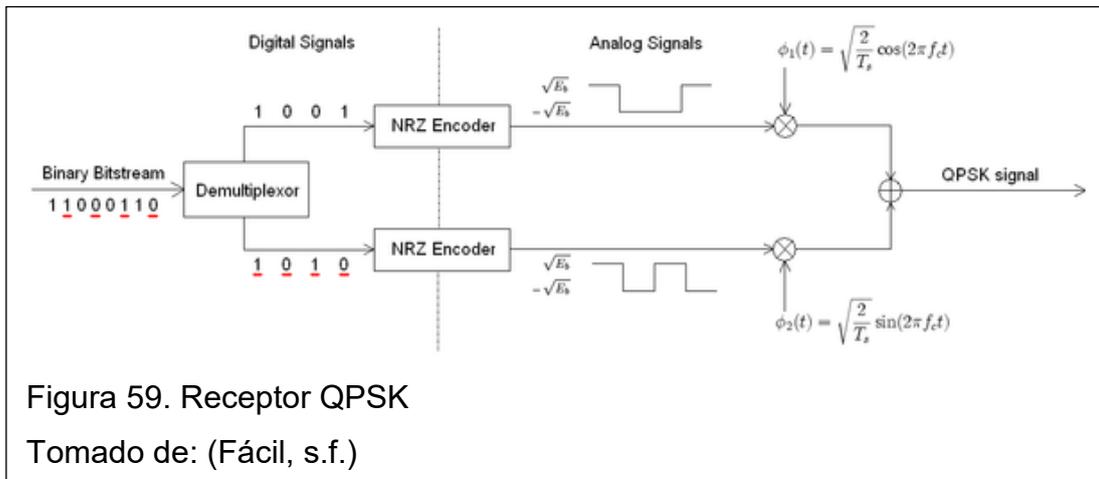


- Transmisor de QPSK

Dos bits ingresan al derivador en forma serial y salen simultáneamente en forma paralela, se dirigen al canal Q e I respectivamente donde el bit I modula la portadora que está en fase con el oscilador de referencia y el bit Q modula una portadora que está con desfase de 90°.



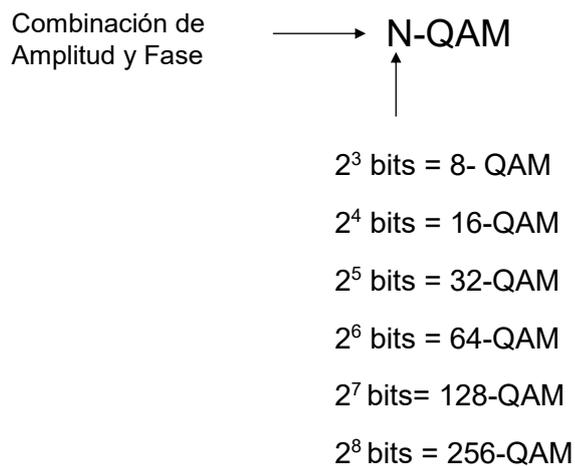
- Receptor QPSK



1.2.1.5.4. Modulación de Amplitud en Cuadratura (QAM)

Modula en doble banda lateral dos portadoras de la misma frecuencia desfasadas 90° . Es posible enviar dos señales en la misma frecuencia, aprovechando así el ancho de banda.

La entrada es un flujo de datos binarios divididos en grupos de tantos bits que se requieran para generar N combinación de amplitud y fase, de ahí el término:



- Ecuaciones matemáticas para modulación QAM

- Señal modulada:

$$a_b \cos(wt) + b_n \sin(wt) \quad (\text{Ecuación 26})$$

Dónde:

a y b = amplitudes de 2 señales moduladas en ASK

(Fácil, 2004)

- El ancho de banda está dado por:

$$f_{N,N-QAM} = B = \frac{f_b}{\text{número de bits}} \quad (\text{Ecuación 27})$$

B= Ancho de Banda.

f_b = Rapidez de entrada en bps.

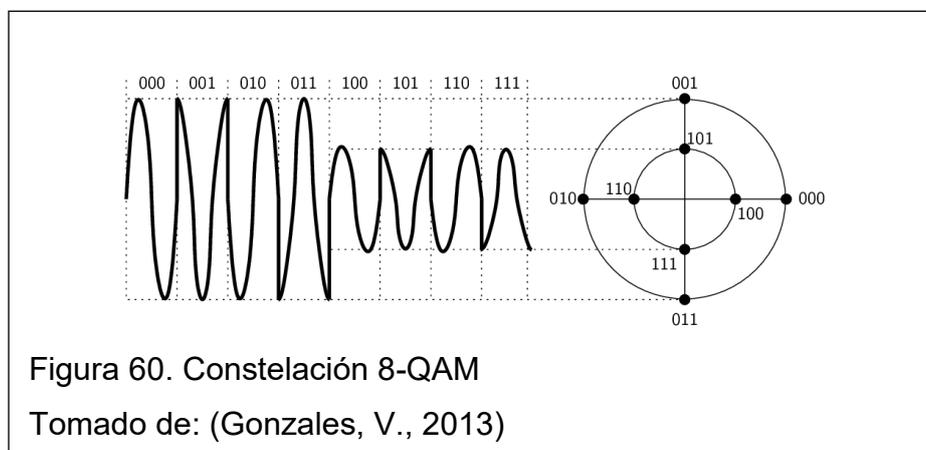
- Funcionamiento

Modula por desplazamiento en amplitud (ASK) de forma independiente dos señales portadoras con la misma frecuencia pero desfasadas entre sí a 90° y el resultado es la suma de dichas señales. Además, operan en un mismo canal sin producir interferencia por el desfase que existe.

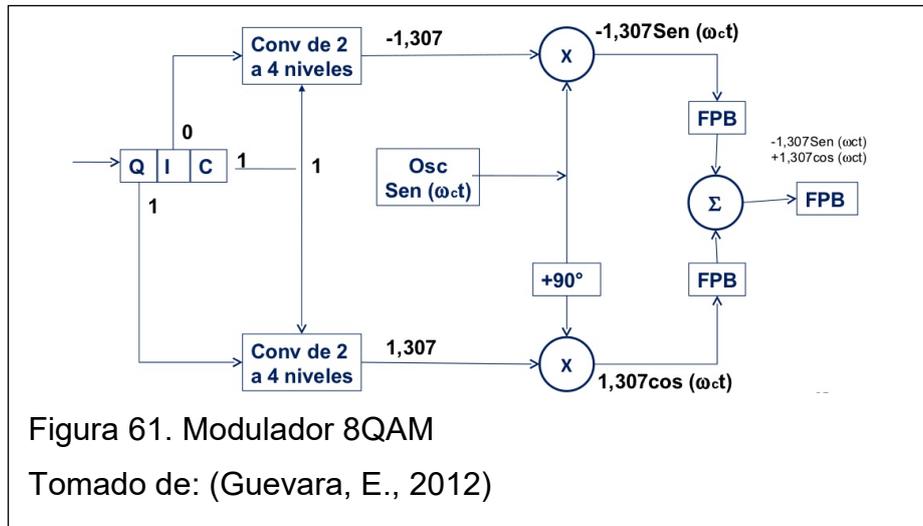
- Tipos de modulación QAM

- 8- QAM

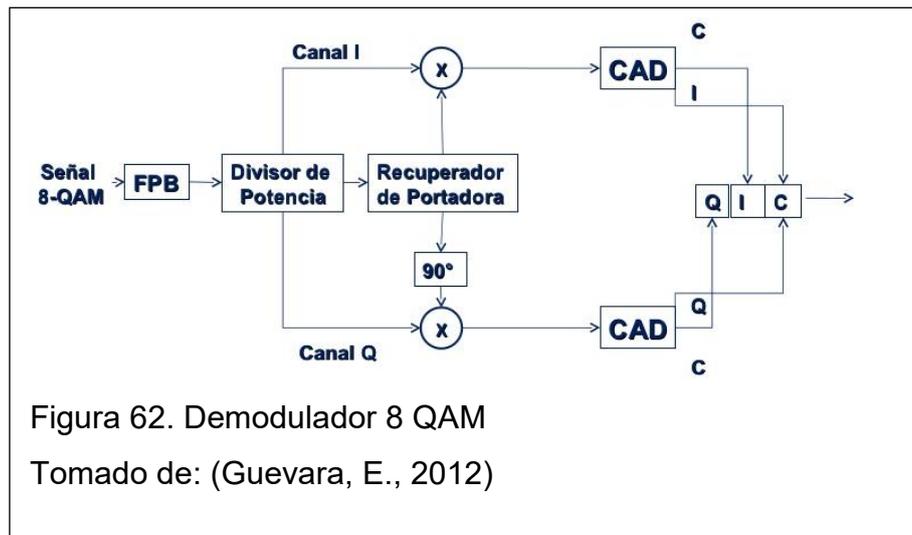
- Requiere 3 bits para para generar 8 estados demodulación.
- La salida de la señal no es constante, varían en amplitud y fase.



- Modulador 8 QAM



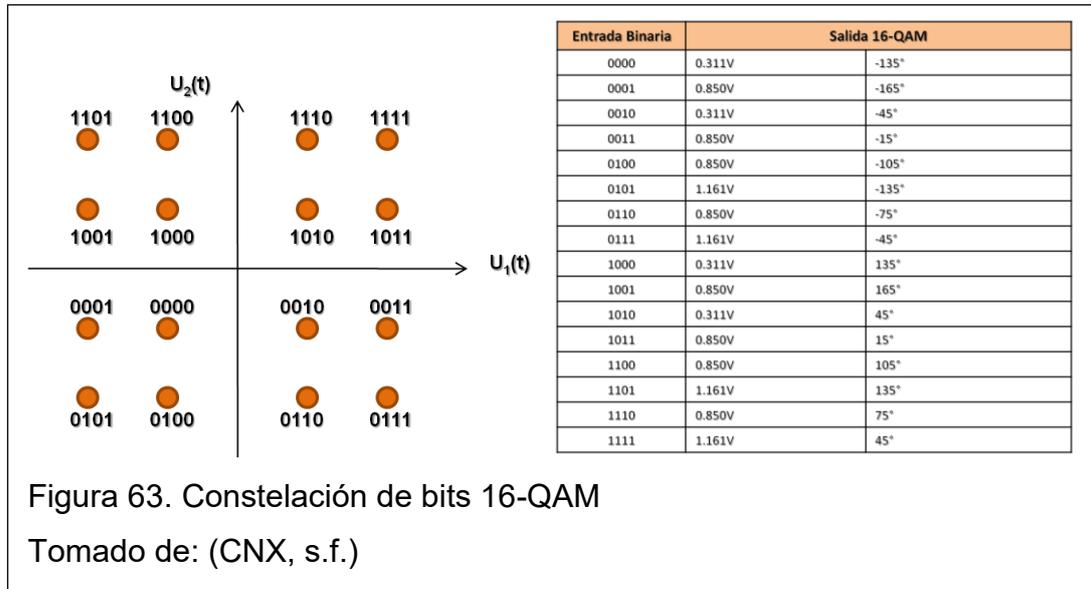
- Demodulador 8 QAM



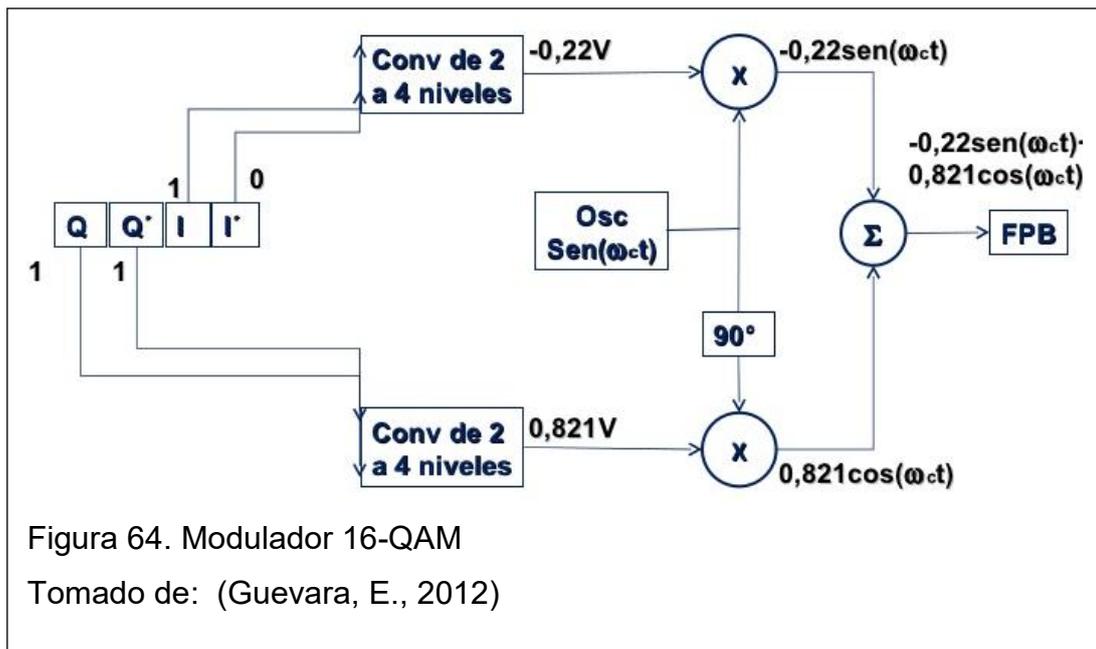
- 16- QAM

Los datos de entrada se manejan en conjuntos de 4 bits.

En esta modulación se manipula la fase y la amplitud de la portadora a transmitir.

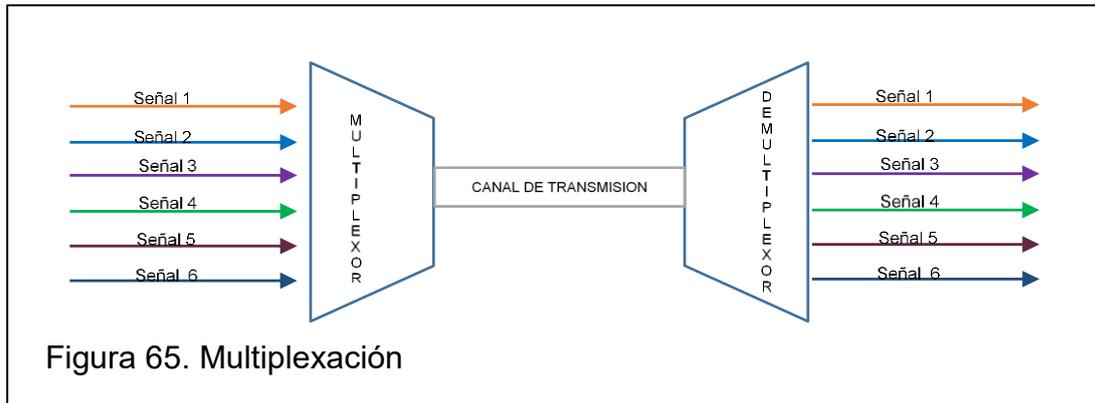


- Modulador 16-QAM



1.2.1.6. Multiplexor – Multiplexación

Envío de información (analógica o digital) de varias fuentes a distintos destinos por un mismo canal o medio de transmisión, pese a que se transmiten por el mismo canal esta no sucede al mismo tiempo. (Tomasi, 2003)



Tipos de Multiplexación

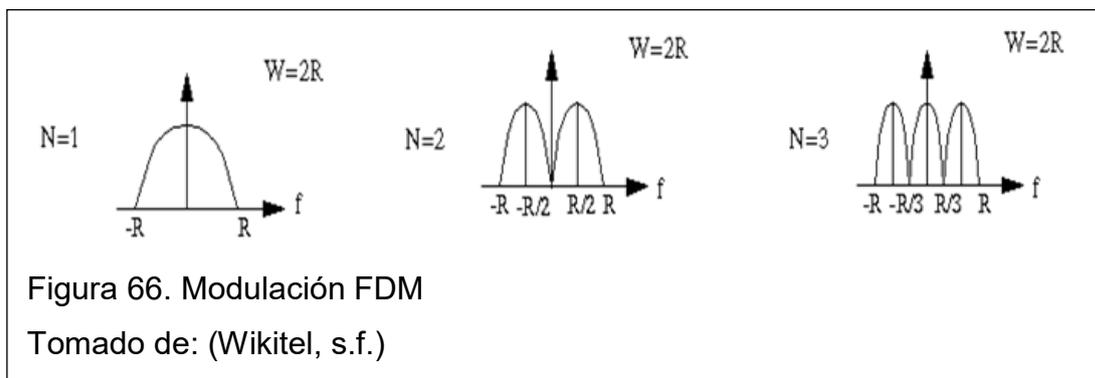
Dependiendo del protocolo de comunicación que se utilice existe a disposición las siguientes tecnologías:

1.2.1.6.1. Multiplexación por División de Frecuencia (FDM)

Diseño análogo de multiplexado donde los datos que ingresa son análogos y permanecen así durante toda su transmisión. Es utilizada en sistemas de transmisión analógicas.

- Funcionamiento

Los datos fuente se dividen en varios segmentos a diferentes frecuencias y se transmiten simultáneamente por un solo canal de transmisión.

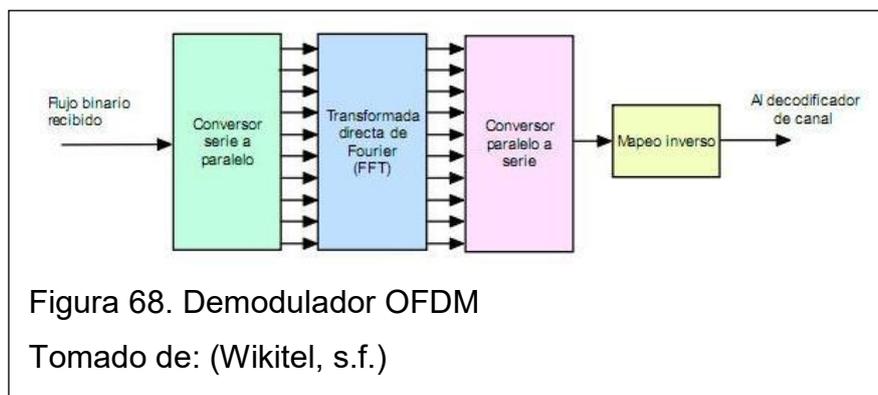
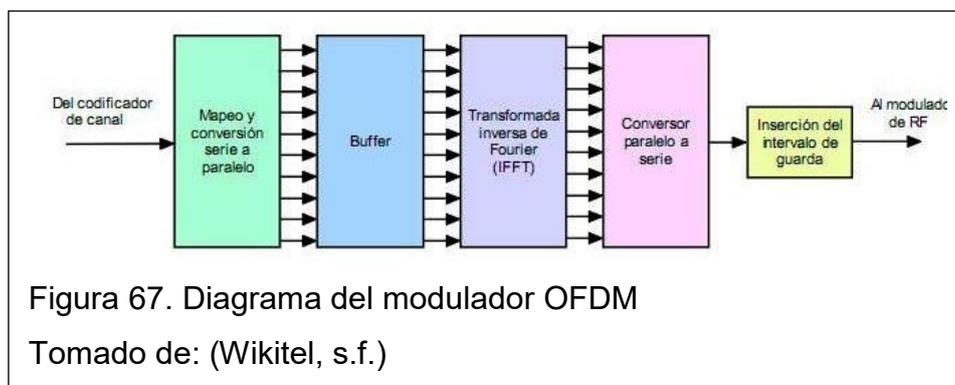


- Aplicaciones de FDM (Castillo, 2012)
 - Televisión

- Telefonía fija y móvil
 - Pares trenzados para incrementar el data rate.
 - Equipos de baja velocidad.
 - Enlaces Satelitales
- Variaciones de la modulación FDM

Multiplexación por división de Frecuencias Ortogonales (OFDM)

Envío de un conjunto señales senoidales portadoras a distintas frecuencias moduladas en QAM o PSK.



Multiplexación COFDM (Technologies)

Es la multiplexación OFDM luego de pasar por un canal que corrige errores en la transferencia de datos. Es una alternativa debido a las limitaciones de los sistemas de portadora simple para aplicaciones de banda ancha.

- El termino ortogonal se refiere al hecho de que cada subportadora se crea en forma inherente, de tal manera no interfiere con las otras subportadoras sin necesidad de filtrar cada una en el dominio de la frecuencia.
- Funcionamiento COFDM

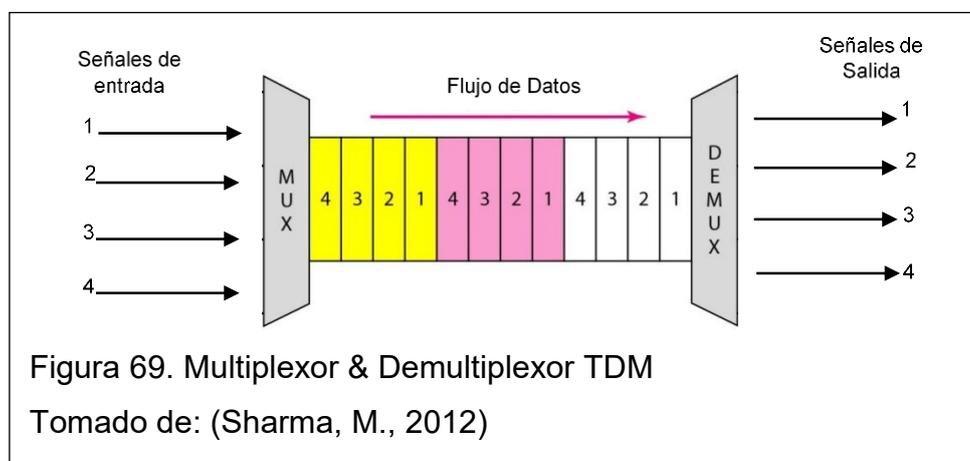
COFDM rompe un canal de banda ancha en muchos subcanales discretos o subportadoras.

1.2.1.6.2. Multiplexación por División de Tiempo (TDM)

Método más usado en transmisión digital de datos.

- Funcionamiento

El ancho de banda total es dividido y asignado a cada canal durante un intervalo de tiempo determinado.



- Tipos de Multiplexación TDM
 - Síncrona: el multiplexor establece permanentemente la misma ranura de tiempo a cada dispositivo para que transmita su fracción de datos, en caso de no haberlos la ranura permanece vacía.

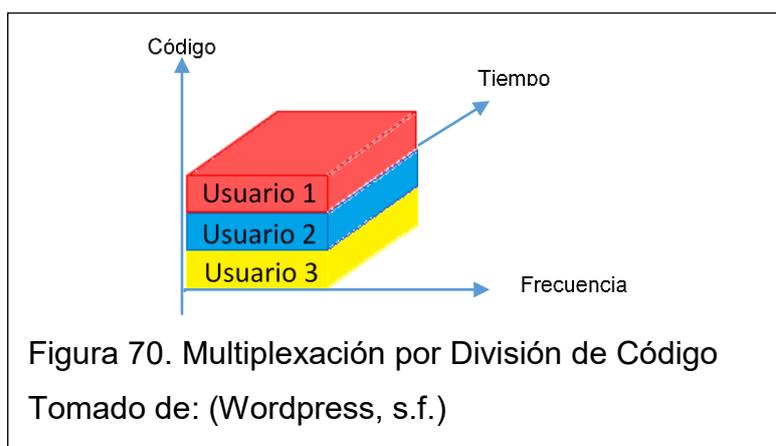
- Asíncrona: solo envía ranura de tiempo que tiene bits de información, es más eficiente pues no se malgasta la capacidad de la línea de transmisión con ranuras que no contienen información.

1.2.1.6.3. Multiplexación por división de Código (CDM) o (CDMA)

Se basa en la tecnología de espectro expandido de fácil enrutamiento de datos. Empleada en comunicaciones inalámbricas, los usuarios pueden utilizar todo el espectro disponible en cualquier instante de tiempo, es decir, comparte la misma banda de frecuencia.

- Funcionamiento

Un código único es seleccionado de forma ortogonal y asignado a cada transmisor; el receptor dispone de señales emitidas por varios transmisores al mismo tiempo y solo escoge las señales que le interesan.

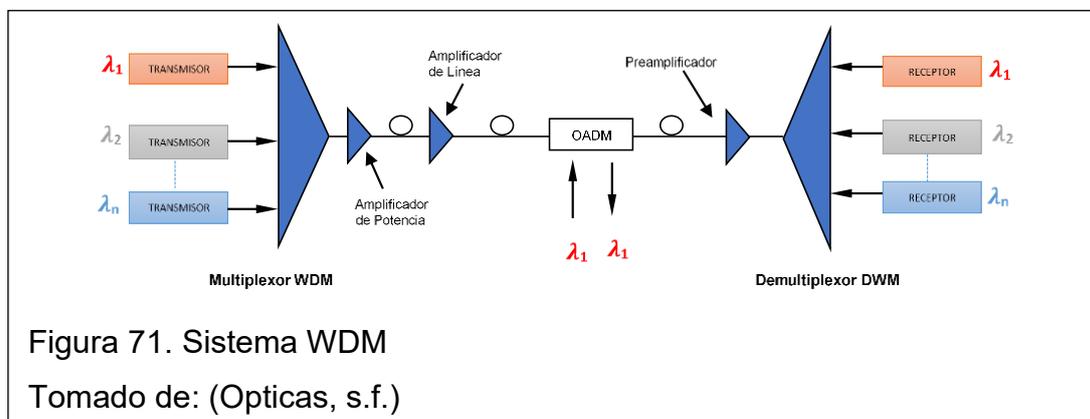


- Tipos de Multiplexación CDM
 - Síncrono: a través de códigos ortogonales.
 - Asíncronos: a través de secuencias pseudoaleatorias.

1.2.1.6.4. Multiplexación por División de Longitud de Onda (WDM)

- Funcionamiento

Se utiliza en sistema de transmisión óptica. Multiplexa algunas señales en portadoras ópticas con distintas longitudes de onda sobre una misma fibra utilizando luz que proviene de un láser o un led.

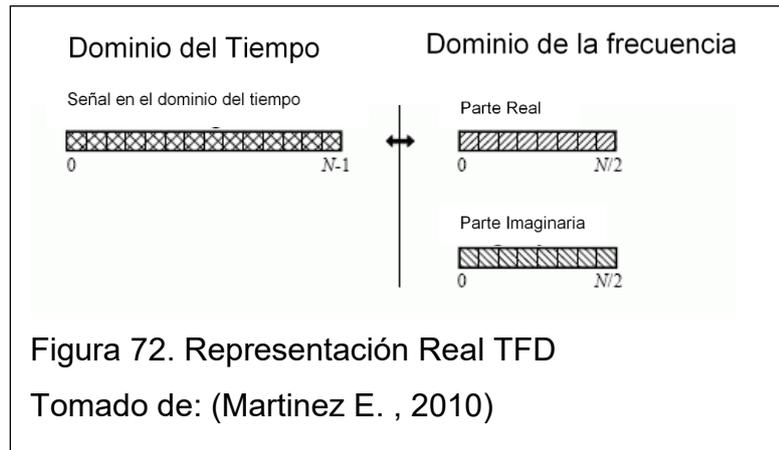


- Variaciones de la Multiplexación WDM
 - CWDM (Coarse Wavelengt Division Multiplexing).- con espaciado de 2.500 GHz (20nm)
 - DWDM (Dense Wavelengt Division Multiplexing).- metropolitano con espaciado de 100-200 GHZ (0,8 – 1,6nm), larga distancia con espaciado de 50 – 100 GHz (0,4 – 0,8nm) y ultra larga distancia con espaciado de 50 – 100 GHz (0,4 – 0,8nm)

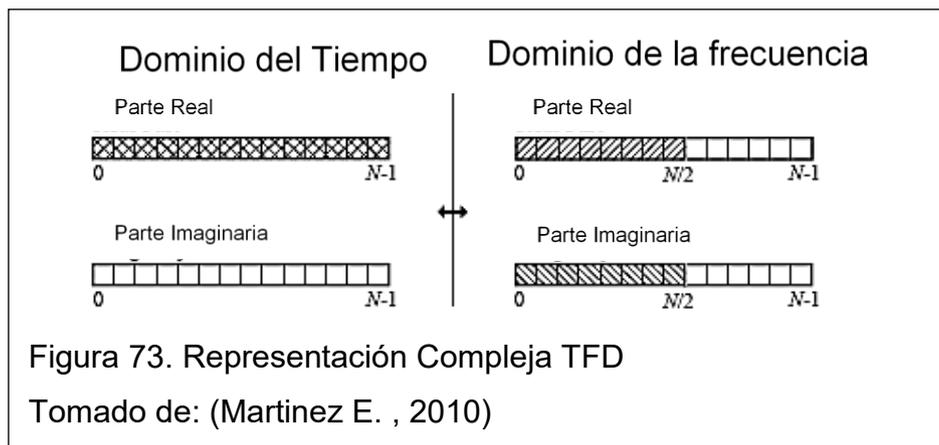
(Paredes, A., Marquez, S. & Ortega, J., 2012)

1.2.1.6.5. Transformada de Fourier

- Transformada de Fourier Discreta
 - Representación de la TFD
- Real: toma N puntos en el dominio del tiempo y crea 2 subconjuntos de N/2+1 puntos en el dominio de la frecuencia.



Compleja: toma N puntos en el dominio del tiempo y crea 2 conjuntos de N puntos en el dominio de la frecuencia.

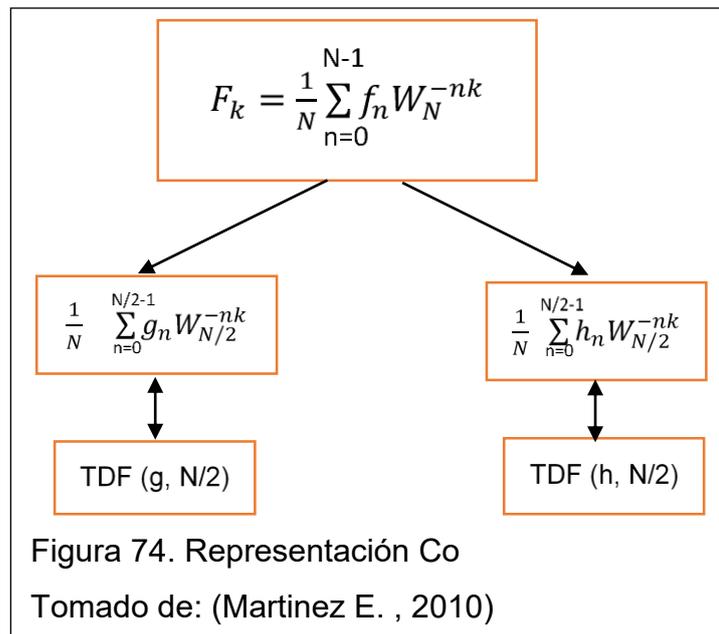


- Transformada Rápida de Fourier (FFT)

Es un método para el proceso digital de señales a través de un algoritmo que calcula la Transformada Discreta de Fourier (DFT).

Su importancia se da puesto que elimina gran parte de los cálculos repetitivos a la que está sometida la DFT logrando un cálculo más rápido y preciso disminuyendo errores de redondeo.

- Fórmula matemática de la TDF

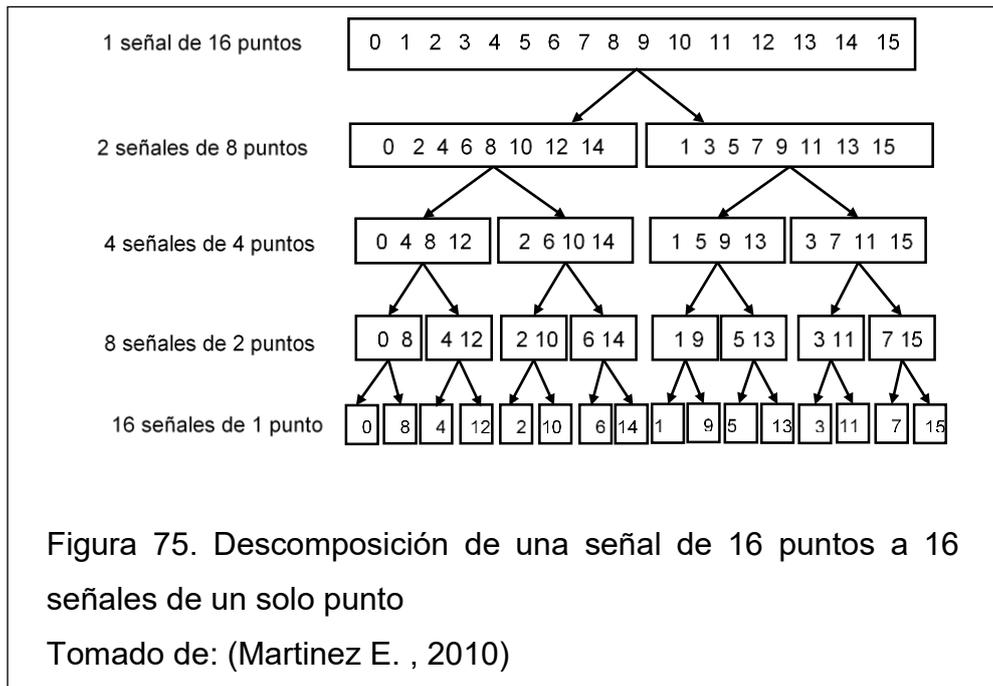


De modo que la DFT se divide en coeficientes cuyas posiciones son pares e impares:

$$F_{2k} = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N/2-1} (f_n + f_{n+N/2}) W_{N/2}^{-nk} = \text{TDF}(g, N/2) \quad (\text{Ecuación 28})$$

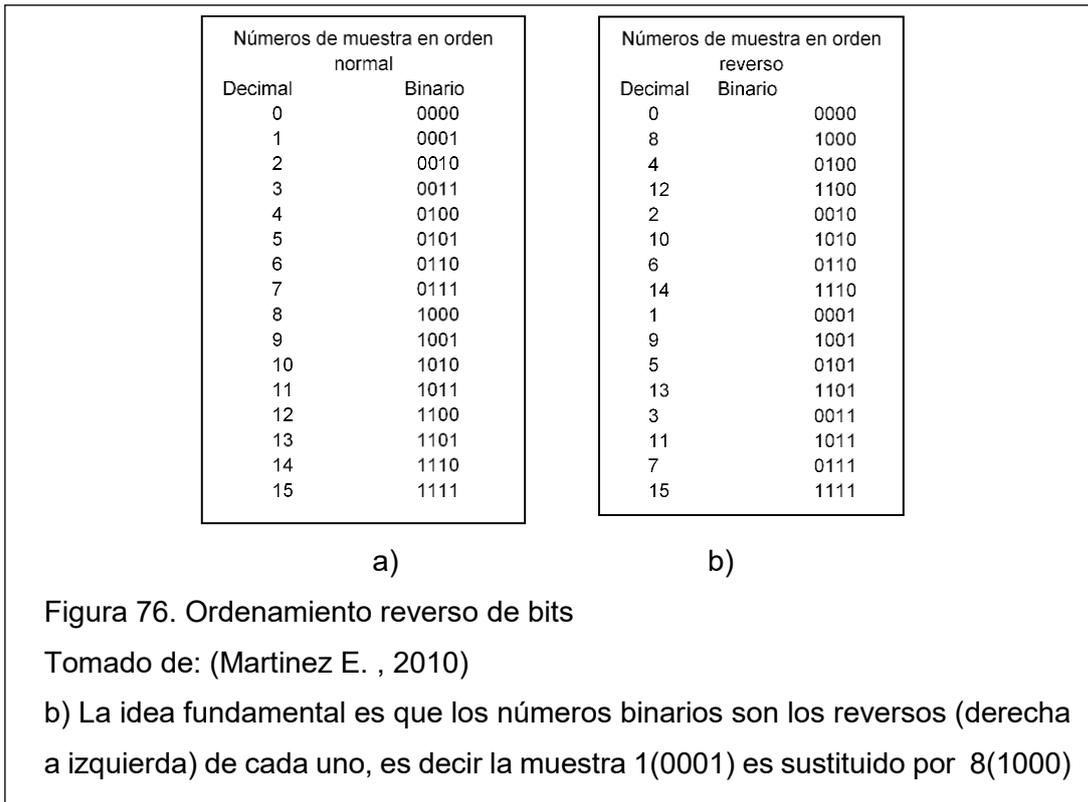
$$F_{2k+1} = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N/2-1} (f_n - f_{n+N/2}) W_{N/2}^{-nk} = \text{TDF}(h, N/2) \quad (\text{Ecuación 29})$$

- Métodos para la implementación de la FFT
 - Un programa que pueda ejecutarse en una PC o una tarjeta que posea un microprocesador para este tipo de operaciones.
 - Por medio del desarrollo de una tarjeta (hardware) cuya estructura posee circuitos integrados, tal es el caso de los analizadores modernos de espectro.
- El algoritmo de la FFT opera de la siguiente manera:
 - a) Descompone una señal del dominio del tiempo de tamaño N puntos en N señales del dominio del tiempo cada una compuesta por un solo punto.

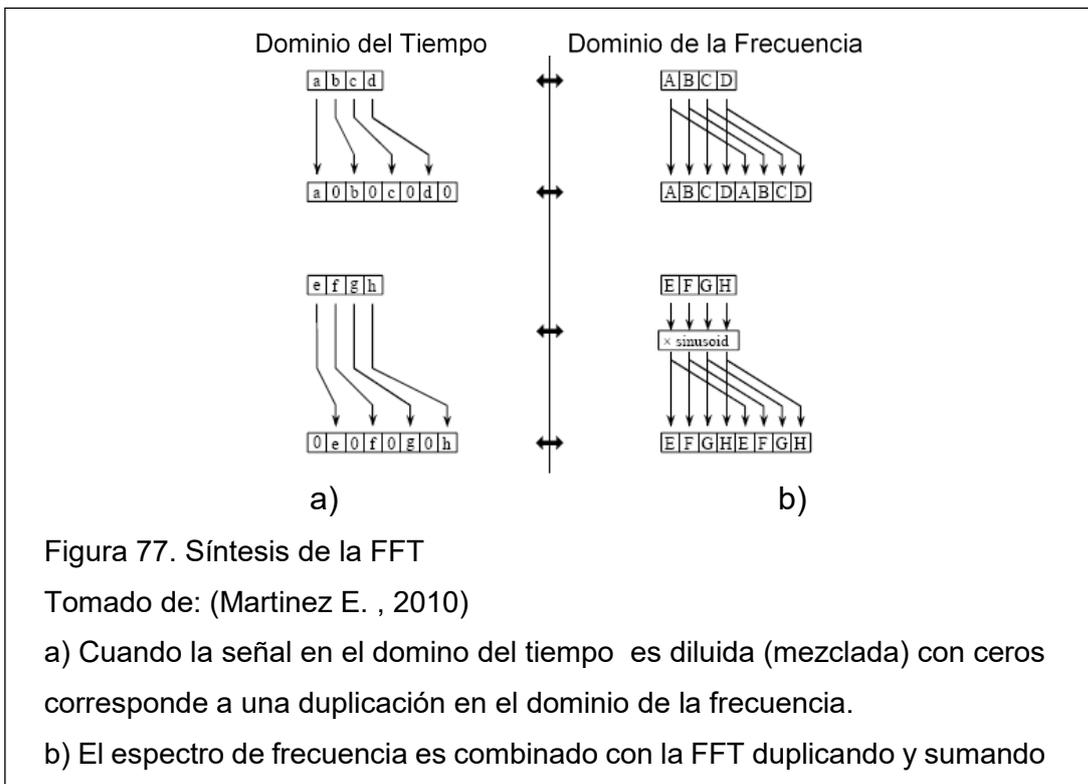


b) Luego, calcula los N espectros de frecuencia que corresponden a estas N señales en el dominio del tiempo.

- Descomposición Entrelazada
 - . Se utiliza cada vez que la señal se divide en 2, es decir, la señal se separa en muestras numeradas como pares e impares.
 - . La descomposición está dada por: $\log_2 N$.
 - . La descomposición es un reordenamiento de las muestras, a continuación se muestra un ejemplo.



c) Por último, los N espectros se sintetizan en un arreglo de espectros de frecuencia.



Al unirse las dos señales de tiempo se mezclan de manera diferente, a una señal se le ponen en cero las posiciones pares y la otra señal las posiciones impares. La multiplicación del espectro de frecuencia por una senoidal es el corrimiento en el dominio del tiempo.

1.2.1.7. Codificación de Canal

Consiste en transformar secuencias binarias en secuencias mejoradas que incluyan redundancia estructurada cuyo fin es detectar y/o corregir los bits erróneos para lo cual se usan los bits redundantes.

El objetivo es disminuir la posibilidad de error o la relación señal a ruido de tal manera que garantice una cierta tasa de error.

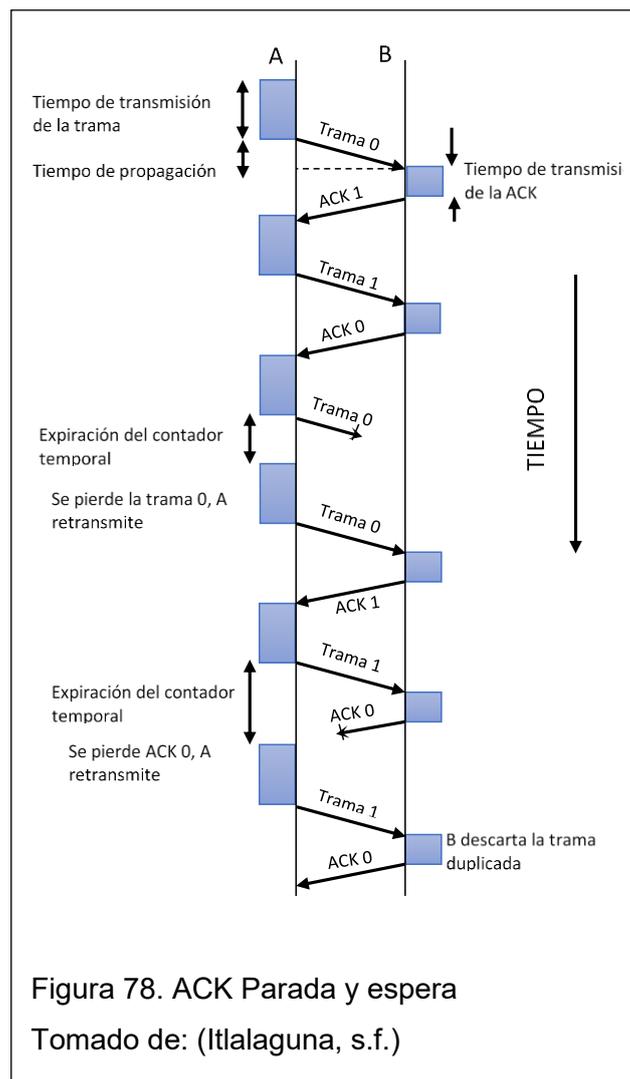
La teoría de la codificación de canal según Shannon mediante la relación: $C = B_T \log_2 (1 + \text{SNR})$ determina que la capacidad de un canal C es la máxima velocidad de transmisión sin errores (bits/s) en base del ancho de banda y la relación señal a ruido (SNR).

Técnicas de control de errores

1.2.1.7.1. Requerimiento de Repetición Automática (ARQ)

- Código para la detección de errores con conexión full dúplex.
 - Usa bits redundantes CRC para descubrir posibles errores.
 - Aplicado en comunicaciones donde el tiempo de respuesta no afecta la calidad del servicio.
 - El receptor envía una señal al transmisor señalando si detecto o no errores en los datos recibidos (NACK y ACK), por tanto, implica tener un canal de retorno que comunique al transmisor la recepción de bits correctos o erróneos.
-
- Tipos de ARQ
 - ARQ de parada y espera

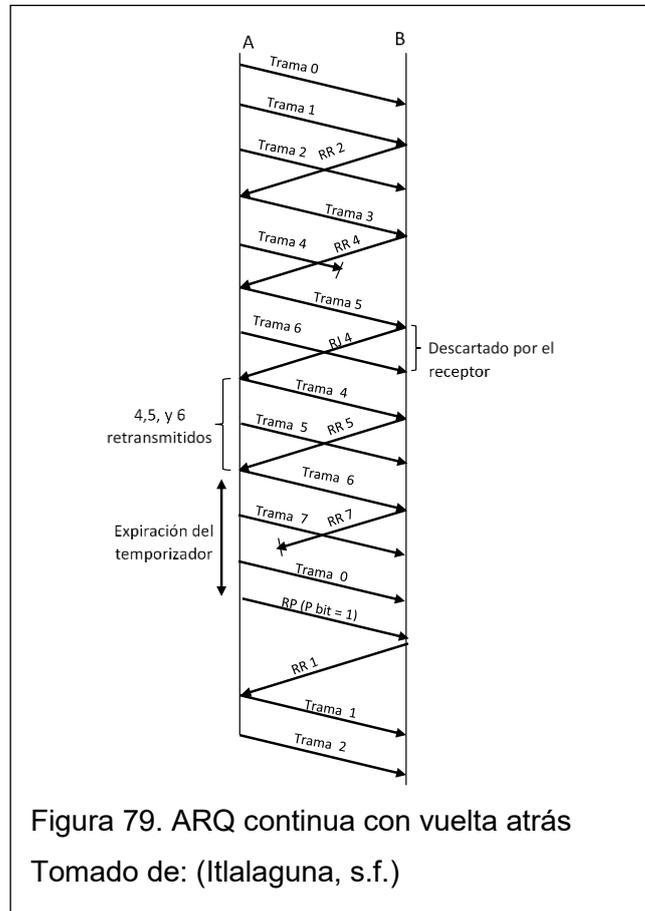
- Un bloque de información es enviado por el transmisor y espera del receptor una señal de reconocimiento (ACK) que le indica que la información fue recibida sin errores antes de proceder al envío de más datos.
- El receptor envía una señal de no reconocimiento (NAK) en caso de detectar errores y el trasmisor retransmite la información.
- Una conexión semidúplex es requerida para este proceso.



ARQ continua con vuelta atrás

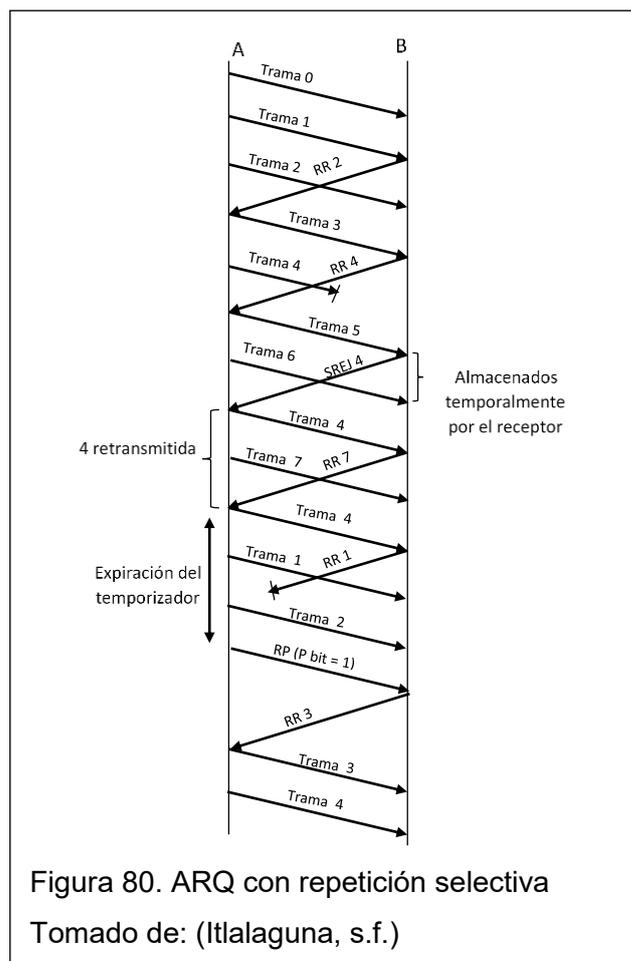
- La información es enviada en paquetes con un número de identificación ACK o NAK son enviados por el receptor con la identificación del paquete.

- En caso de recibir un NAK el transmisor procede a retransmitir la información a partir del bloque erróneo en adelante.



ARQ con repetición selectiva

- La información es enviada en paquetes con un número de identificación ACK o NAK son enviados por el receptor con la identificación del paquete, en caso de ocurrir un NAK se procede a la retransmisión de los mensajes recibidos con error.



1.2.1.7.2. Corrección de errores hacia adelante (FEC)

Para corregir errores usa bits redundantes y emplea un enlace unidireccional (simplex).

Los bits de paridad son diseñados para detectar y corregir la presencia de errores, es imposible corregir todos los posibles errores.

Utilizada en canales satelitales de alta velocidad donde el canal de retorno es prohibitivo, por el retardo de propagación (250ms)

- Tipos de FEC

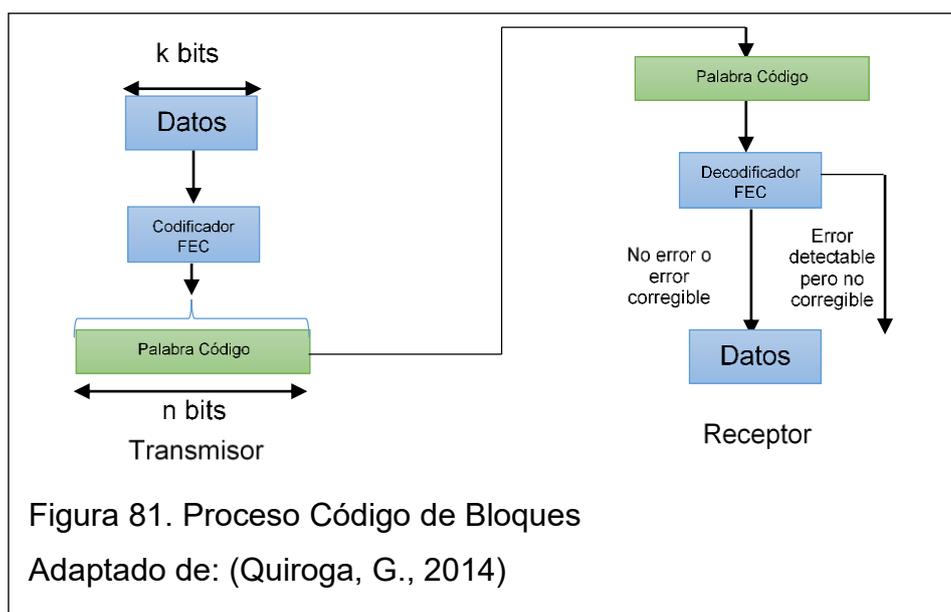
Código de Bloques

Cada bloque de "k" bit es mapeado a un bloque de "n" bit (palabra código y FEC). Luego, transmite la palabra código.

El bloque de bits recibidos puede ser parecido al FEC transmitido pero puede contener errores.

Cuando el código recibido pasa al decodificador se dan 4 casos:

1. El bloque original no contiene errores
2. Algunos bits erróneos pueden detectarse y corregirse
3. Algunos bit errados pueden detectarse y no ser corregidos
4. Algunos bits errados no serán detectados pero contienen errores.



Mediante este proceso se adiciona redundancia al mensaje transmitido y el receptor es capaz de deducir el mensaje original, a pesar de las tasas de error producidas.

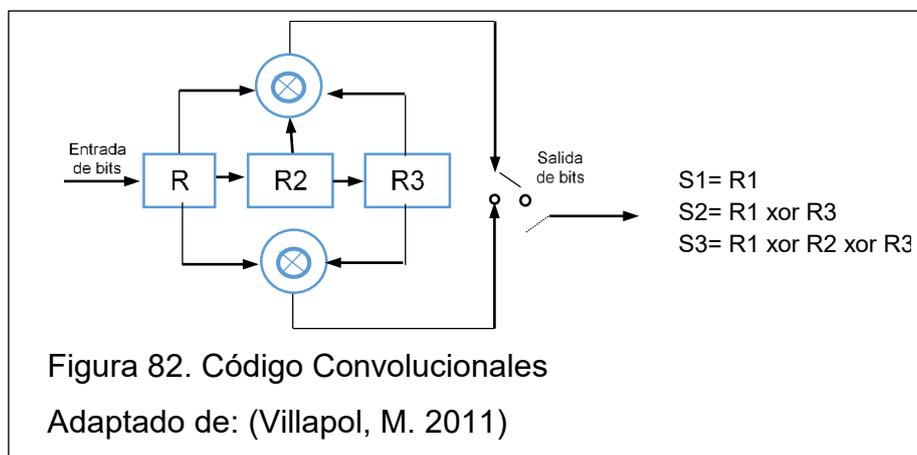
Código Convolucionales

Esta codificación se basa en el uso de un registro de desplazamiento y una lógica combinatorial.

Este código está representado por n , k y K (factor de restricción), donde la salida de n bits del código depende del bloque en curso de k bits de entrada y los $K-1$ bloques previos de k bits de entrada.

Los bits redundantes son generados continuamente y el chequeo y corrección de errores es continuo.

El funcionamiento se da de la siguiente manera; el codificador presentado es de un registro de tránsito (R1) y registros de memoria (R2 y R3), la entrada procesa k bits en un determinado tiempo, por cada k bits de entrada se producen n bits.



1.2.1.7.3. ARQ Híbrido (ARQ + FEC)

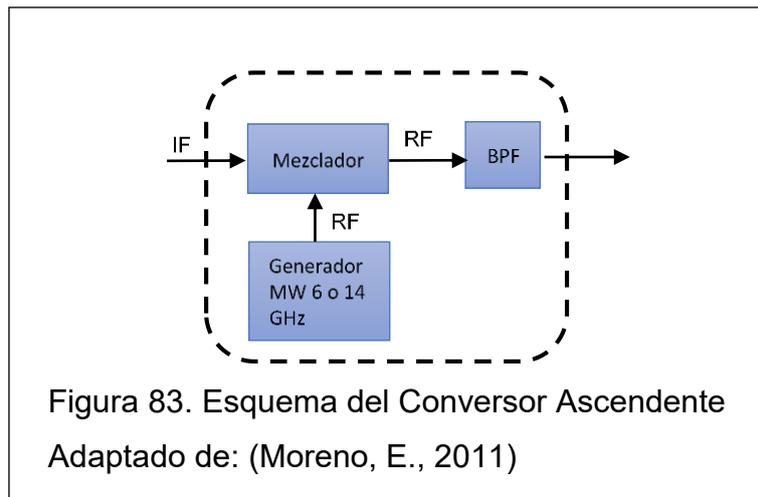
- . Códigos para la detección y corrección de errores, conexión full dúplex.
- . Con esta técnica se incrementa la eficiencia del sistema.

1.2.1.8. Transmisor/Receptor

Debido a la atenuación que sufre la señal en la transmisión satélite- tierra, esta señal captada por la antena es muy débil. Puesto que la frecuencia es elevada tiene que ser cambiada a una frecuencia menor para que llegue al receptor logrando la propagación por el medio físico (cable coaxial) con una atenuación menor.

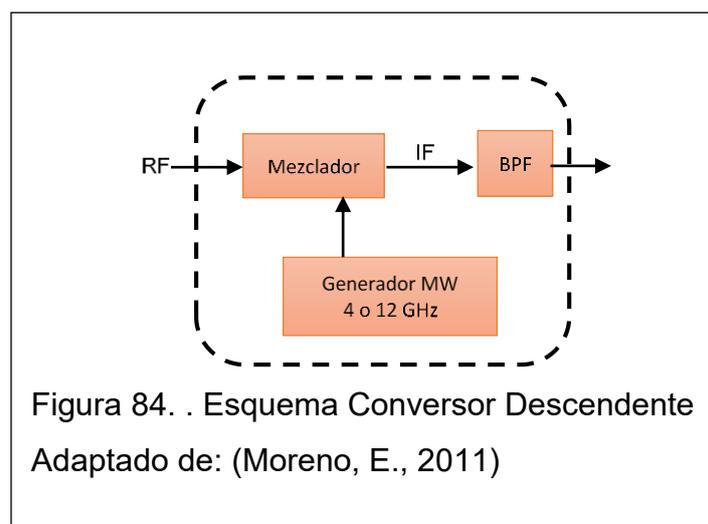
- Conversor Ascendente

Convierte la frecuencia intermedia (IF) a una señal de portadora de radio frecuencia (RF) apropiada.



- Convertor Descendente

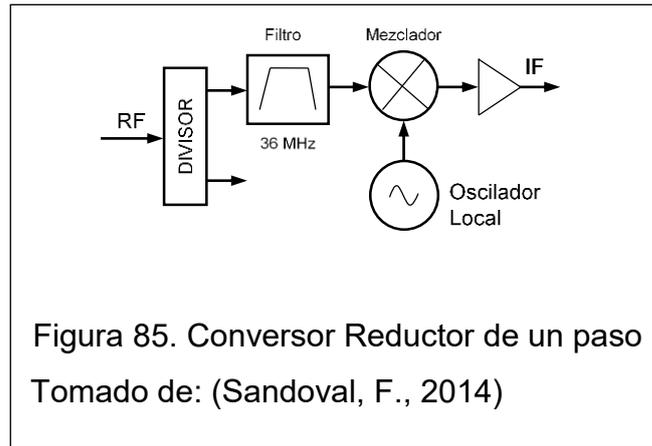
Cambia la señal de radio frecuencia (RF) a una frecuencia intermedia (IF) mediante la combinación de filtros mezclador/pasa bandas.



- Tipos de conversores

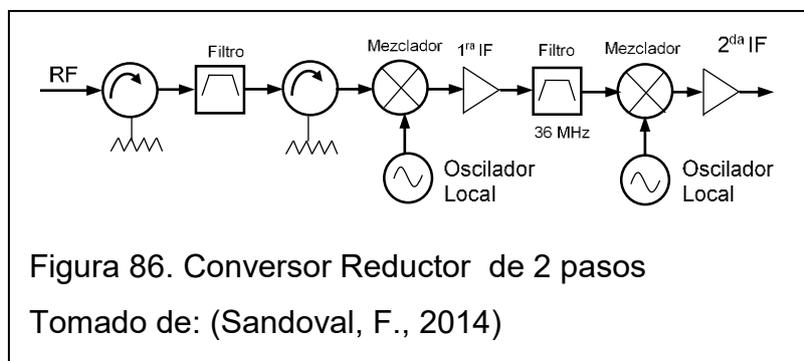
Un solo Paso

- Simple y eficiente
- La agilidad en frecuencias no es permitida
- No es usada en Estaciones Terrestres (ET) modernas.



Dos Pasos

- Proporciona completa agilidad en frecuencia
- El primer oscilador local, sintetiza y realiza cambios rápidos de frecuencia.
- El 2do filtro separa la porción de 36 MHz.
- El 2do oscilador local de f fija realiza la conversión de la f central de las señales seleccionadas a 70 o 140Mhz.



- Amplificador de Alta Potencia

Provee una adecuada sensibilidad a la entrada y potencia a la salida para irradiar la señal hasta el transponder del satélite.

- Amplificador de Baja Potencia

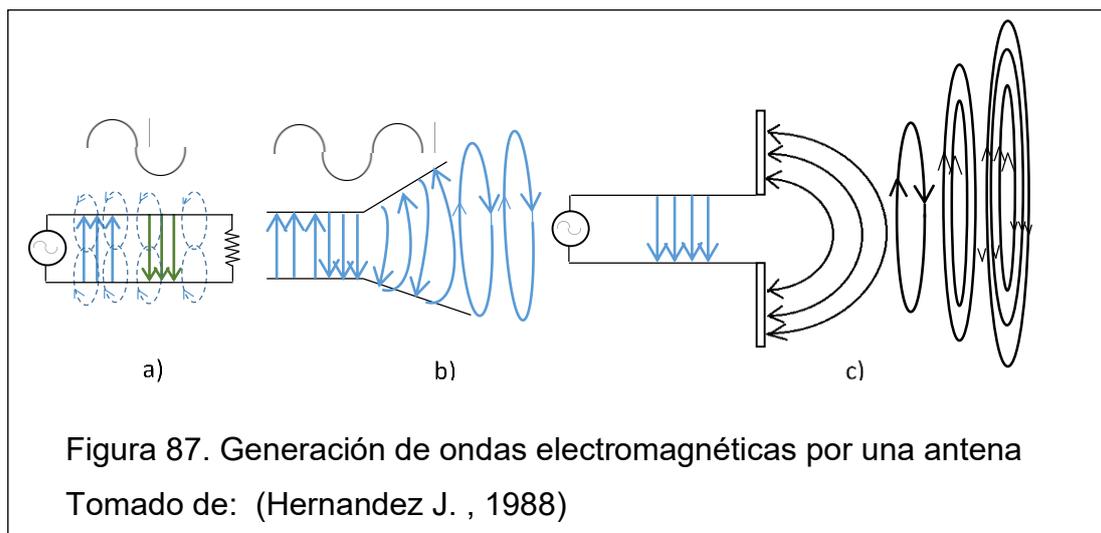
Incrementa la señal de Radio Frecuencia (RF) para transmitirla hacia los receptores de la estación terrena.

1.2.1.9. Antena

Dispositivo que permite el envío y recepción de ondas electromagnéticas, además es un elemento pasivo pues no es capaz de amplificar una señal, sin embargo posee ganancia.

- Principios de operación de una antena.

Para el funcionamiento se considera una fuente de voltaje interconectada a una línea bifilar. Al ser aplicado dicho voltaje se produce un campo eléctrico entre los conductores. La densidad de las líneas de fuerza constituye la magnitud relativa de la intensidad de campo eléctrico cuyas flechas muestran la dirección relativa; sea esta positiva o negativa. Debido al movimiento de cargas generan campo magnético (H) alrededor de cada conductor.



1.2.1.9.1. Parámetros del desempeño de una antena

Las características que miden el desempeño de diversos aspectos de un sistema radiante determinado son: (Rueda, 1988)

Parámetros antena en transmisión

- Directividad

Medida de la capacidad de dirigir la energía en cierta dirección en relación con otra antena tomada como referencia.

En enlaces inalámbricos se usa la directividad para concentrar la radiación en direcciones de interés y en estaciones móviles y otras fijas o ambas móviles, donde no se puede predecir la posición de las antenas se utiliza una antena omnidireccional pues irradia en todas las direcciones del plano horizontal.

- Ganancia

Relación de la intensidad entre la dirección de radiación determinada y de una antena de referencia. Para análisis teóricos se usa como referencia una antena dipolo resonante de media longitud de onda y una antena isotrópica.

Antena Dipolo resonante: usada para compararla con antenas de frecuencias determinadas o estrechas. Si al comparar con dichas antenas una dirección específica da un valor de 3dB un dipolo resonante debe ser expresado como 3 dB.

Antena Isotrópica: irradia energía en todas las direcciones de manera uniforme donde la densidad de potencia está dada por:

$$\vec{P} = \vec{E} \times \vec{H} \text{ [W/m}^2\text{]} \quad (\text{Ecuación 30})$$

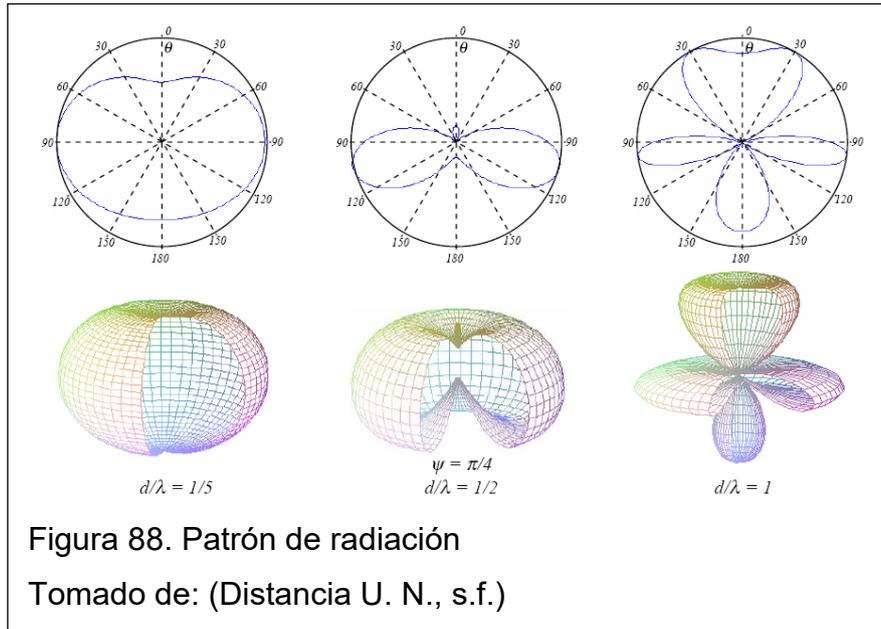
Donde;

E= intensidad de campo eléctrico [V/m]

H= intensidad del vector de campo magnético [A/m]

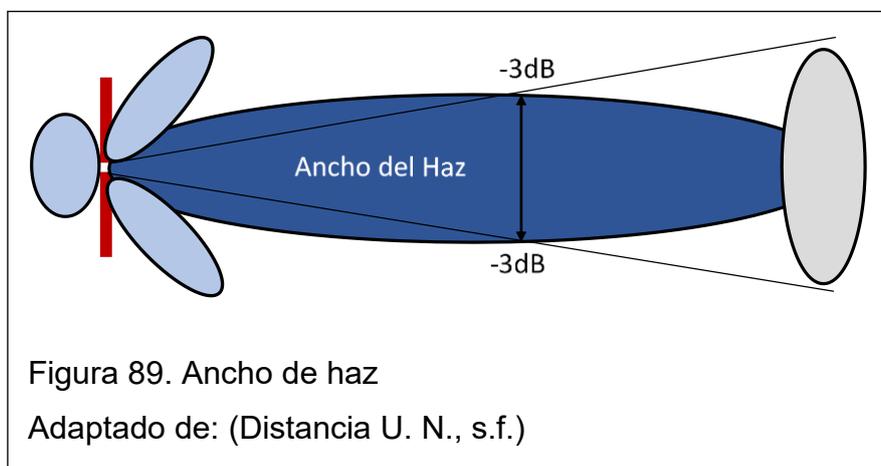
- Patrón o diagrama de radiación

Gráfico polar que representa la intensidad de campo o potencia en diferentes posiciones angulares en relación con una antena.



- Ancho del Haz a - 3dB

Intervalo angular donde la densidad de potencia irradiada es igual a la mitad de la potencia máxima (en la dirección principal de radiación).



- Impedancia de antena

Relación entre la tensión y la corriente en sus terminales de entrada. Los componentes de dicha impedancia tienen una parte reactiva (imaginaria) debido a los campos inductivos y la parte resistiva (real) provocada por los diversos elementos que provocan pérdida de energía de la antena.

$$Z_{\text{Entrada}} = \frac{E_i}{I_i} \quad (\text{Ecuación 31})$$

Donde,

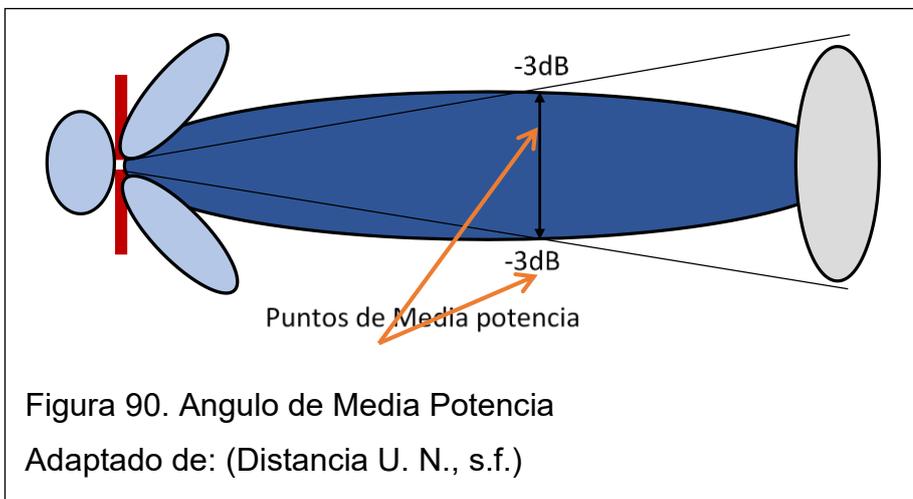
Z_{Entrada} = Impedancia de entrada (ohm)

E_i = Tensión de entrada (voltios)

I_i = Corriente de entrada (amperes)

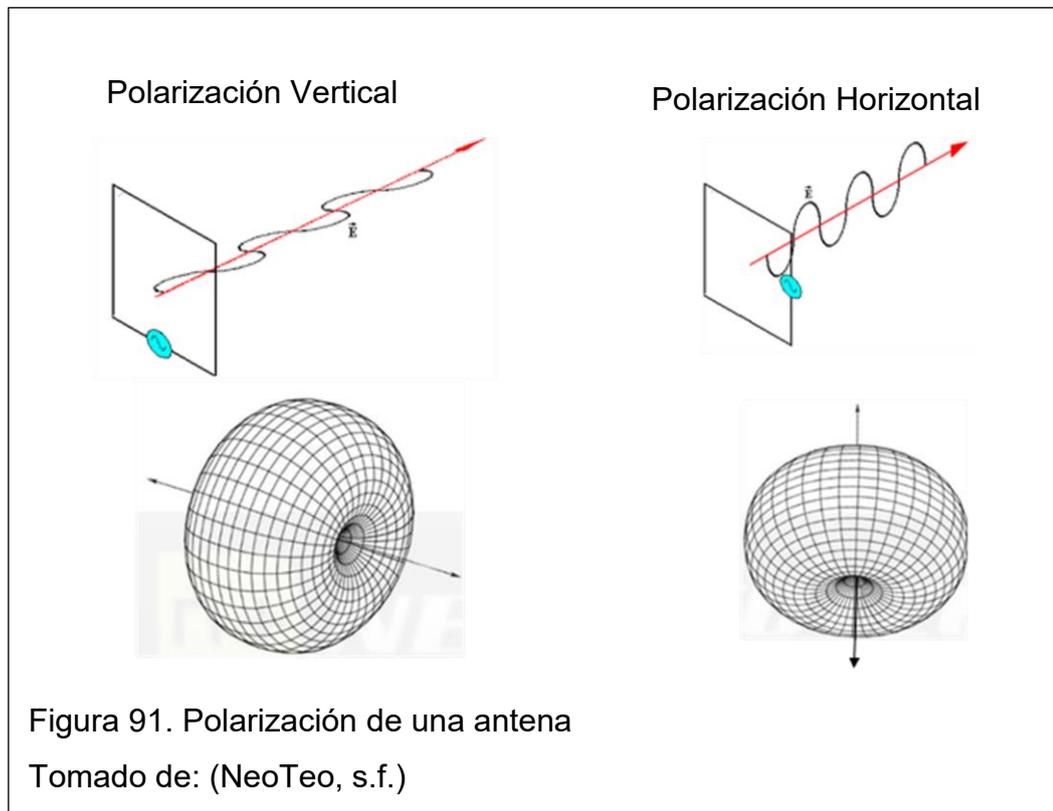
- Ángulo de media potencia

Ángulo dentro del cual se encuentra la mitad de la energía radiada.



- Polarización

Se define como la relación entre la densidad de potencia radiada en una dirección, a una distancia dada, y la densidad de potencia que radiaría a esa misma distancia una antena isotrópica que radiase la misma potencia que la antena. Dirección del campo eléctrico emitido por la antena.



- Ancho de banda

Rango de frecuencia en el cual las características de ganancia o impedancia no se modifican más allá de cierta cantidad (usualmente la mitad del valor máximo)

Se define mediante la ecuación:

$$AB = [\%] = 100 \frac{f_H - f_L}{f_c}$$

(Ecuación 32)

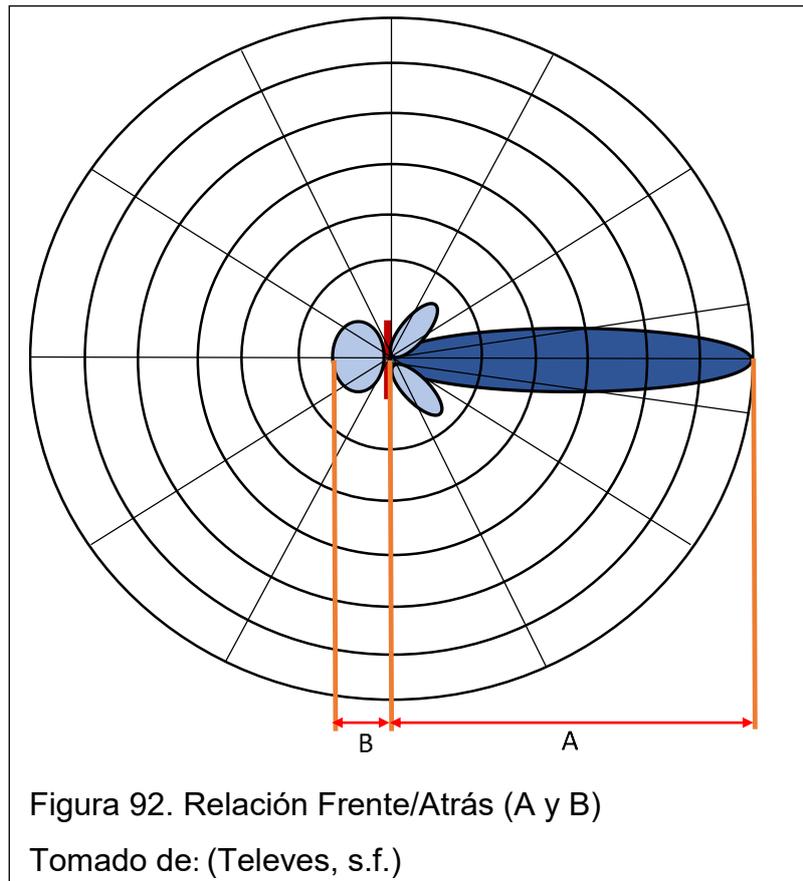
f_H : frecuencia más alta.

f_L : frecuencia más baja.

f_c : frecuencia central

- Relación frente-atrás

Se encuentra entre la radiación máxima en dirección del eje de la antena y la radiación en dirección contraria.



Parámetros antena en recepción

- Adaptación

Las antenas que reciben datos tienen un circuito equivalente de Thevenin formado por una impedancia de antena y un generador de tensión donde la tensión e intensidad debe ser iguales en el circuito real y el circuito equivalente.

$$W_{rm} = \frac{|V_a|^2}{2R_a} \quad (\text{Ecuación 33})$$

Donde,

W_{rm} = Adaptación de la antena

V_a = Tensión de la antena

R_a = Resistencia de la antena

Si no existe adaptación la potencia recibida por una carga ($R_L + jX_L$) conectada a una antena de impedancia ($R + jX$), se calcula como:

$$W_r = \frac{|V_a|^2 R_L}{(R_a + R_L)^2 + (X_a + X_L)^2} \quad (\text{Ecuación 34})$$

Donde,

V_a = Tensión de la antena en circuito abierto

R_L = Resistencia del Receptor

R_a = Resistencia de la Antena

X_a = Reactancia de la Antena

X_L = Reactancia de Receptor

El coeficiente de adaptación (C_a) es la relación entre la potencia recibida y la potencia de máxima transferencia si se da el caso.

$$C_a \frac{W_r}{W_r^m} = \frac{4R_a R_L}{(R_a + R_L)^2 + (X_a + X_L)^2} \quad (\text{Ecuación 35})$$

- Área y longitud efectiva

Es relación entre la potencia recibida y la densidad de potencia incidente en una antena. Debe existir adaptación entre la antena y la carga para que haya máxima transferencia de potencia.

$$A_{ef} = W_r / P_t \quad (\text{Ecuación 36})$$

La longitud efectiva polarizada linealmente es la relación entre la tensión y el campo incidente en la antena

$$L_{ef} = V_a / E_i \quad (\text{Ecuación 37})$$

Donde,

L_{ef} = Longitud efectiva

V_a = Tensión de la antena en circuito abierto

E_i = Campo de incidencia de la antena

(Rueda, 1988)

- Clasificación de las antenas

Tabla 8. Clasificación de las antenas

		Tipo de Antena	Características
Por su Forma de Radiación		Omnidireccionales	Dipolos eléctricos y magnéticos, antenas de parche
		Direccionales	Yagi-Uda, reflectores parabólicos, helicoidales, arreglos dipolares, a su vez pueden ser endfire o broadside, es decir radiar en dirección del eje de la antena o en dirección perpendicular a ella
		Electrónicamente direccionales y adaptativas	Arreglos de antenas de fase controlada (AAFC) y arreglos de antenas activas de fase controlada (AAAFC). Sus elementos pueden ser dipolos. Antenas de parche, hélices, etc.
Según su geometría y/o construcción		Independientes de la frecuencia (mayor AB)	Logarítmicas, espirales
		Delgadas (wire antenas)	Dipolos eléctricos y magnéticos, Yagui-Uda, helicoidal, arreglo de dipolos
		De Abertura	Guía de onda, corneta, reflectores parabólicos e hiperbólicos
		Autodefinidas	Logarítmicas, espirales, espirales cónicas
		Planares	Antenas de parche (diversas geométricas), espirales
		Cuasi-ópticas	Aberturas, antenas de Fresnel

Adaptado de: (Rueda, J., 1988)

- Tipos de Antenas según el patrón de radiación.

Las más usadas en bandas libres son:

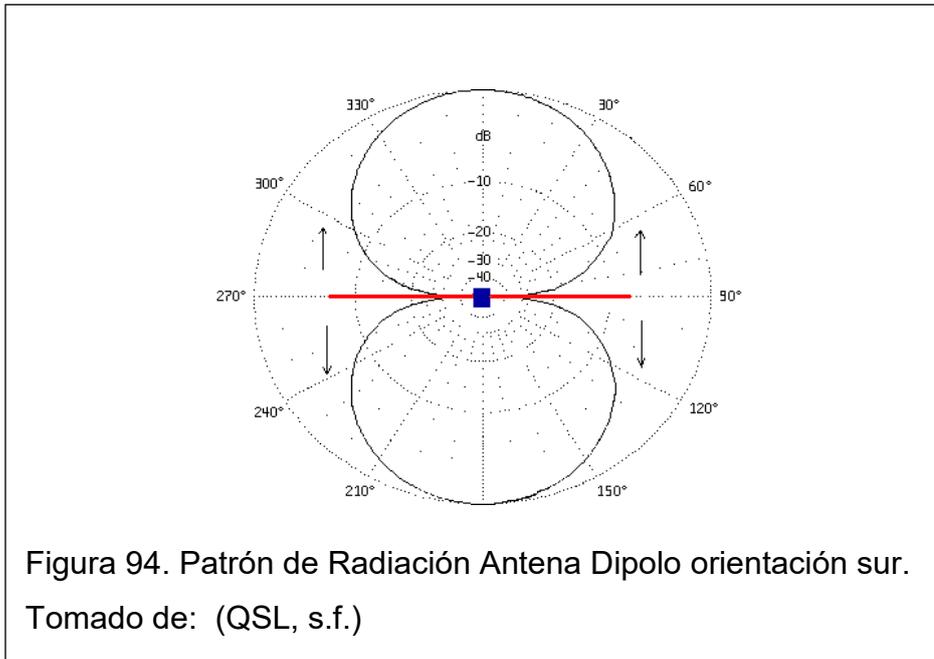
Antena dipolo

- Sensible a inclinaciones inesperados fuera de la posición vertical.
- Movimiento vertical máximo 45° antes que se degrade el desempeño a la mitad.



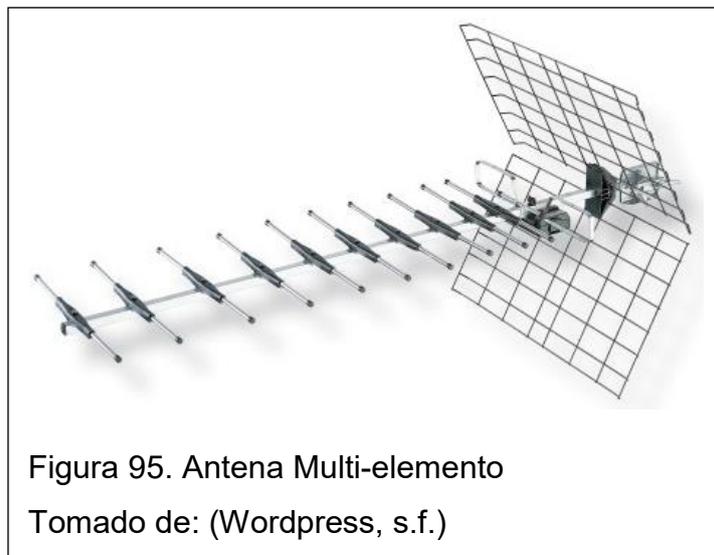
Figura 93. Antena dipolo / UHF / VHF 325 - 1 000 MHz | TV-2

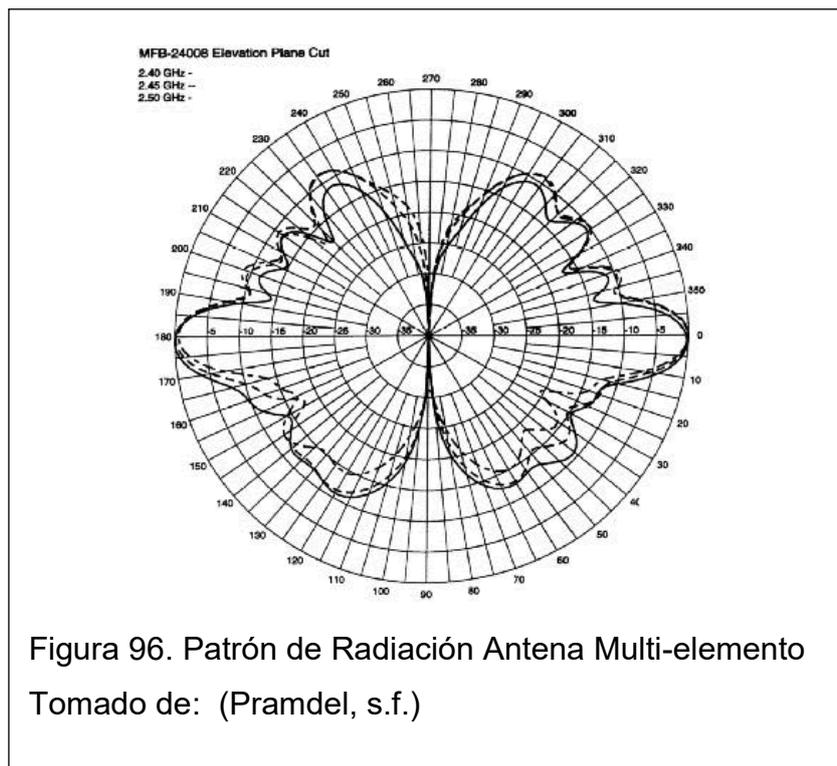
Tomado de: (Industry, s.f.)



Antenas Dipolo Multi-elemento

- Mayor dirección de la antena en el plano vertical.
- Configurable para obtener ganancias elevadas por la utilización de varios elementos.
- Opera de manera eficiente en la configuración horizontal, puesto que irradia en todas las direcciones.

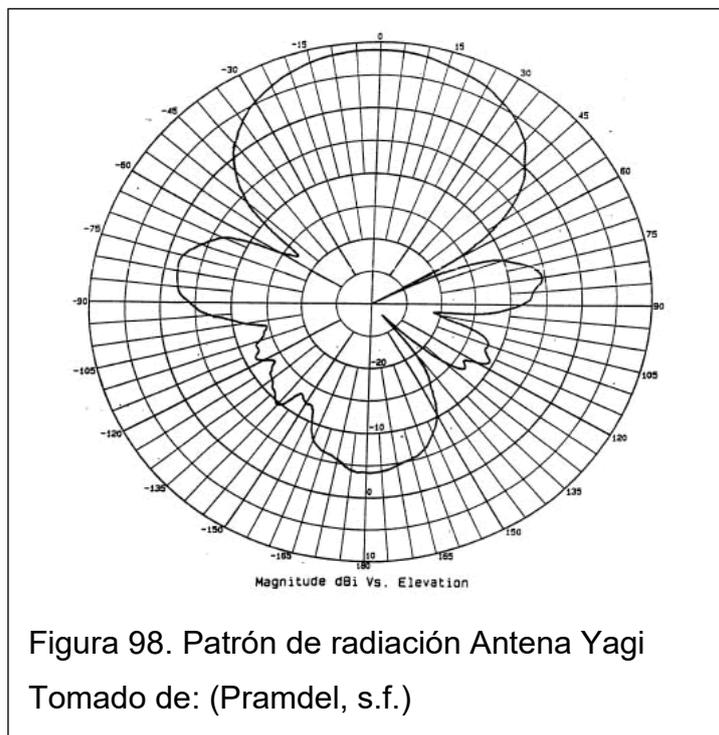




Antenas Yagi

- Arreglo de elementos autónomos de antena donde un único elemento transmite ondas de radio.
- El número de elementos directores determina la ganancia y la directividad.





Antenas Panel Plano

- Configuradas con un tipo Patch o parche cuya geometría posee una línea micro strip y se compone al menos de un plano de masa inferior y encima un elemento radiante que se sitúa justo encima de dicho sustrato.
- Direccionales sea vertical u horizontal.
- Bajo peso, fáciles de fabricar, bajo costo.



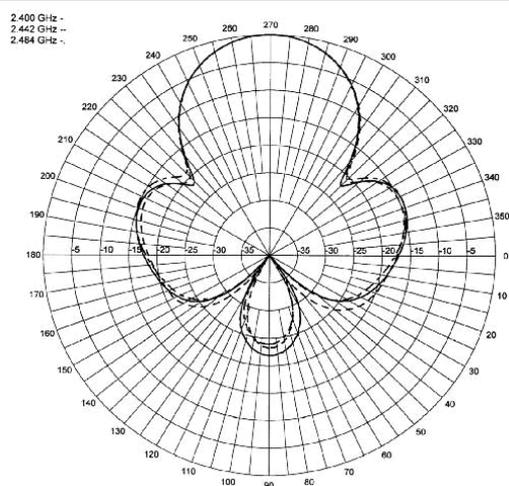


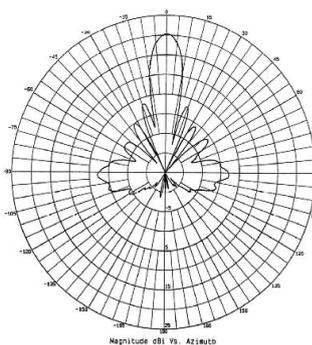
Figura 100. Patrón de Radiación de azimut Antena Panel Plano
Tomado de: (Pramdel, s.f.)

Antenas Parabólicas

- Se caracteriza por tener reflectores parabólicos.
- Alta ganancia y direccionalidad.
- Se utiliza en enlaces satelitales, por microondas u otras a grandes distancias.
- Usa un plato reflector en forma de parábola para orientar a un punto concéntrico las ondas de radio recibidas.



a)



b)

Figura 101. Antena Parabólica

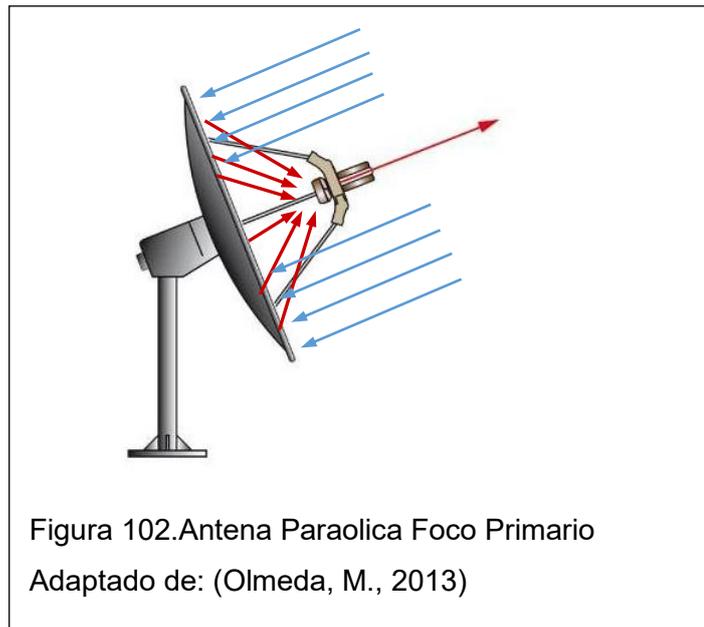
Tomado de: (Ccopa, 2015)

- a) Antena
b) Patrón de radiación

- Tipos de Antena Parabólicas

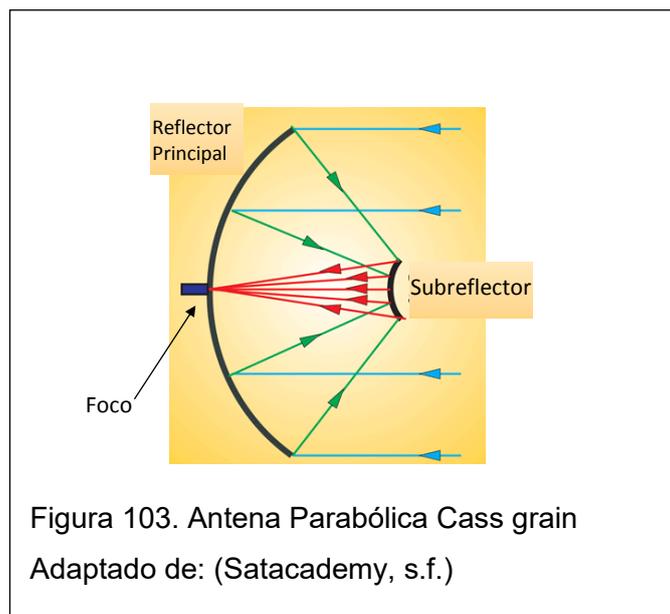
Foco Primario

- Las ondas tienen incidencia en el eje principal donde se irradian y van al foco, la superficie es un paraboloide.
- Posee un rendimiento del 60% que es la energía aprovechada del total que llega a la antena.
- El tamaño suele ser de 1.5m de diámetro.



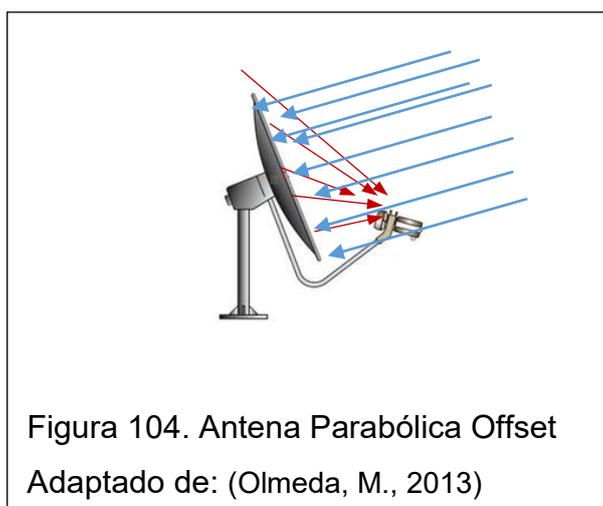
Cass grain

Se caracterizan por tener 2 reflectores donde las ondas chocan y se reflejan primero en el reflector principal luego en el subreflector y por último llegan al foco donde está situado el detector.



Offset

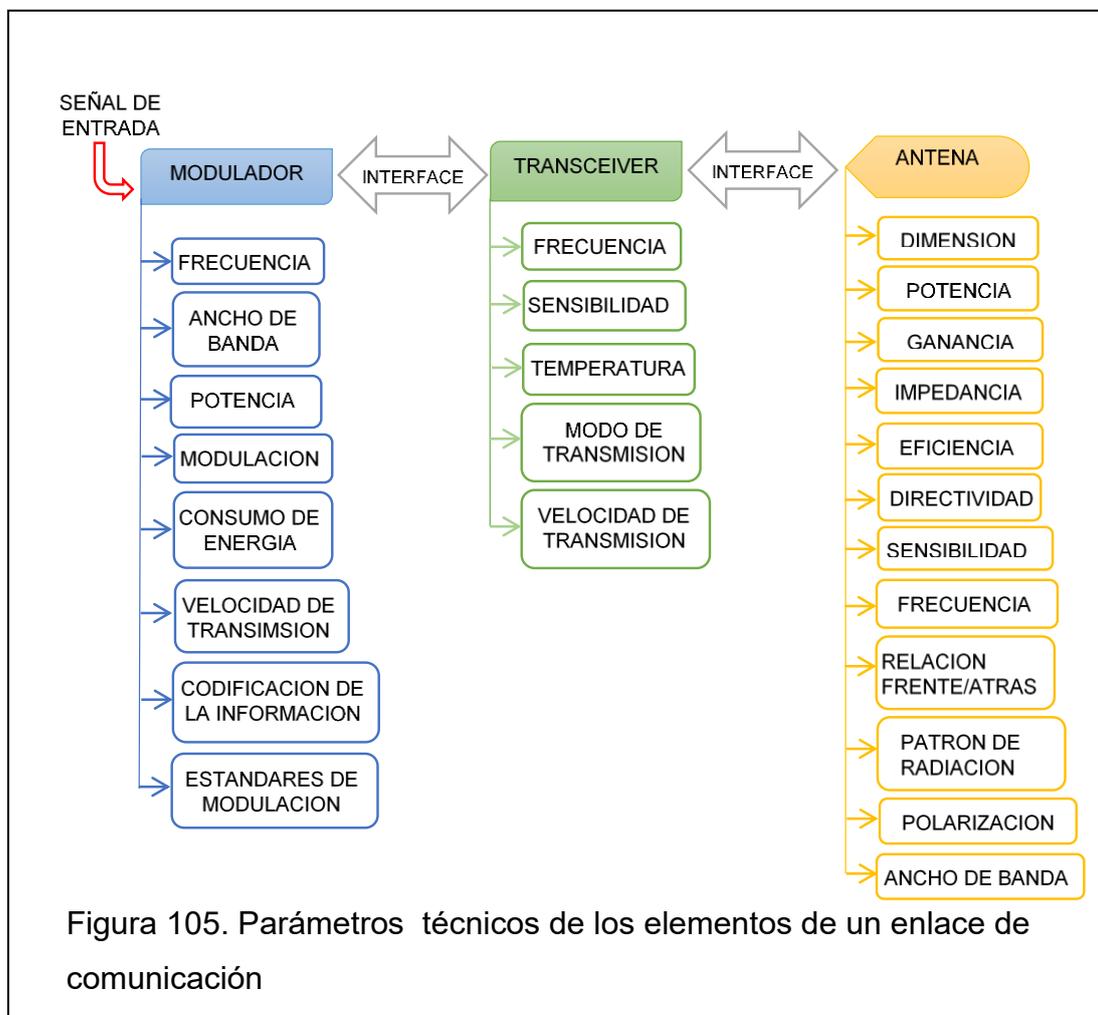
- La relación Offset es la diferencia entre la inclinación y la señal que está captando la antena.
- Orientadas hacia satélites determinados pero no requiere precisamente apuntar a dicho satélite.
- La concentración de energía es de hasta un 85%.
- El foco está ubicado en la parte baja de la antena logrando obtener una menor inclinación pudiéndose instalar en la pared.



2. CAPÍTULO II: ANÁLISIS DE LAS TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIONES EN VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS.

El análisis se realiza en base a las aplicaciones: Misiones Militares, Control de Incendio Forestal, Reconocimiento y Vigilancia de Corto Alcance y Aplicaciones de Observación, Vigilancia e Internet a Usuarios. Además se dispone de parámetros técnicos y elementos principales que forman parte de un enlace de comunicación.

Elementos Principales y parámetros de un enlace de comunicación



2.1. Áreas de Aplicación de los UAV

Existen diversas áreas de aplicación donde el uso de UAVs brinda soluciones eficientes a numerosas necesidades. Para fines de investigación se abarca aplicaciones tanto civiles como militares, a continuación, se detalla dichas aplicaciones:

Tabla 9. Aplicaciones de los UAVs

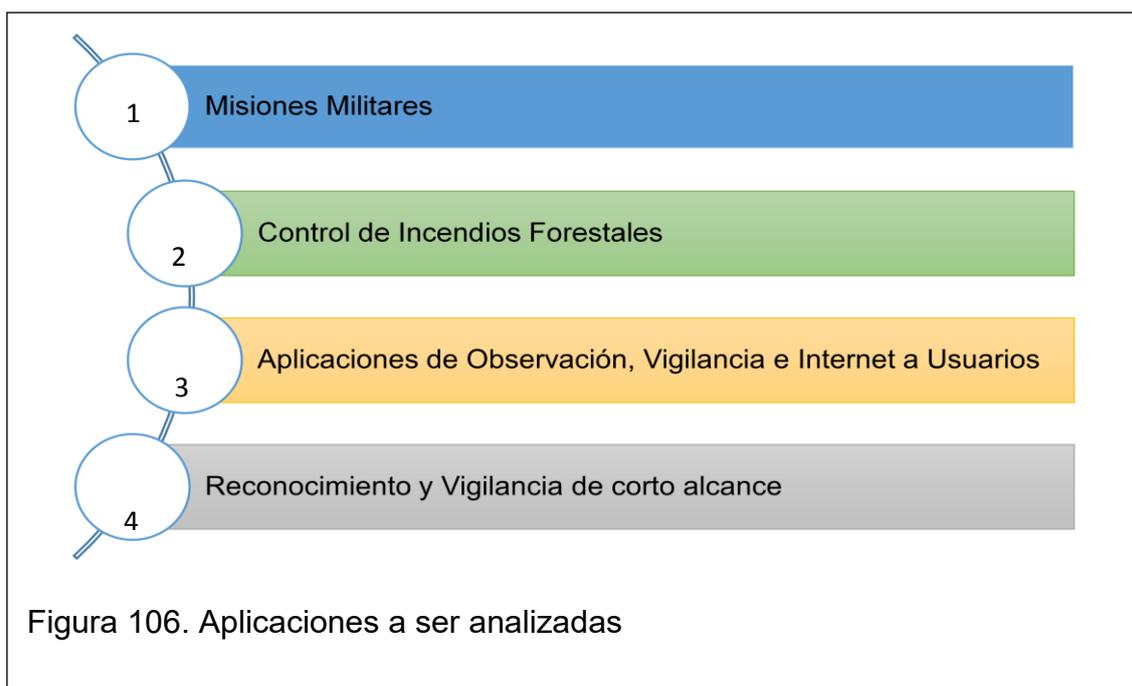
Aplicación	Ejemplo
Inspección de infraestructuras	<ul style="list-style-type: none"> · Líneas eléctricas · Oleoductos · Puentes, edificios de gran tamaño
Vigilancia de fronteras	<ul style="list-style-type: none"> · Inmigración · Contrabando · Supervisión, control y grabación vehicular en horas con mayor concentración de tráfico
Climatología	<ul style="list-style-type: none"> · Toma de muestras y partículas de aerosol. · Monitoreo de contaminantes atmosféricos
Agricultura	<ul style="list-style-type: none"> · Aplicación de fumigantes · Agricultura de precisión
Desastres no naturales	<ul style="list-style-type: none"> · Radioactivos. · Vertidos contaminantes. · Prevención y control de incendios forestales.
Localización de recursos naturales	<ul style="list-style-type: none"> · Pesca · Minería
Filmografía	<ul style="list-style-type: none"> · Reportes topográficos · Cine
Patrulla marítima	<ul style="list-style-type: none"> · Inmigración · Contrabando

Transporte de paquetería	<ul style="list-style-type: none"> · Traslado de mercadería adquirida en un sitio web
Observación Aérea	<ul style="list-style-type: none"> · Naufragios. · Accidentes en montañas o zonas de difícil acceso. · Topografía, levantamiento de mapas · Reconocimiento y toma de datos en desastres naturales como huracanes, erupciones volcánicas, etc. · Supervisión de tráfico
Misiones Militares	<ul style="list-style-type: none"> · Misiones de reconocimiento · Servicio de escolta a un convoy militar · Misiones de ataques

Adaptado de: (Dynamics, s.f.)

2.2. Análisis de Áreas de Aplicación

Las aplicaciones detalladas en la Tabla 10 se agrupan en 4 grupos para ser analizadas con mayor profundidad y se ilustra a continuación.



2.2.1. Misiones Militares

Las misiones militares hacen uso de UAVs con dimensiones de 8,5m de envergadura y 5,85m de longitud con autonomías de vuelo de hasta 15 horas motivo por el cual la distribución de peso es crítica y esto hace que la distribución de la electrónica y equipo de comunicación sea por todo el fuselaje.

(Xataka, 2015)

Los equipos de vuelo cuentan con GPS ubicados junto al motor del avión y junto a la antena de transmisión. La aeronave funciona en conjunto con la estación de control en tierra GCS (comunicación satelital) y con un terminal en tierra GDT (equipos que cuentan con línea de vista directa).

- Enlaces Dedicados o Satelitales

No requieren de otros sistemas de comunicación y control, su enlace de comunicación es único y hacen uso de sistemas satelitales.

Las bandas de frecuencia usadas son la Banda-Ku y la Banda-L de satélites Geoestacionarios obteniendo un enlace de comunicaciones full-dúplex permitiendo la transferencia de información en tiempo real de los sensores y cámaras del UAV en un solo salto.

- Enlaces Integrados o Enlaces de línea de Vista (LOS)

Usan medios de comunicación como enlaces punto a punto o multipunto entre equipos en tierra o entre UAVs. Los radio enlaces funcionan en la banda militar, banda C de 3.9 a 6.2 GHz.

El estudio se centrará estrictamente en los enlaces de comunicación satelitales puesto que los enlaces de línea de vista directa son usados para aplicaciones militares y civiles, éstos se profundizarán en la siguiente aplicación.

La banda que utilizan todos estos sistemas de comunicación satelital es la banda Ku y los elementos principales de las aeronaves son:

- Cámaras: equipadas con sistemas infrarrojos que puede funcionar tanto en el día como en la noche y son capaces de detectar a una persona a 1500m de altura e identificar su rostro, cuenta además con cámaras multiespectrales.
- Radares de apertura simétrica SAR: La información recopilada de estos sensores, cámaras y radares son transmitidas a la GCS a través del sistema de comunicación satelital.

2.2.1.1. Requerimientos Técnicos para Comunicación Satelital del UAV

Debido a las grandes distancias que un UAV recorre para fines militares se ve la necesidad de hacer uso de un enlace de comunicación que permita mantener en constante comunicación al UAV con la estación en tierra, un enlace satelital cubre estas necesidades haciendo uso de bandas propias para uso militar, aunque hoy en día también se usan bandas de comunicación civiles. Las transmisiones militares usan la Banda militar Ku siendo la más eficiente en cuanto a capacidad y seguridad. En el UAV se encuentran todos los sensores de percepción remota y elementos de comunicación ubicados en la parte interior y exterior de la aeronave.

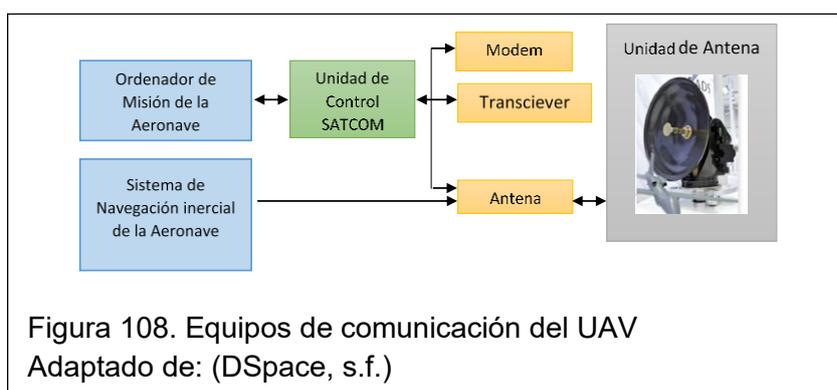


Los requerimientos para establecer un enlace de comunicación entre el UAV y la estación terrena son los siguientes:

- Disponibilidad: Los UAV de misiones militares recorren 15 horas de vuelo en la cual recopilan información y lo transmiten a través del enlace satelital, por este motivo, se requiere que el sistema de comunicación envíe los mismo a la GCS de manera que se tenga facilidad de adquirir los datos recolectados en cualquier lugar y momento.
- Ancho de banda: Alta capacidad por la generación de grandes volúmenes de datos generados en los sensores de abordo. Se hace uso de la banda KU ya que es la más adecuada para transmitir grandes cantidades de información a través de la antena satelital.
- Seguridad de las comunicaciones: Se tienen misiones de reconocimiento y tácticas militares que requieren precisión en los datos obtenidos a fin de que el usuario pueda tomar decisiones correctas en base a ellas, además, la información debe llegar completa sin perdidas y no puede ser vulnerable.

2.2.1.2 Esquema de Comunicación Satelital

La computadora principal del UAV se encarga de procesar la información que será recibida por cada uno de los sensores y elementos de abordo encargados de recolectar la información y transmitirlos por todos los equipos del sistema satelital, estos datos son entregados desde la computadora principal a la unidad de control donde se encuentran el transceiver, el modulador y la antena satelital.



- Módem

Un dispositivo lógico programable FPGA se encarga del procesamiento de la señal, se considera OFDM para transmitir los datos haciendo uso de técnicas de modulación como BPSK, QPSK, QAM, etc. A través de las transformadas de Fourier FFT y su inversa IFT es implementada la modulación. Las transformadas mapean los datos en subportadoras ortogonales, cada subportadora usa diferentes técnicas de modulación.

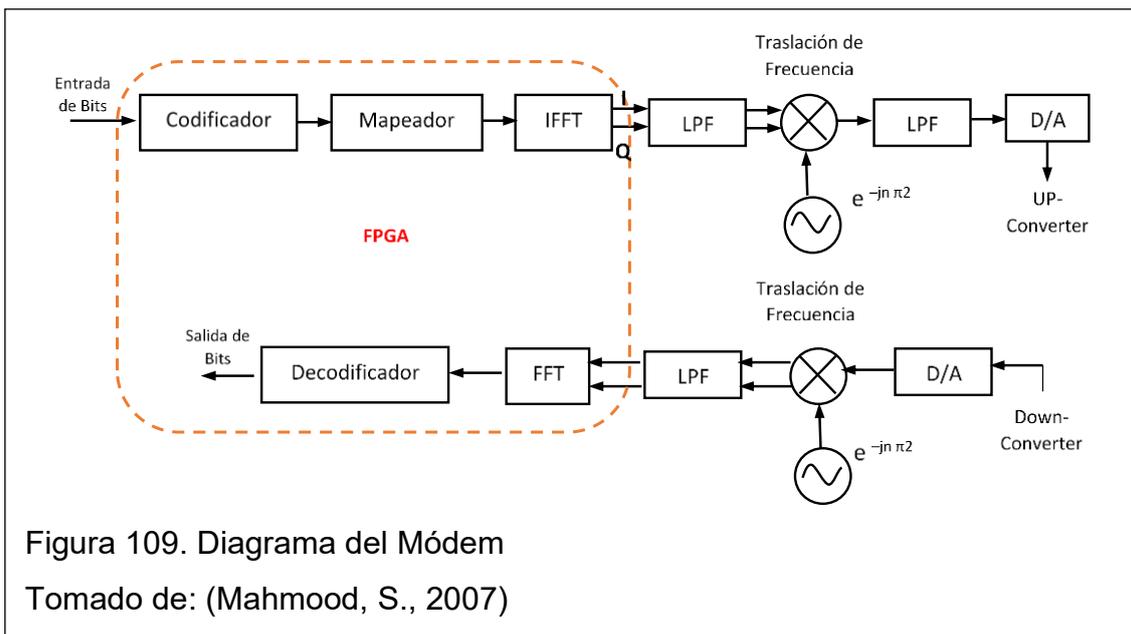


Figura 109. Diagrama del Módem
Tomado de: (Mahmood, S., 2007)

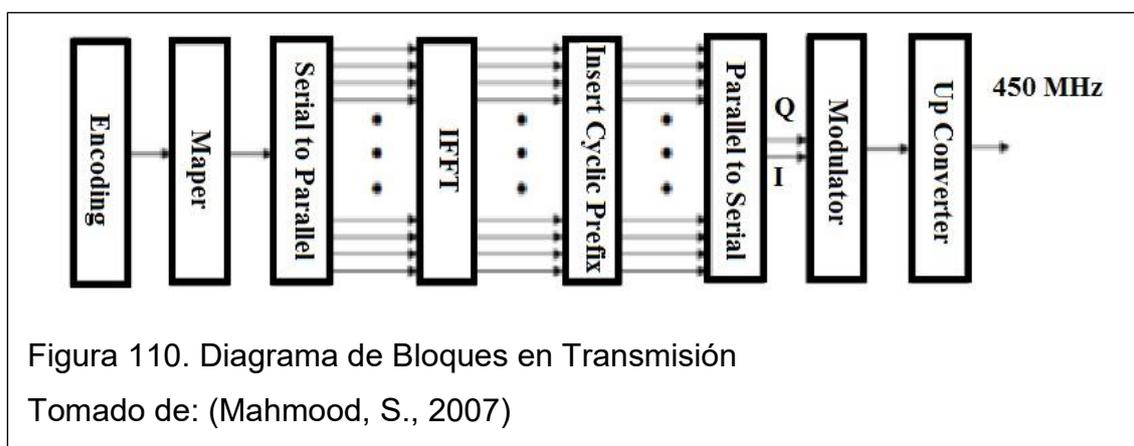
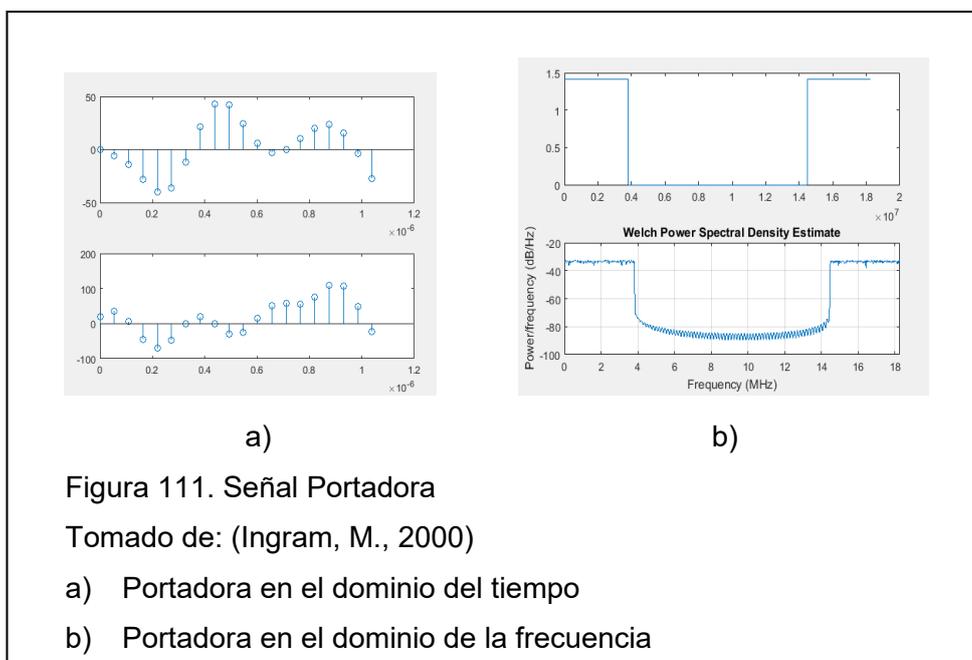


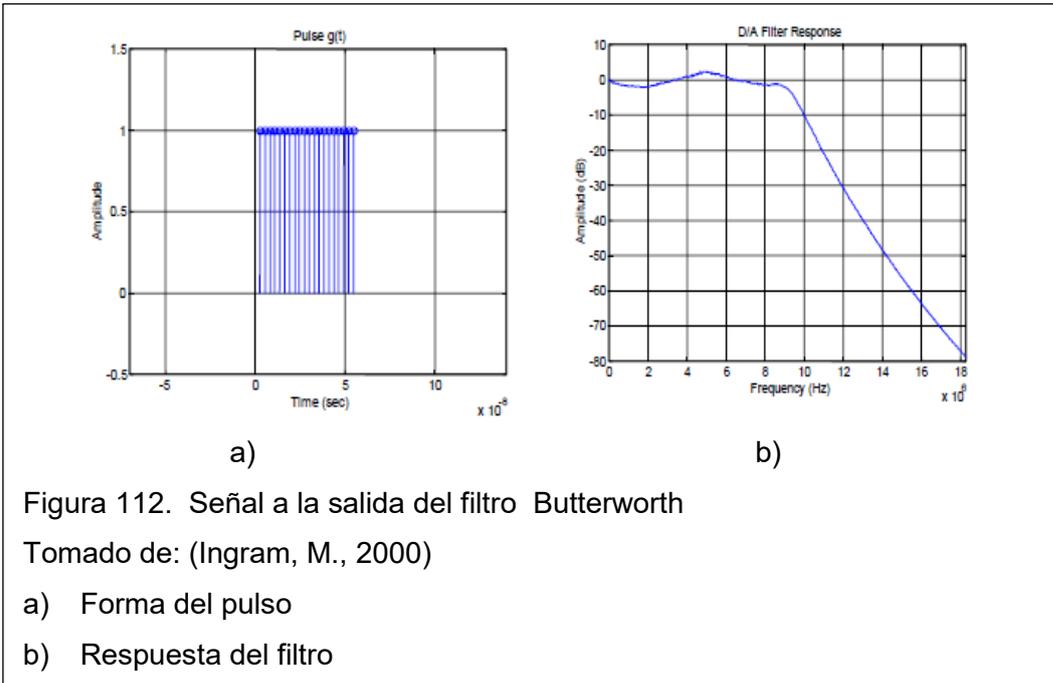
Figura 110. Diagrama de Bloques en Transmisión
Tomado de: (Mahmood, S., 2007)

La Figura 110 muestra un diagrama de bloques de la generación de un símbolo OFDM. El principio básico de OFDM es dividir la señal del espectro en N

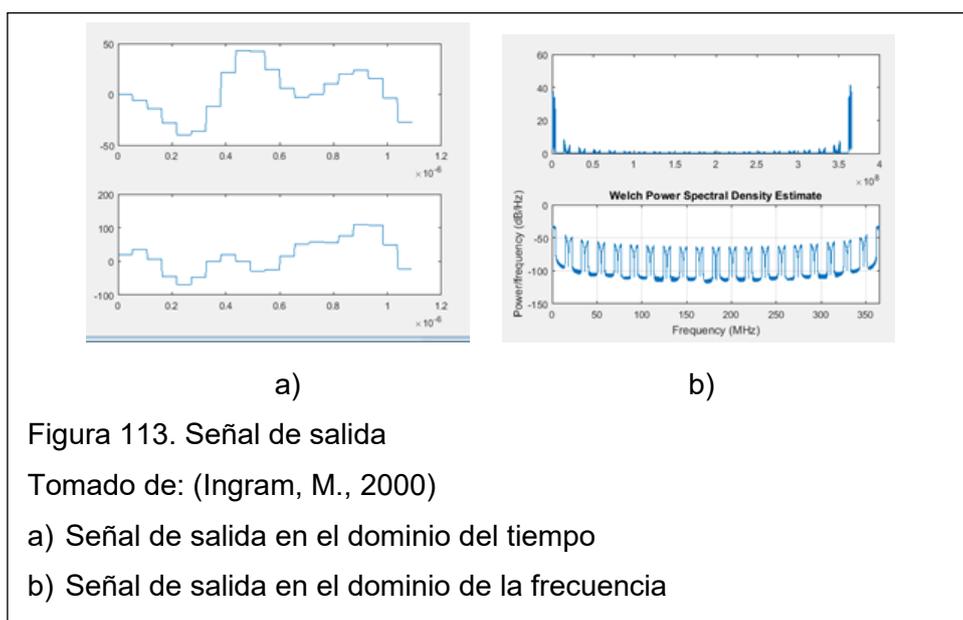
subportadoras. Los datos pasan a través del codificador hacia el bloque de mapeo donde la señal es mapeada a señales de constelación como QAM o QPSK por ejemplo. En la figura 111 se puede observar el resultado de esta operación. LA IFFT se usa para producir el mapeo de los símbolos en subportadoras ortogonales.



Para combinar diferentes subportadoras, mediante el uso de la IFFT una señal compuesta es alcanzada y se convierte la señal de dominio de frecuencia a dominio de tiempo. Podríamos utilizar esta señal de banda base en las simulaciones de dominio de tiempo discreto pero hay que recordar que los principales inconvenientes que produce OFDM están en el dominio de tiempo continuo; Por lo tanto, debemos proporcionar una herramienta de simulación para el segundo. El primer paso para producir una señal de tiempo continuo es aplicar un filtro de transmisión, $g(t)$, para los portadores de señales complejas. La figura 112a muestra la respuesta al impulso, o forma del pulso, de $g(t)$.



Las figura 113 muestran la señal a la salida de este filtro de transmisión en el dominio del tiempo y frecuencia respectivamente y cuya respuesta es periódica. La respuesta del filtro se muestra en la figura 112b, es un filtro Butterworth de orden 13 y la frecuencia de corte de aproximadamente $1/T$. La salida del filtro se muestra en la figura 114, el filtrado se realiza como se esperaba ya que queda sólo el espectro de banda base.



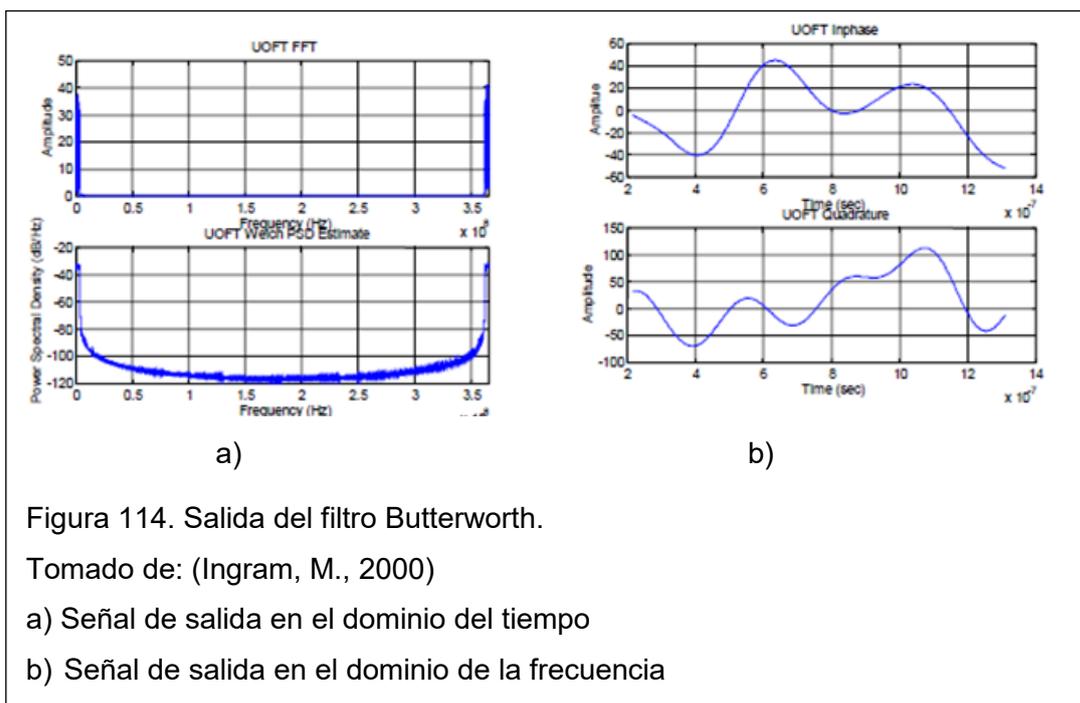


Figura 114. Salida del filtro Butterworth.

Tomado de: (Ingram, M., 2000)

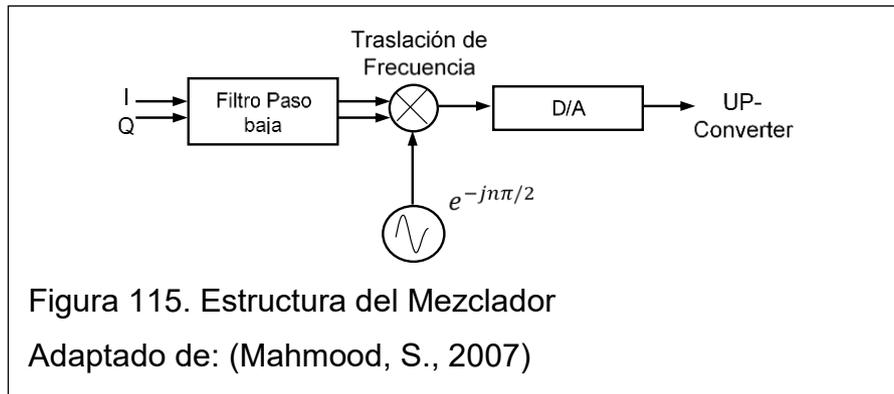
a) Señal de salida en el dominio del tiempo

b) Señal de salida en el dominio de la frecuencia

En el prefijo cíclico se añaden muestras a los datos con el fin de superar la interferencia intersímbolo (ISI). La adición del prefijo cíclico depende de las subportadoras, mientras más subportadoras una menor sobrecarga es introducida en CP. En la sección CP las muestras de datos son copiadas desde la IFFT y remplazadas en el paquete OFDM debido a que la convolución entre la respuesta de impulso del canal y los datos es circular y la interferencia desde el último símbolo afectará solamente a la primera muestra en el inicio del símbolo OFDM. Por lo tanto en el receptor este CP se descarta y la convolución circular hace que la ecualización sea mucho más fácil con el receptor. La velocidad de los datos decrece mediante el siguiente factor debido a la inserción de CP.

$$R = \frac{N}{N+n} \quad (\text{Ecuación 38})$$

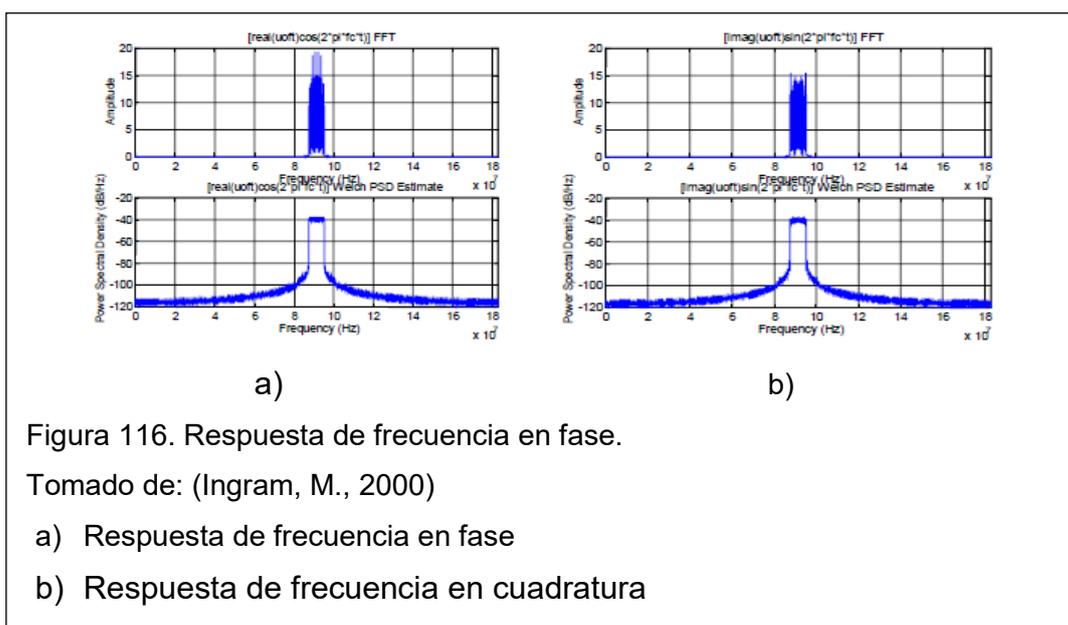
De la formula anterior se determina que la velocidad de los datos disminuye si el número de muestras incrementa en el CP. Las longitudes deben encontrarse en el orden de la longitud de canal de respuesta de impulso. La señal es convertida nuevamente en la forma serial mediante el uso de un conversor paralelo a serial para finalmente ser enviada al mezclador (figura 115)



Durante la transmisión el mezclador en cuadratura recibe las señales en forma de multiplicación de señales en banda base I - Q con el oscilador local y un desplazamiento de 90 grados, estas señales se las conoce como ortogonales entre sí en el mezclador en cuadratura, aquí se produce el multiplexado en cuadratura de doble banda lateral con modulación de amplitud de $u_{of}(t)$. En ésta modulación las señales en fase $m_I(t)$ y cuadratura $m_Q(t)$ se modulan mediante la fórmula:

$$S(t) = m_I(t) \cos(2\pi f_c t) + m_Q(t) \sin(2\pi f_c t) \quad (\text{Ecuación 39})$$

En la que podemos definir las señales en fase y en cuadratura como las partes real e imaginaria de m , I, k c, los símbolos QAM-4, respectivamente.



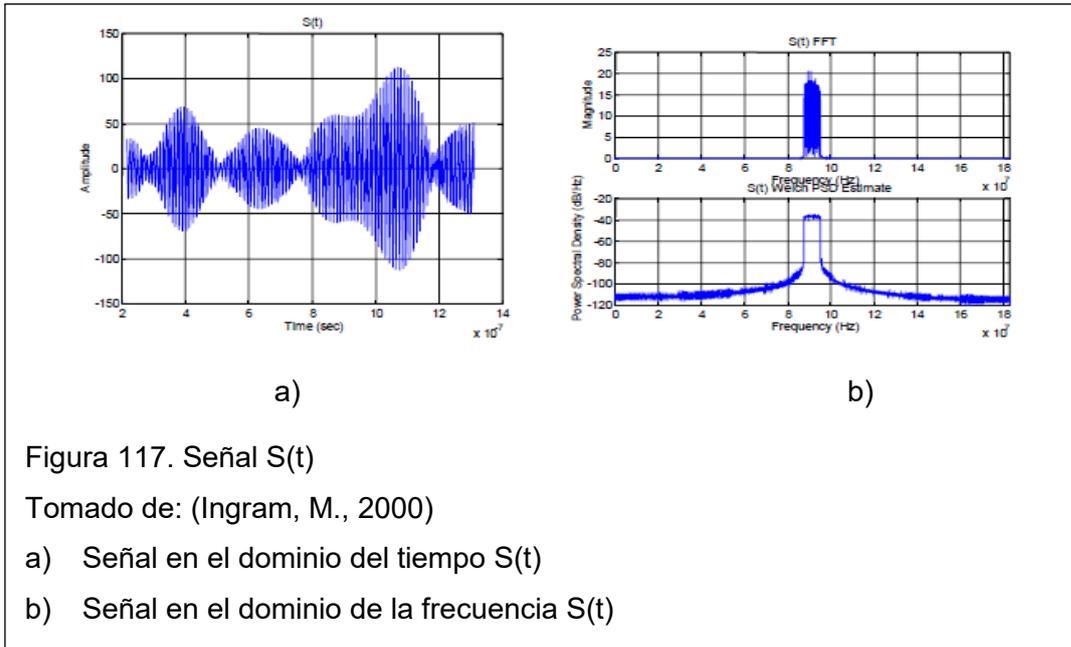


Figura 117. Señal $S(t)$

Tomado de: (Ingram, M., 2000)

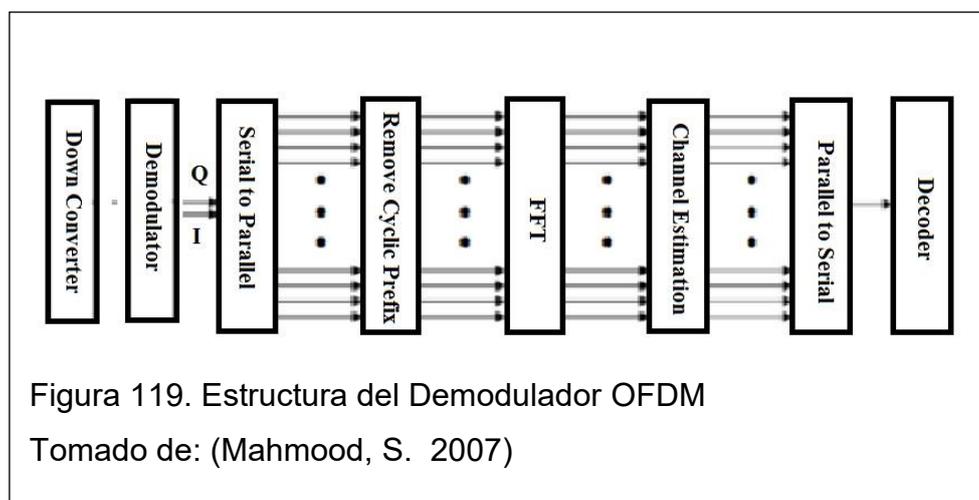
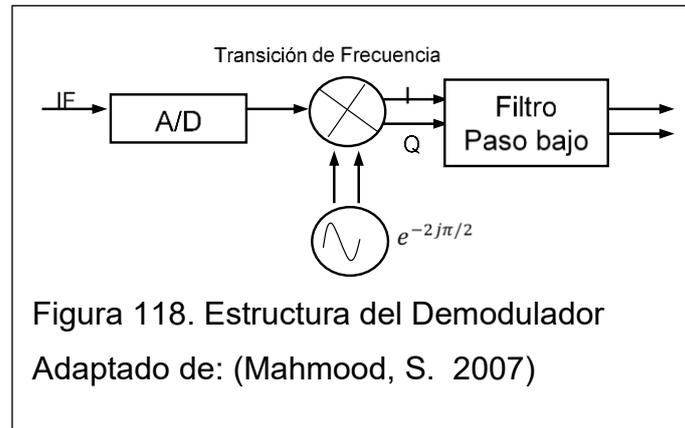
- a) Señal en el dominio del tiempo $S(t)$
- b) Señal en el dominio de la frecuencia $S(t)$

La operación correspondiente para el proceso de IFFT es:

$$S(t) = u_{ofI} (t) \cos(2 \pi fct) - u_{ofQ} (t) \sin(2 \pi fct) \quad (\text{Ecuación 40})$$

Las respuestas de frecuencia de cada señal se indican en la figura 116. Las respuestas de tiempo y frecuencia de la señal completa, $s(t)$, se muestran en la figura 117. Finalmente en el conversor Análogo/digital AD la señal es procesada para que se dirija hacia el transceiver.

En el receptor la estructura del demodulador es el reverso del modulador, figura 118. La señal I/Q se mezcla con el oscilador local a la frecuencia portadora en dos caminos, uno está en cero grados y el segundo está con desplazamiento de fase de 90 grados, así, esta señal compuesta se divide en componentes de fase I y en cuadratura Q que son ortogonales entre sí. También separamos la señal utilizando el filtro paso bajo después de la frecuencia de traslación, para obtener una única muestra por cada símbolo de señal de salida.



La estructura OFDM para el receptor es casi el reverso de la estructura de transmisor, figura 119. En el receptor el bloque FFT transfiere la señal de tiempo a dominio de frecuencia. En ausencia de ruido y otras imperfecciones cuando la salida de la FFT se representa en el plano complejo, observaremos la constelación transmitida.

- Transceiver

El convertidor consta de un filtro pasa banda (BPF), mezclador de cuadratura analógica convencional y el oscilador, la señal (señal IF de 28 MHz) es multiplicada con el oscilador (400 MHz) en el mezclador y se obtiene la señal de vuelta con la frecuencia deseada (430 a 450 MHz) para la transmisión. La señal no deseada es eliminada mediante el uso del filtro pasa banda (técnica de

muestreo de paso de banda). Esta señal es amplificada con el amplificador de potencia (80mW) y luego se transmite.

La arquitectura del Down Converter para la recepción se muestra en la Figura 120. El proceso de conversión consta de un amplificador de bajo ruido (LNA), filtro pasa banda, oscilador local y un mezclador. En el extremo receptor, la señal analógica RF es recibida en la antena y se pasa a través del LNA, filtrada por un filtro pasa banda, y luego multiplica por la salida del oscilador local (teniendo una frecuencia de 400 MHz). Después de esta conversión se obtiene la señal de IF y una señal de frecuencia no deseada que se elimina por el filtro pasa banda mediante el uso de la técnica de muestreo de paso de banda y trasladada a la señal de banda base que es el requisito del mezclador en cuadratura digital. La señal IF se amplifica con el amplificador de potencia y luego entra en el convertidor A/D.

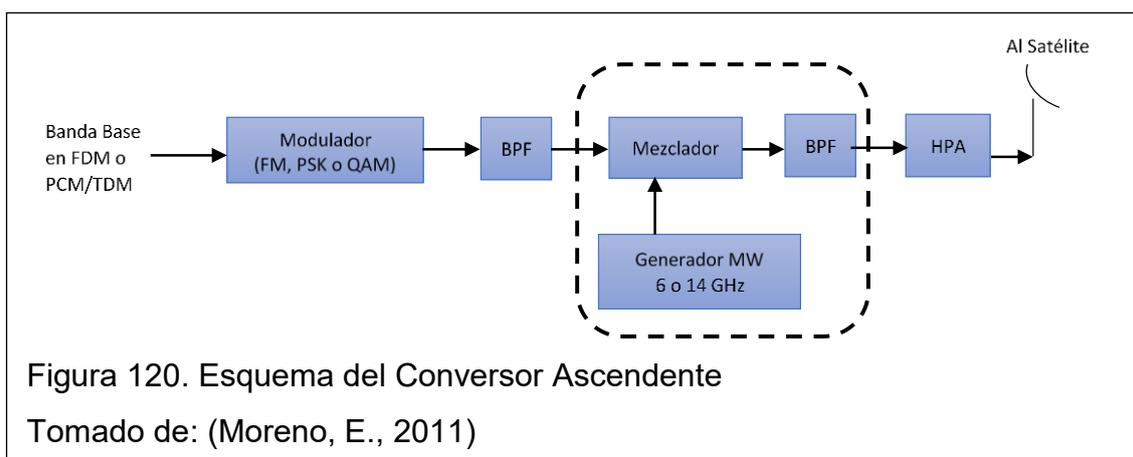


Figura 120. Esquema del Conversor Ascendente

Tomado de: (Moreno, E., 2011)

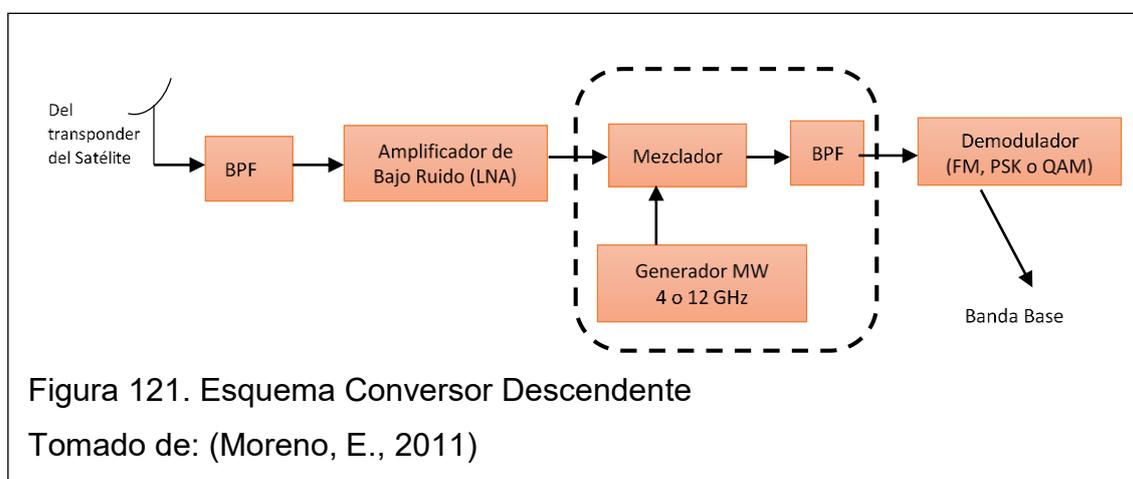


Figura 121. Esquema Conversor Descendente

Tomado de: (Moreno, E., 2011)

Ejemplo de un transceiver con sus especificaciones.

Tabla 10. Especificaciones Técnicas Receptor/Transmisor (RT-1851A)

Receptor/Transmisor (RT-1851A)	
	
Características Eléctricas	
Rango de Frecuencia (20-941 MHz)	<ul style="list-style-type: none"> . VHF 30 a 88 MHz . VHF 108 a 118 MHz . VHF 118 a 137 MHz . VHF 137 156 MHz . VHF 156-174 MHz . UHF 225-512 MHz r . UHF 806-824, 851-869, 869-902, 935-941 MHz
Anchos de banda de canal	. 5, 8,33, 12,5, 25 kHz
Sintonización	. Incrementos de 1.5 kHz
Potencia de salida	10 W-15 W (30-400 MHz) 15 W-23 W (30-400 MHz)
Modulación de portadora	. AM, ASK, FM, MSK, GMSK, FSK, CPM, D8PSK, BPSK, QPSK, SOQPSK, DEQPSK,
Estabilidad de frecuencia	. 1 PPM
Sensibilidad del Receptor (10dB SINAD)	<ul style="list-style-type: none"> . -103 dBm de 30 a 400 MHz. . -108 dBm de 30 a 400 MHz. . -106 dBm de 400 a 941 MHz.
Puertos de Datos	<ul style="list-style-type: none"> . MIL-STD-1553B . MIL-STD-188-114A . RS-232 . Ethernet . MIL-STD-188C
Puertos de Audio	<ul style="list-style-type: none"> . 150/600 ohm . Alta impedancia
Control	<ul style="list-style-type: none"> . MIL-STD-1553B . > RS-422 / RS-485
Alimentación	. 28 VDC
Especificaciones ambientales	<ul style="list-style-type: none"> . Temperatura de funcionamiento: -40°C a + 71°C (intermitente a + 86°C) . Almacenamiento: -54°C a + 95°C . MIL-STD-810F . Altitud hasta 70.000 pies

Adaptado de: (Collins, s.f.)

- Antena para Misiones Militares

La estructura de una antena parabólica está ubicada dentro del compartimento de sensores de un UAV. El reto para la unidad de control de antena (ACU) es asegurar que la potencia pico se dirige precisamente hacia una antena receptora en una órbita geoestacionaria 36000km de distancia de la aeronave. Para lograr esto, apuntamientos de precisión de unas pocas décimas de grado tiene que mantenerse en presencia del movimiento del UAV. El movimiento de la aeronave es sensada por un sistema de navegación inercial, una pieza estándar de equipos de aviónica para la navegación aérea está vinculada a la computadora de control de vuelo de la aeronave a través del bus del vehículo aéreo (AVB).

La ACU mantiene alimentaciones desde el AVB, este provee de algoritmos de control de antena con mediciones de movimientos de la aeronave. El control de algoritmos induce movimientos correctivos sobre la antena para mantener un apuntamiento preciso sobre el satélite. El movimiento de la antena es accionado por motores DC en azimut y elevación.

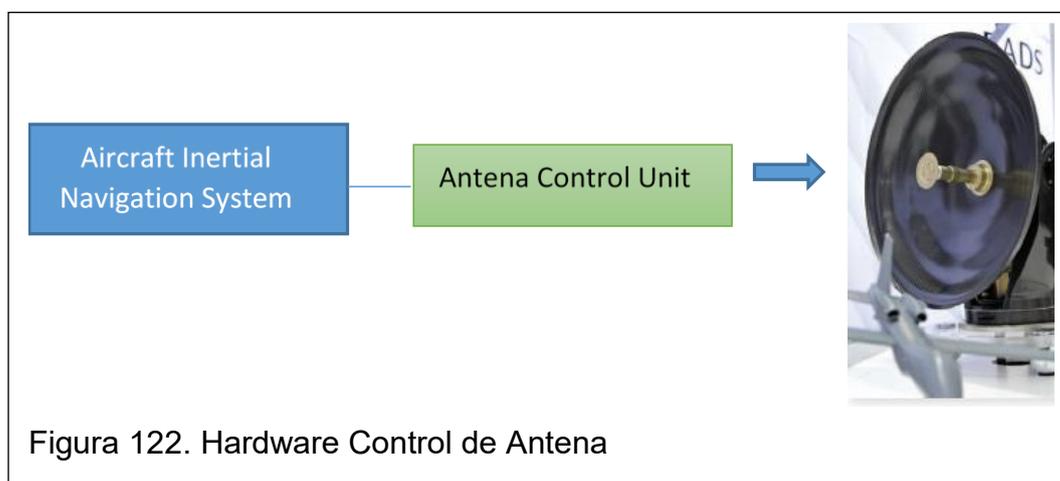


Tabla 11. Especificaciones de Antena Satelital

Antena 0,60m - 1.21m banda Ku	
	
Especificaciones Técnicas	
Banda de frecuencia	. Recepción: 10.95-12.7 GHz . Transmisión: 14.0-14.5 GHz
Polarización	. Lineal ortogonal
Ganancia de transmisión	. 24 / 27 dBi
Antena G/T	. 1.5 / 4.5dB/°K
Potencia del BUC	. Arriba de los 40W
EIRP w/40W BUC	. 38 / 41 dBW
Polarización cruzada	. 20 dB
Fuente de energía	. Por MIL-STD-704
Consumo de energía	. 350 watts
Rango de Angulo de elevación	. 0° - 90°
Rango de Angulo de azimut	. 0°-360°
Tasa de seguimiento	. 45°/segundo
Rango de ángulo de polarización	. -180° a + 180°
Adquisición de Satélite	. <60 segundos, totalmente automatizado con GPS integrado
Satélite readquisición	<10 segundos
Características físicas	
Peso	. 22 /29 lb
Tamaño	. 1.21m (d)
Temperatura de operación	. -40 a +60°C

Adaptado de: (Networks, s.f.)

2.2.1.3 Propagación de la Señal

Al propagarse la señal la potencia decae debido a la distancia que recorre, en sistemas satelitales y microondas dicha propagación se considera en el espacio libre.

Las ecuaciones que a continuación se expresan tienen como fin obtener datos específicos para una transmisión satelital.

$$Pr = \frac{PtGtGr\lambda^2}{(4\pi)^2 d^2 L} \quad \text{(Ecuación 41)}$$

Dónde:

- . Pr = Potencia en el receptor
- . Pt = Potencia en el transmisor
- . Gt = Ganancia antena de transmisión
- . Gr = Ganancia antena de recepción
- . d = Distancia entre Tx y Rx
- . L = Pérdidas en el espacio libre

$$G = \frac{4\pi Ae}{\lambda^2} \quad (\text{Ecuación 42})$$

Dónde:

- . Ae= Apertura efectiva.
- . Apertura efectiva tiene que ver con el tamaño de la antena.

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (\text{Ecuación 43})$$

Dónde:

- . f= Frecuencia de la portadora (Hz).
- . c= Velocidad de la luz (m/s).

$$\text{FSL}[\text{dB}] = 20\log f + 20\log D + 92,44 \quad (\text{Ecuación 44})$$

Dónde:

- . FSL= Pérdidas en espacio Libre.
- . f= frecuencia en GHz
- . D= Distancia entre transmisor y receptor medida en Km

$$\text{Prx}[\text{dB}] = \text{Ptx}[\text{dB}] + \text{Gtx}[\text{dB}] + \text{Grx}[\text{dB}] - \text{FSL} \quad (\text{Ecuación 45})$$

Dónde:

- . Prx= Potencia en el receptor
- . Ptx= Potencia en el transmisor.
- . Gtx= Ganancia antena de transmisión.
- . Grx= Ganancia antena de recepción.
- . FSL= Pérdidas en espacio Libre.

- **Potencia Radiada Isotrópica Efectiva (PIRE):** Es la potencia que emite una antena teórica cuya capacidad es la de distribuir la misma potencia en todas direcciones.

$$PIRE = Pr * Gt \quad (\text{Ecuación 46})$$

Dónde:

Pr = potencia total de la antena (watts)

Gt= ganancia antena transmisora (adimensional)

La expresión anterior se la puede expresar en forma logarítmica de la siguiente manera:

$$PIRE \text{ [dBW]} = Pr(\text{dBW}) + Gt \text{ (dB)} \quad (\text{Ecuación 47})$$

- **Temperatura de Ruido:** Está dado por la siguiente fórmula, cabe mencionar que este cálculo es realizado en cada dispositivo del transponder.

$$ts = tA + tLA + \frac{290(1-1)}{gLA} + \frac{tDC}{\left(\frac{1}{T}\right)gLA} + \frac{tIF}{gDC\left(\frac{1}{T}\right)gLA} \quad (\text{Ecuación 48})$$

Para cada dispositivo del transponder se aplicará la siguiente fórmula:

$$te_{in} = 290 \left(10^{\frac{NF}{10}} - 1 \right) \quad (\text{Ecuación 49})$$

$$te_{in} = 290(1 - 1) = 290 \left(10^{\frac{3A}{10}} - 1 \right) \quad (\text{Ecuación 50})$$

$$t_{LA} = 290 \left(10^{\frac{NF}{10}} - 1 \right) \quad (\text{Ecuación 51})$$

$$t_{DC} = 290 \left(10^{\frac{NF}{10}} - 1 \right) \quad (\text{Ecuación 52})$$

$$te_{IF} = 290 \left(10^{\frac{NF}{10}} - 1 \right) \quad (\text{Ecuación 53})$$

$$\frac{1}{1} = \frac{1}{10^{A/10}} \quad (\text{Ecuación 54})$$

- Para las Ganancias se aplicará la siguiente formula

$$gLA = \left(10^{\frac{GLA}{10}} \right) = 100 \quad (\text{Ecuación 55})$$

$$gDC = \left(10^{\frac{GDC}{10}} \right) = 10 \quad (\text{Ecuación 56})$$

- Densidad de Ruido: Es el valor total de potencia de ruido normalizada en 1Hz de ancho de banda y se representa como:

$$N_o = \frac{N}{B} = KTe \quad (\text{Ecuación 57})$$

Dónde: N_o = densidad de potencia de ruido (W/Hz).

- Relación de potencia de portadora a densidad de ruido (C/N_o)

$$\frac{C}{N_o} = \frac{C}{KTe} \quad (\text{Ecuación 58})$$

Dónde: C = potencia de la portadora

- Relación de la densidad de energía de bit a densidad de ruido (E_b/N_o):
Permite indicar cuan fuerte es la señal y se mide directamente en el receptor.

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{\frac{C}{N}}{\frac{fb}{B}} = \frac{CB}{Nfb} \quad (\text{Ecuación 59})$$

- Ganancia de antenas:

$$G_r \text{ (dBi)} \quad G_t \text{ (dBi)} = 10 \log (109.66 * f_2 \text{ (GHz)} * d_2 \text{ (m)} * nA) \quad (\text{Ecuación 60})$$

- Azimut y Elevación: Dichos valores se calculan a partir de la ubicación geográfica del satélite a utilizarse y las estaciones terrenas. Estos datos nos servirán para el apuntamiento de la antena en la estación terrena.

Se calcula a partir de las siguientes formulas:

$$B = l_E - l_S \quad (\text{Ecuación 61})$$

$$R = \sqrt{l^2 + Z^2} \quad (\text{Ecuación 62})$$

$$I = \left(\frac{r_e}{\sqrt{1 - C_e^2 * \sin^2(L_E)}} + H \right) * \cos(L_E) \quad (\text{Ecuación 63})$$

$$Z = \left(\frac{r_e(1 - C_e^2)}{\sqrt{1 - C_e^2 \sin^2(L_E)}} + H \right) * \sin(L_E) \quad (\text{Ecuación 64})$$

$$\varphi_E = \tan^{-1} \left(\frac{Z}{I} \right) \quad (\text{Ecuación 65})$$

$$d = \sqrt{R^2 + r_S^2 - 2Rr_S * \cos(\varphi) \cos(B)} \quad (\text{Ecuación 66})$$

- Angulo de Elevación

$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{r_e + h_{GSO}}{d} * \sqrt{1 - \cos^2(B) * \cos^2(L_E)} \right) \quad (\text{Ecuación 67})$$

- Azimut

$$A_i = \sin^{-1} \left(\frac{\sin(|B|)}{\sin(|\beta|)} \right) \quad (\text{Ecuación 68})$$

$$|B| = |l_E - l_S| \quad (\text{Ecuación 69})$$

$$\beta = \cos^{-1} [\cos(B) \cos(L_E)] \quad (\text{Ecuación 70})$$

2.2.1.4 Características del Enlace Satelital para un UAV empleado en Ecuador

En la tabla 12 se muestra las especificaciones técnicas del satélite utilizado para un sistema de vehículos aéreos no tripulados en el Ecuador.

Tabla 12. Datos del satélite para Ecuador

Datos del Satélite	
Intelsat	805
Coordenadas	Longitud 55,5°
Estado	Activo
Orbita	GEO
Banda KU	Ascendente 14,10GHz- 6,25Ghz Descendente 11,7GHz a 12,2Ghz

Tomado de: (Cardenas, D., 2014)

Considerando que las coordenadas para ecuador son: Longitud: -78,51° y Latitud -0,19° se presenta la siguiente tabla de resumen:

Tabla 13. Características Enlace Ecuador

Características enlace UAV/satélite/BS			
Ganancia de antena en estación base	42dBi	Frecuencia ascendente	14GHz
Ganancia de antena en UAV	37dBi	Frecuencia descendente	12Ghz
Potencia en antenas	10W	Velocidad de la luz	300000000m/s
FEC	0,75	Perdidas de espacio libre	206dB
Distancia entre el satélite y BS/UAV	36371Km	Potencia isotrópica efectiva	52dBW

2.2.2. Control de Incendios Forestales

Los UAV de incendios forestales son aviones de bajo coste con capacidad de transportar cantidades de agua y acercarse lo más cerca al punto de incendio

Los sistemas de comunicación que se emplean en la detección de incendios forestales deben ser capaces de enviar datos tomados desde los sensores infrarrojos para ser procesados e interpretados de forma ágil y eficiente.

Por cuanto el servicio requiere una comunicación constante para el envío de información se emplean sistemas de comunicación satelital comerciales que

manejan mayor cantidad de tasas de datos y menor tiempo de respuesta para la evaluación de los mismos.



2.2.2.1. Sistemas Satelitales Comerciales

Los sistemas satelitales basados en servicios comerciales tienen a su disposición dos rangos o bandas de frecuencia; la Banda- L con frecuencias cercanas a 1.5 GHz, y la Banda-KU con frecuencias de 14GHz.

- Banda –KU

El sistema en banda KU requiere de antenas que son grandes y difíciles de construir y ensamblar, estas se usan únicamente en servicios militares. A continuación se detalla los parámetros que debe cumplir este sistema:

Tabla 14. Parámetros que debe cumplir el Sistema en Banda-Ku.

Parámetro	Sistema Banda –Ku
Separación entre satélites	Mínimo 2° de longitud
Rango de Frecuencia Ascendente (Uplink)	14.0 – 14.5 GHz
Rango de Frecuencia Descendente (Downlink)	11.7 – 12.2 GHz
Ubicación de la Antena	Parte superior del fuselaje
Tamaño de Antena Operativa	70(l) x 10(t) "
Número de Antenas requeridas	1
Máxima velocidad de Datos	128kbps
Velocidad de Datos a Futuro	2 -5 Mbps
Certificación de Aeronaves para la Antena	Boeing 747, Airbus A-340

Tomado de: (Woolner, P., 2003)

- Banda L- Servicio Forestal

Inmarsat ofrece los servicios satelitales en el ámbito forestal cumpliendo con los requerimientos de los sensores infrarrojos, ofreciendo una cobertura total haciendo uso de la banda de frecuencia L.

Las antenas son instaladas en el exterior del UAV y tienen dimensiones aproximadas de 3pies x 1pie con un espesor de 3". Se dispone de Una unidad de radiofrecuencia (RF) que se conecta al sistema de antena.

El amplificador de alta potencia (HPA) varía su ganancia de manera que el satélite recibe siempre el mismo nivel de potencia constante en la salida de su antena. Como el UAV se desplaza, el HPA ajusta constantemente sus niveles de potencia para compensar la variación de la ganancia de la antena.

La unidad RF provee canales bidireccionales de 128kbps.

Tabla 15. Parámetros que debe cumplir el Sistema en Banda-L

Parámetro	Sistema Banda –L
Separación entre satélites	40 – 120 ° de longitud
Rango de Frecuencia Ascendente (Uplink)	1.6265 – 1.6605 GHz
Rango de Frecuencia Descendente (Downlink)	1.530 – 1.559 GHz
Ubicación de la Antena	Lado del fuselaje
Tamaño de Antena Operativa	36(l) x 12(h) x 3(t) "
Número de Antenas requeridas	2
Máxima velocidad de Datos	128kbps
Velocidad de Datos a Futuro	432kbps
Certificación de Aeronaves para la Antena	Cessna Citation Series (BRAVO no)

Tomado de: Tomado de: (Woolner, P., 2003)

2.2.2.2. Requerimientos de Comunicación del Servicio Forestal.

Los parámetros relevantes para el diseño de sistemas de comunicaciones se detallan a continuación:

- El escáner funciona a 200 líneas de exploración por segundo y produce 1728 bytes por línea de exploración.
- La salida del escáner se ensambla en un archivo GEOTIFF a una velocidad de datos de aproximadamente 2,8 Mbps.
- En 200 a 240 nudos de velocidad en tierra de aeronaves, el escáner proporciona una sobre exploración de más de 4: 1, lo que podría ser combinado en la aeronave.
- Un archivo de registro también se produce en el avión a unos 14.000 bytes por línea de exploración.
- El archivo de registro es relativamente nueva y que probablemente podría reducirse mediante la selección de subconjuntos de datos, posiblemente con sólo el 10 por ciento de su tamaño completo.
- El archivo GEOTIFF también podría reducirse mediante la selección o comprimir los datos en bruto.
- El "promedio" pasar por encima de un fuego dura entre 5 y 10 minutos.
- Sería aceptable para transmitir los datos de la aeronave durante un período de tiempo considerablemente más largo que el período en el que se registró y por lo tanto a una tasa significativamente más baja de la transmisión.

Los datos de la Tabla 16, servirán para calcular la tasa de transmisión completa de la imagen y los registros en tiempo real requerían de un enlace de comunicación con una velocidad de datos de 25Mbps. Se calcula que el periodo de transmisión se puede ampliar en los tiempos de vuelo de cada pasada del UAV lo cual hace que el enlace de comunicación solo necesite una velocidad de datos de 75 a 100kbps

2.2.2.2. Factores Críticos de la Comunicación

- La antena debe cumplir su función sin dañar las propiedades aerodinámicas del UAV, esta debe ser instalada en la aeronave y debe siempre apuntar hacia el satélite mientras se realicen las maniobras de vuelo sin causar interferencias.

- Tipo de datos: la tasa máxima de datos que debe ser transmitida y el período de tiempo en el que debe producirse la transmisión.

2.2.3. Aplicaciones de Observación, Vigilancia e Internet a Usuarios

Los UAV cada vez son capaces de llevar a cabo misiones complejas en el ámbito civil y comercial dejando a un lado las aplicaciones militares y de seguridad que inicialmente realizaban. Varias de las aplicaciones de uso militar hoy en día pueden ser llevadas a cabo en el campo civil conforme avanzan las regulaciones y normativas que permiten la circulación libre de los UAV.

La observación aérea conlleva un análisis de la superficie terrestre a través de sensores y cámaras a bordo. A continuación se detallan algunas de las tareas de observación divididas en tres grupos vigilancia y observación terrestre, vigilancia y observación marítima, y filmación y fotografía aérea.

Tabla 16. Tareas de Observación

Tarea	Descripción
Vigilancia y observación terrestre	El UAV realiza vuelos sobre las áreas de interés obteniendo imágenes y datos que serán analizadas desde la estación de control. Se realiza tareas de localizaciones a gran altura, control de tráfico aéreo, monitoreo de ríos, investigación de entornos ecológicos y meteorológicos, topografía, inspección de áreas afectadas por incendios e inundaciones, control de líneas eléctricas y canalizaciones.
Observación marítima	La plataforma aérea realiza tareas de observación en zonas marítimas de interés y se obtienen datos de aplicaciones como calidad de las aguas, control de residuos tóxicos (densidad del agua), control de pesca ilegal y fauna marina, vigilancia aduanera (detección de calor corporal).
Filmación y fotografía.	Consisten en obtener información georreferenciada de zonas específicas, tales como: seguimiento de obra civil, campos de cultivo (agricultura), cine reportaje fotográfico, monitoreo y vigilancia de áreas naturales protegidas.

2.2.3.1. Requerimientos de Comunicación para Observación Terrestre.

Las comunicaciones que se usan son básicamente telemetría y transmisión de datos. Telemetría se lo realiza entre el UAV y la estación de control, mientras que los datos son recibidos desde el UAV a la estación de monitoreo.

2.2.3.1.1. Enlace De Telemetría

Se utiliza el sistema de comunicaciones inalámbrico GPRS, por tanto permite la posibilidad que la estación de control y la plataforma de vuelo tengan una conexión permanente.

El GPRS opera en la banda de VHF a 900MHz, y por ende requiere licencia para su operación y la velocidad que proporcionan sus terminales (cuando están a máximo rendimiento) es de 128 kbps.

2.2.3.1.2. Enlace De Datos

Los enlaces que usan los UAVs para estas aplicaciones son de acuerdo a la necesidad y actividades que se requieran ejecutar.

Los enlaces LOS que se pueden establecer para estas aplicaciones son enlaces LOS y enlaces UAV hacia UAV e internet a usuarios.

- Enlaces de Línea de Vista UAV –Estación Base

Se efectúan mediante enlaces punto a punto con velocidades de transmisión de 11-54Mbps. No se requiere licencia para la utilización de esta banda, ya que opera en UHF a 2,4GHz y utiliza el protocolo 802.11 WiFi. El alcance varía según la potencia y el medio de transmisión llegando a ser 50 km.

El enlace de datos (Down link) requiere de ciertas características considerando que por aquí se descargara todo lo requerido referente a sensores y cámaras instaladas en el UAV y que cuya información será procesada en la estación en tierra. Las características técnicas de los diferentes elementos en uso de acuerdo

a su aplicación son los que determinarán los equipos a utilizarse en la transmisión de datos.

Se había descrito anteriormente en aplicaciones militares la forma en que la señal es procesada y enviada hacia la estación en tierra, de manera similar los equipos para aplicaciones de observación realizan el mismo proceso con la diferencia que el modulador, transceiver y antena tienen la capacidad de ser instalados por separado como un solo módulo, mientras que los equipos de transmisión para UAV de uso en observación son más pequeños y ocupan un solo módulo compacto en su interior (radio transmisor). De aquí que al ser equipos más pequeños pues son determinados para UAVs de menor tamaño que los de uso militar, las capacidades de los módulos de transmisión son específicas para cada uso ya sea datos, video, voz por separado o el envío de todo a la vez por la señal que se emite.

El radio transmisor funciona en la banda UHF, la conexión con la antena transmisora se lo realiza con cable tipo RG58 o RG142 y un conector NTC, la conexión trata de ser lo más corta posible para evitar la atenuación.

Tabla 17. Especificaciones Técnicas Transmisor SANT-ARPIA 2013

 <p>SANT-ARPIA 2013</p>	Especificaciones Técnicas	
	Banda de frecuencia	UHF
	Modulación	FM, OFDM
	Bw video	5,2 a 5,7MHz
	Bw datos	160 +- 10KHz
	Velocidad en transmisión	4,8Kbps
	Potencia	4,5+- 0,05W
	Voltaje requerido	12VDC
	Corriente requerida	2 ^a

Adaptado de: (Ojeda, B., 2014)

- Antenas para enlaces de LOS UAV –Estación Base.

Estas antenas son de peso ligero y permiten instalarse con facilidad sobre el fuselaje del UAV, existe una amplia gama de modelos que son específicas para emitir su señal y trabajar en la banda UHF.

- Dipolos de media onda

El dipolo de media onda es una antena utilizada ampliamente. Un simple dipolo de media onda consiste en dos secciones de alambre cuya longitud de onda es de un cuarto cada una y el centro de alimentación.

- Tipo Cuchilla

Son antenas omnidireccionales mayormente usadas en UAVs, que permiten la comunicación con la estación en tierra. Estas antenas presentan patrones de radiación grandes de 3dB, la ganancia de la antena se mantiene para las distintas inclinaciones de la aeronave por lo que la ganancia de ellas suele ser de 3dBi, las antenas se colocan en la parte baja del fuselaje o en las alas para mantener siempre visión directa con la estación en tierra.

Tabla 18. Antenas más usadas en UAVs

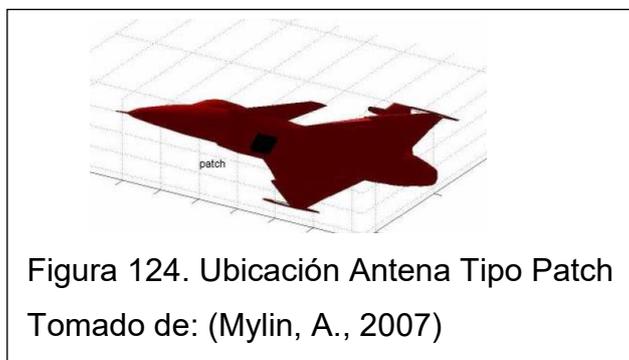
Especificaciones Técnicas Antena Transmisora		
 Dipolo de Media onda	Banda de frecuencia	UHF
 Antena tipo cuchilla	Ancho de banda	Sobre 20MHz
	Polarización	Lineal, vertical
	Ancho del haz horizontal	Plano horizontal 360°
	Ancho del haz vertical 3dB	70°
	Tipo de conector	Macho TNC

Adaptado de: (Ojeda, B., 2014)

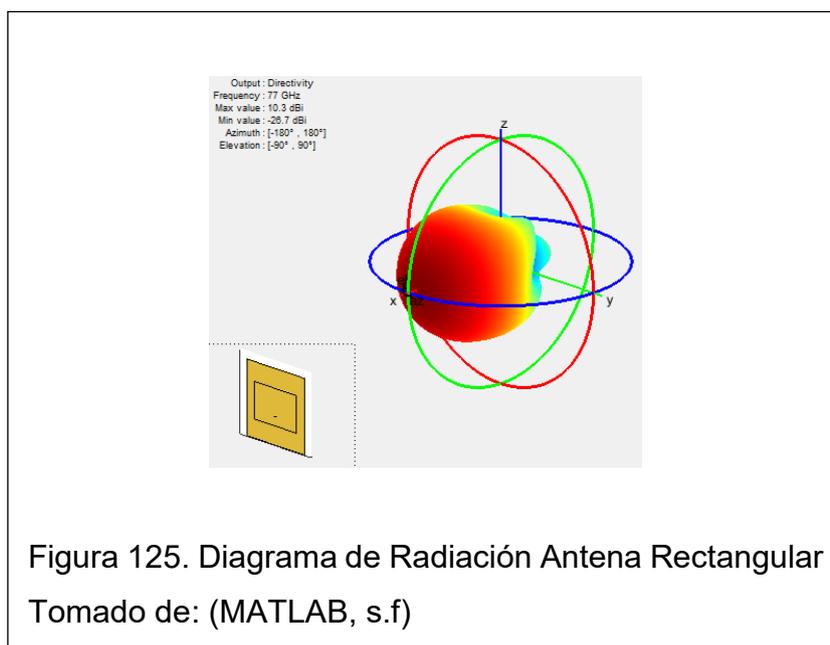
La antena hace uso de cable coaxial RG142, dispone de cubiertas de fibra de vidrio para proteger la antena y mantenerla en su posición. El cable es fijado al fuselaje o alas del UAV por medio de conectores hembra TCN

- Antena Rectangular tipo Parche

Ampliamente usadas en UAV, su eficiencia es de 95% en la transmisión de la señal y se ubican paralelo al fuselaje en la parte baja con su lado de radiación hacia abajo.



Esta antena es muy apropiada en el caso que la transmisión y recepción se encuentren en cero grados uno encima del otro ya que al no existir nulos en su patrón de radiación la comunicación se puede establecer.



- Arreglo de antenas

Se lo realiza con el fin de obtener diagramas de radiación con mayor ganancia en unas direcciones y menor en otras, mejorando el link Budget (potencia del enlace) al aumentar la ganancia del arreglo de forma que la SNR mejora y

también reduce la potencia de las señales de interferencia recibidas lo que da como resultado la mejora la Señal a interferencia, ruido y distorsión (SINAD) en el receptor.

Al mejorar el SINAD, se puede obtener los siguientes resultados:

- Mayor alcance, para potencias de transmisión y régimen binario determinado.
- Reducir la potencia de transmisión, para un alcance y régimen binario dados.
- Mayor régimen binario, para una potencia de transmisión y alcance determinado.

Por medio de la fórmula de propagación de Friis podemos estimar la mejora del enlace en función del aumento de la ganancia del patrón en la dirección de interés.

$$P_{dr}[\text{dBm}] = P_{et}[\text{dBm}] - L_{tt} + G_t - L_b + G_r - L_{tr} \quad (\text{Ecuación 71})$$

Dónde:

- . P_{dr} = potencia disponible en el receptor.
- . P_{et} = potencia entregada por el transmisor.
- . L_{tt} , L_{tr} = pérdidas en el transmisor y receptor provocadas por cables y conectores.
- . G_t , G_r = ganancias de las antenas del transmisor y receptor en la dirección en la que ambos están contenidos.
- . L_b = pérdidas básicas de propagación.

Las pérdidas de propagación depende del entorno en el que se encuentre el transmisor y el receptor y es necesario su análisis para llegar a la obtención del aumento del alcance en función del aumento de la ganancia del arreglo.

La pérdida básica de propagación viene dada por:

$$L_b = 20 \log_{10} (4 \pi d / \lambda) \quad (\text{Ecuación 72})$$

Considerando un modelo de propagación de dos rayos y suponiendo que la distancia del transmisor al receptor es mucho mayor a la altura de las antenas, la pérdida básica de propagación presenta la forma:

$$L_b = 20 \log_{10} (d^2 / h_t \cdot h_r)$$

(Ecuación 73)

En la Tabla 20 se muestran las mejoras en el alcance de los enlaces considerando una frecuencia de operación del enlace de 2,4 GHz (frecuencia comúnmente empleada en el enlace de datos de los sistemas UAVS civiles) y alturas de las antenas $h_r=1$ (estación de tierra) y $h_t=300$ (altura de vuelo nominal de un UAV civil). Teniendo en consideración también que cuando se emplea un sistema conformador con un arreglo de antenas, la potencia de transmisión necesaria para conseguir el mismo alcance y régimen binario que empleando una única antena se reduce un número de dB igual a $G_a - G_e$ con respecto a la potencia transmitida necesaria cuando se emplea una única antena, donde G_a es la ganancia del arreglo en la dirección de interés y G_e es la ganancia de una única antena (un único elemento) en dicha dirección.

Tabla 19. Mejora en el alcance del enlace con distintos incrementos de ganancia

$G_a - G_e$	1	3	5	7	9
Mejora en alcance, espacio libre	112,79m	142,00m	178,77m	225,06m	283,33m
Mejora en alcance, 2 rayos	18,34m	20,58m	23,09m	21,91m	29,07m

Tomado de: (Moreno, E., 2011)

Las estaciones de control de tierra por su lado usan sistemas de apuntamiento mecánico con antenas directivas ya que no aplican las restricciones de tamaño y peso. El uso de las diferentes antenas depende de la utilidad y espacio que se disponga en la estación, de aquí que para distancias ya sea largas o cortas se puede hacer uso de antenas de diferente tamaño.

Tabla 20. Especificaciones Técnicas de la Antena receptora

Especificaciones Técnicas antena receptora en tierra		
	Tipo	Monopolo con plano de tierra
	Polarización	Vertical
	Banda de Frecuencia	UHF
	Ancho de Banda	20MHZ
	Impedancia	50OHM
	Tipo de conector	Hembra tipo N

Adaptado de: (Ojeda, B., 2014)

Tabla 21. Especificaciones Técnicas antena receptora en tierra para largas distancias

Banda de frecuencia	UHF
Ancho de banda	Sobre 20MHz
Polarización	Lineal, vertical
Ancho del haz horizontal	11,5°
Ancho del haz vertical	11,5°
Ganancia de la Antena	21dB
Material del plato	Aluminio
Material protector del alimentador feed y LNA	ABS

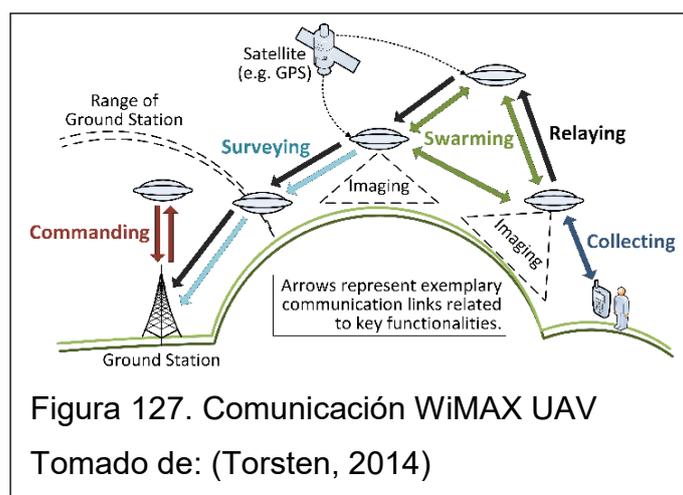
Tomado de: Adaptado de: (Ojeda, B., 2014)

- Enlaces UAV-UAV y UAV – Usuarios.

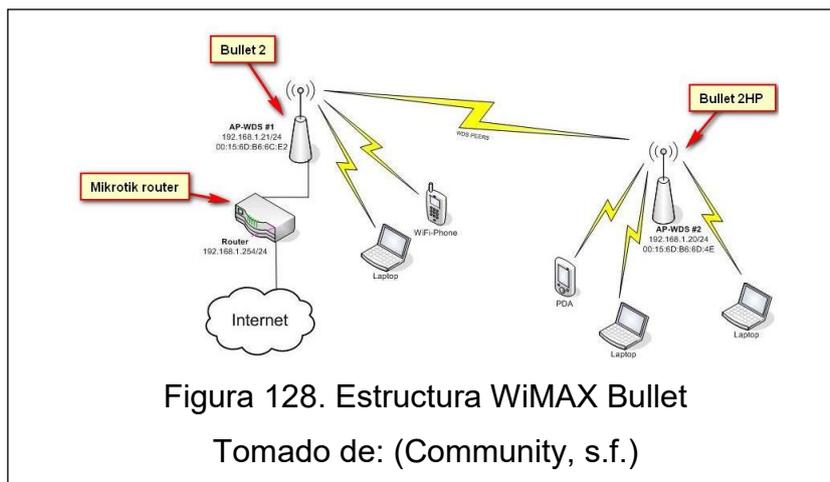
Lo primordial en un enlace es poder recorrer distancias prolongadas sin perder la comunicación, permitiendo difundir la señal de internet o transmitir datos desde un UAV hasta la GCS o servir de nodo para que otros equipos se comuniquen entre sí.



IEEE ha desarrollado el estándar IEEE802.16 denominado WiMAX, que es una red inalámbrica para cubrir áreas metropolitanas (MAN) y que hace uso de células de 1km en áreas urbanas hasta 3km en áreas suburbanas. Los enlaces WiMAX no requieren de línea de visión directa y trabajan a frecuencias de 11 a 66Ghz.



Un ejemplo de uso en el mercado son sistemas de radio integrados, la comunicación se realiza mediante sistema Wi-Fi con facilidad de expandirse, el sistema de comunicación es capaz de recibir y transmitir toda la información a través de un solo equipo de transmisión y recepción incorporado a los UAV. La existencia de estos equipos permite que la red sea adaptable a cualquier antena existente. Las características de estos elementos se presentan en el Capítulo III.



El Bullet M2 HP Ubiquiti AirMax es la última versión de 2,4 GHz de la popular Bullet Ubiquiti. Este Bullet M2 HP Ubiquiti AirMax es un punto de radio de acceso inalámbrico dispone de un conector tipo N a través del cual se permite la conexión del dispositivo ya sea como puente o punto de acceso. Para alineación de la antena, la señal emitida se la puede visualizar en su medidor de intensidad.



En lo referente a la red desplegada, se puede tener una FFT de 128 a 2048 subportadoras. En la siguiente tabla se identifica características WiMAX móvil aplicables a los enlaces UAV.

Tabla 22. Características WIMAX OFDM

	WiMAX Fijo – OFDM	WiMAX Mobile – OFDM			
Tamaño FFT	256	128	512	1024	2048
Subportadoras	192	72	360	720	1440
Subportadoras piloto	8	12	60	120	240
Subportadoras de guarda	56	44	92	184	368
Periodo de guarda	1/32, 1/16, 1/8, 1/4				
Tasa de muestreo	7/6, 8/7, 28.25 para OFDM, múltiplos de 1.25MHz y múltiplos de 1.75MHz respectivamente.				
Ancho de banda del canal	3.5	1.25	5	10	20
Espaciado Subportadoras	15.625	10.94			
Tiempo Útil de símbolo (us)	64	91.4			
Tiempo de guarda (asumiendo 12,5%)	8	11.4			
Duración del símbolo OFDM	72	102.9			
Numero de símbolos OFDM en tramas de 5ms	69	48			

Tomado de: (Bibing, s.f.)

- Características Técnicas De Un Enlace WiMAX Para UAVs

La siguiente tabla resume las características principales para desplegar un enlace WiMAX con el uso de UAVs.

Tabla 23. Características Enlace WiMAX UAV

Características	Descripción
Sin necesidad de visión directa LOS - NLOS	No necesita visión directa entre la antena y el UAV
Topologías	Topología multipunto y malla
Modulación	Transmisión simultánea de señales (OFDM)
Antenas Inteligentes	Se hace uso de diversidad de antenas
Calidad de servicio	Calidad en operaciones NLOS sin distorsión de la señal por causas climáticas o interferencias de edificios o movimiento.
FDM y TDM	Soporta multiplexación de frecuencia para poder operar con sistemas de telefonía móvil y multiplexación de tiempo para operar con sistemas inalámbricos.
Seguridad	DES.
Bandas bajo licencia	Utiliza la banda de 2,4GHz y 3,5GHz para transmitir a largas distancias.
Bandas libres	Bandas de frecuencia de 5,4 – 8 y 10,5GHz.
Canalización	Canal de 5 y 10 MHz

Corrección de errores	ARQ
Potencia de transmisión	Controlada
Acceso al medio	TDMA
Tasa de transmisión	75Mbps
Cobertura	50KM NLOS 8-10KM con gran densidad demográfica.
Aplicación	Transmisión de Voz, video y datos.

Tomado de: (Calvillo, A., 2013)

2.2.4. Reconocimiento y Vigilancia de Corto Alcance

El desarrollo de sistemas UAVs ha hecho posible la creación de nuevas tecnologías para aplicaciones donde no es posible emplear enlaces satelitales ni enlaces punto a punto. Para esta aplicación se emplean enjambres de UAVs que consisten en grupos de equipos que se comunican entre sí para evitar colisiones y procesar la información requerida proveniente de los diferentes sensores (infrarrojos, acústicos, de movimiento, etc.).

- Aplicaciones que usan enjambres de UAV:
 - Reconocimiento urbano. (Dentro y fuera de edificios)
 - Vigilancia: enjambres lanzados al interior de poblados con el fin de vigilar un área con alto riesgo como un cruce de calles por ejemplo.
 - Evaluar daños, detección e identificación de objetivos, detectar químicos peligrosos.
 - Realizar interferencia de comunicaciones o proveer de ellas.
 - Realizar cyber ataques.
 - Inspección de infraestructuras terrestre rastreo y control de tráfico terrestre.

Las comunicaciones de los μ UAVs no permiten cubrir grandes distancias por lo que se requiere de nodos intermedios para retransmitir la información desde el punto de origen al destino.

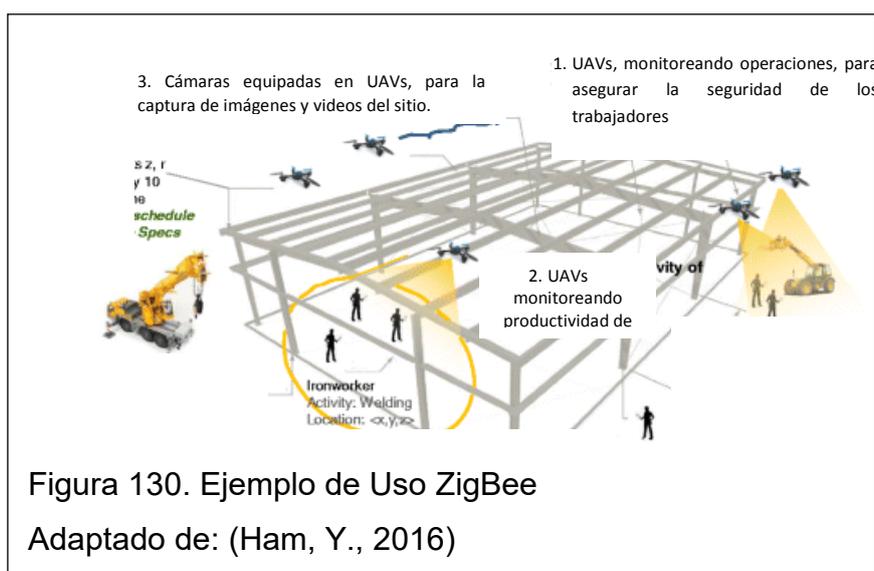
Una arquitectura de red enjambre representa escenarios con múltiples nodos formados por UAVs. Al mantenerse en movimiento dichos nodos tienen arquitecturas dinámicas, por lo que su geometría es en forma de malla. Para

adaptar las características de funcionamiento como potencia del enlace, reflexiones y demás necesidades de una red en movimiento se hace uso de las redes MANET (Móviles Ad Hoc).

Las alternativas de navegación para enjambres son:

- Integración a la aeronave de cámaras, radares o laser que permitan el vuelo del enjambre sin posibilidad de colisión.
- La información es transmitida a un centro de operaciones para su procesamiento haciendo uso de protocolos inalámbricos (ZigBee, ultra wideband)
- Tiene rangos de vuelo de 10km máximo con una altura de vuelo de 2,50m sobre el suelo, su autonomía es de 2 a 3horas máximas de vuelo.

Un ejemplo de UAV realizando tareas de reconocimiento sería una pequeña zona urbana con un pequeño grupo de UAV sobrevolando el área tanto en el interior como el exterior de un edificio.



- Métodos de Transmisión para enjambres de UAVs

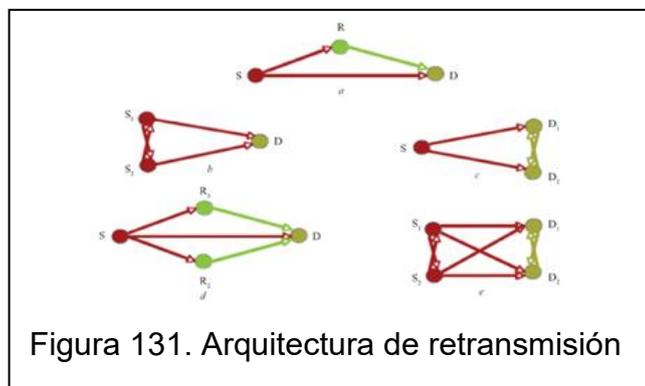
Decode and Forward: consiste en la decodificación de la señal que un nodo recibe para luego poder retransmitirla. La señal transmitida por varios relays o nodo repetidor y la fuente de origen si es que esta llega a estar disponible es utilizada por el nodo receptor para tomar decisiones. Dependiendo de la calidad del canal de comunicación se puede requerir de corrección de errores FEC o

retransmisión de los símbolos para obtener una generación nítida de la señal en los relays.

Amplificar y reenviar: las señales de origen llegan a cada uno de los nodos donde la misma no es decodificada, únicamente son amplificadas para compensar atenuaciones que se puedan generar entre el enlace nodo origen nodo relay para luego ser retransmitida.

En la Figura 142 se puede observar las arquitecturas de retransmisión que existen considerando a S-Nodo origen, R-nodo relay y D-nodo destino se tiene:

- Emisión de la señal al destino y nodo relay, cuando no se alcanza directamente el nodo destino el nodo relay retransmite la información.
- Fuente y relay cooperando para transmitir la información al mismo tiempo.
- Relay y nodo origen cooperando en la transmisión (difusión)
- Retransmisión con dos ramas paralelas de relays.
- Comunicación de cluster a cluster- cooperación de relays cercanos al origen y al destino.



Los dispositivos Zigbee trabajan en las bandas de frecuencia de 868MHZ, 915MHZ y 2,4Ghz, en la siguiente tabla se puede apreciar las características generales de Zigbee.

Tabla 24. Características ZigBee

ZigBee	
Velocidad de Transmisión	250Kbps (2,4GHz), 40Kbps (915MHz) y 20Kbps (868MHz).
Acceso al medio	CSMA-CA
Topologías	Estrella, punto a punto, mallada, árbol
Espacio de Direcciones	64 bits
Alcance	Entre 5 y 500m, dependiendo del entorno.

Tomado de: (Chavez, J., & San Juan,B., 2012)

2.2.4.1. Transmisor – Receptor Xbee

El módulo XBee pro es un ejemplo de un dispositivo a utilizarse, trabaja en la banda ISM de 900MHz tienen una capacidad de mantener un enlaces punto a punto o múltiples puntos para retransmitir la señal. Los equipos pesan 8g y las antenas seleccionadas para este equipo tienen una ganancia de 2dB con un peso de 10g. Mediante una configuración avanzada, el dispositivo puede cumplir la función de nodo repetidor para otro dispositivo formando así una red amplia.



2.2.5. Cifrado de datos usado en equipos para aplicaciones de UAVS

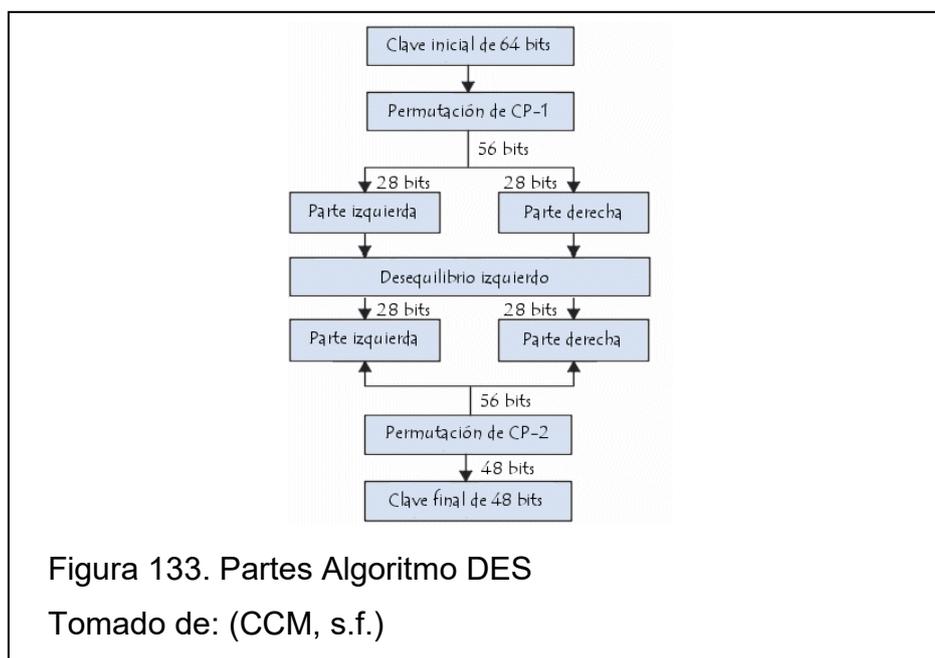
2.2.5.1. DES (Cifrado de Datos Estándar)

Es un estándar para el cifrado de datos, consiste de algoritmos que permiten la encriptación de la información.

- Principio de Funcionamiento

Es un sistema de cifrado por bloques, se forma de 64 bits, 8 bits son utilizados para controlar la paridad o verificación de clave, uno de cada ocho bits son utilizados para control de la clave por paridad impar "1". La longitud útil para la clave únicamente tiene 56 bits. Para el cifrado el algoritmo realiza combinaciones entre el texto y la clave, la clave al estar codificada se compone de 16 bloques con 4 bits cada uno. La clave se codifica en 16 bloques de 4 bits - 64 bits en total, en la figura 144 los bloques se visualizan de K_1 a K_{16} . El cifrado puede ser de 2^{56} claves debido a que existen únicamente 56 bits útiles.

- Proceso de fraccionamiento del texto.



- a) Permutación inicial de los bloques: El primer paso es realizar un proceso de permutación inicial de los bits de un bloque, en la figura 145 se representa una tabla como ejemplo de este proceso. De la tabla podemos verificar que el bit 50 ocupa la segunda posición mientras que el bit 42

ocupa la tercera posición al leerse de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo.

IP	58	50	42	34	26	18	10	2
	60	52	44	36	28	20	12	4
	62	54	46	38	30	22	14	6
	64	56	48	40	32	24	16	8
	57	49	41	33	25	17	9	1
	59	51	43	35	27	19	11	3
	61	53	45	37	29	21	13	5
	63	55	47	39	31	23	15	7

Figura 134. Matriz de permutación inicial de bloques.

Tomado de: (CCM, s.f.)

- b) División a bloques de 32 bits: una vez realizada la permutación inicial del bloque de 64 bits se procede con la división a bloques denominados izquierda (L) y derecha (R) cada uno de 32 bits y cuyo estado se puede observar en la figura 146 como L_0 y R_0 .

L_0	58	50	42	34	26	18	10	2
	60	52	44	36	28	20	12	4
	62	54	46	38	30	22	14	6
	64	56	48	40	32	24	16	8
R_0	57	49	41	33	25	17	9	1
	59	51	43	35	27	19	11	3
	61	53	45	37	29	21	13	5
	63	55	47	39	31	23	15	7

a)

b)

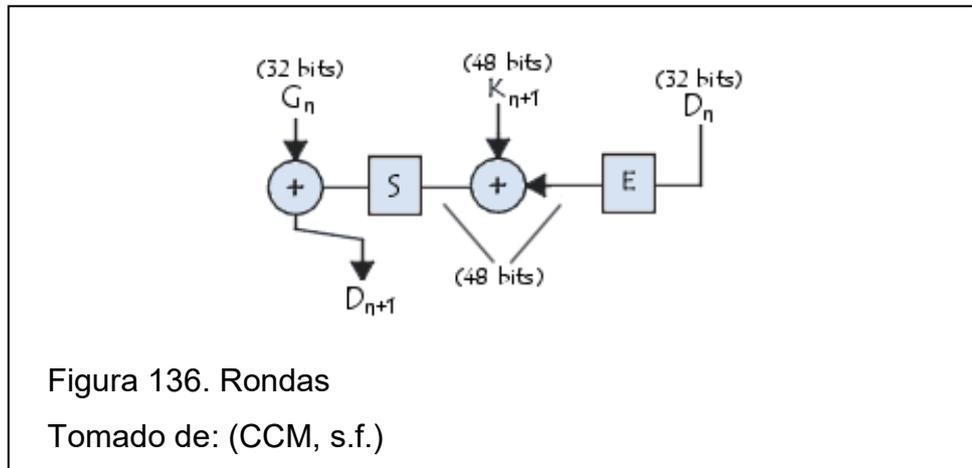
Figura 135. División en Bloques de 32 bits

Tomado de: (CCM, s.f.)

a) L_0 son bits en posición par.

b) R_0 son bits en posición impar.

- c) Rondas: son fases de sustituciones y permutaciones repetidas 16 veces, en el siguiente diagrama se determina las transformaciones iterativas realizadas a L_0 y R_0 .



- Función de expansión: En la tabla de expansión E de la figura 137 se expanden los 32 bits del correspondientes al bloque R_0 a 48 bits, Los 48 bits son mezclados y 16 son duplicados y diseminados en toda la matriz.

E	32	1	2	3	4	5
	4	5	6	7	8	9
	8	9	10	11	12	13
	12	13	14	15	16	17
	16	17	18	19	20	21
	20	21	22	23	24	25
	24	25	26	27	28	29
	28	29	30	31	32	1

Figura 137. Tabla de expansión
Tomado de: (CCM, s.f.)

- OR exclusiva con la clave: DES realiza una OR exclusiva entre K_1 y $E [D_0]$ que corresponde a la primera clave y la tabla resultante de 48 bits dando como resultado una nueva tabla de 48 bits D_0 .
- Función de sustitución: La nueva tabla creada D_0 se divide luego en 8 bloques y se determina como D_{0i} , Los bloques son procesados mediante funciones de selección S_i , como cada bloque está conformado por 6 bits las

funciones de sustitución quedarían como el ejemplo de la figura 149. En cada $D0i$ los valores del primero y último bit determinan el valor exacto de la función de selección los bits intermedios 2, 3, 4, 5 permiten obtener la columna respectiva en la tabla de selección. Entonces un valor cifrado de 4 bits es obtenido así:

- La selección de línea al basar en dos bits presenta 4 únicas posibilidades 0, 1, 2, 3.
- La selección de columna al ser de 4 bits obtendrá 16 posibilidades de 0-15

La tabla 4 x 16 de la figura 138 representa la primera función. Como un ejemplo se tiene que si R_{01} tiene como valor 101011 el primer y último bit dan 11 (3 en binario), los bits del 2 al 5 son 0101 (5 en binario) de donde el valor de línea de la fila 3 y la columna 5 se obtiene el dato seleccionado 9 (1001 en binario)

S_1		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	0	14	4	13	1	2	15	11	8	3	10	6	12	5	9	0	7
	1	0	15	7	4	14	2	13	1	10	6	12	11	9	5	3	8
	2	4	1	14	8	13	6	2	11	15	12	9	7	3	10	5	0
	3	15	12	8	2	4	9	1	7	5	11	3	14	10	0	6	13

Figura 138. Primera función de sustitución

Tomado de: (CCM, s.f.)

Cada bloque de 6 bit pasa por el proceso descrito anteriormente, la figura 139 indica las restantes funciones de selección.

S_2	<table border="1"> <tr><th>0</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th><th>11</th><th>12</th><th>13</th><th>14</th><th>15</th></tr> <tr><td>0</td><td>15</td><td>1</td><td>8</td><td>14</td><td>6</td><td>11</td><td>3</td><td>4</td><td>9</td><td>7</td><td>2</td><td>13</td><td>12</td><td>0</td><td>5</td><td>10</td></tr> <tr><td>1</td><td>3</td><td>13</td><td>4</td><td>7</td><td>15</td><td>2</td><td>8</td><td>14</td><td>12</td><td>0</td><td>1</td><td>10</td><td>6</td><td>9</td><td>11</td><td>5</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>14</td><td>7</td><td>11</td><td>10</td><td>4</td><td>13</td><td>1</td><td>5</td><td>8</td><td>12</td><td>6</td><td>9</td><td>3</td><td>2</td><td>15</td></tr> <tr><td>3</td><td>13</td><td>8</td><td>10</td><td>1</td><td>3</td><td>15</td><td>4</td><td>2</td><td>11</td><td>6</td><td>7</td><td>12</td><td>0</td><td>5</td><td>14</td><td>9</td></tr> </table>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	0	15	1	8	14	6	11	3	4	9	7	2	13	12	0	5	10	1	3	13	4	7	15	2	8	14	12	0	1	10	6	9	11	5	2	0	14	7	11	10	4	13	1	5	8	12	6	9	3	2	15	3	13	8	10	1	3	15	4	2	11	6	7	12	0	5	14	9	S_6	<table border="1"> <tr><th>0</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th><th>11</th><th>12</th><th>13</th><th>14</th><th>15</th></tr> <tr><td>0</td><td>12</td><td>1</td><td>10</td><td>15</td><td>9</td><td>2</td><td>6</td><td>8</td><td>0</td><td>13</td><td>3</td><td>4</td><td>14</td><td>7</td><td>5</td><td>11</td></tr> <tr><td>1</td><td>10</td><td>15</td><td>4</td><td>2</td><td>7</td><td>12</td><td>9</td><td>5</td><td>6</td><td>1</td><td>13</td><td>14</td><td>0</td><td>11</td><td>3</td><td>8</td></tr> <tr><td>2</td><td>9</td><td>14</td><td>15</td><td>5</td><td>2</td><td>8</td><td>12</td><td>3</td><td>7</td><td>0</td><td>4</td><td>10</td><td>1</td><td>13</td><td>11</td><td>6</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>12</td><td>9</td><td>5</td><td>15</td><td>10</td><td>11</td><td>14</td><td>1</td><td>7</td><td>6</td><td>0</td><td>8</td><td>13</td></tr> </table>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	0	12	1	10	15	9	2	6	8	0	13	3	4	14	7	5	11	1	10	15	4	2	7	12	9	5	6	1	13	14	0	11	3	8	2	9	14	15	5	2	8	12	3	7	0	4	10	1	13	11	6	3	4	3	2	12	9	5	15	10	11	14	1	7	6	0	8	13
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15																																																																																																																																																												
0	15	1	8	14	6	11	3	4	9	7	2	13	12	0	5	10																																																																																																																																																											
1	3	13	4	7	15	2	8	14	12	0	1	10	6	9	11	5																																																																																																																																																											
2	0	14	7	11	10	4	13	1	5	8	12	6	9	3	2	15																																																																																																																																																											
3	13	8	10	1	3	15	4	2	11	6	7	12	0	5	14	9																																																																																																																																																											
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15																																																																																																																																																												
0	12	1	10	15	9	2	6	8	0	13	3	4	14	7	5	11																																																																																																																																																											
1	10	15	4	2	7	12	9	5	6	1	13	14	0	11	3	8																																																																																																																																																											
2	9	14	15	5	2	8	12	3	7	0	4	10	1	13	11	6																																																																																																																																																											
3	4	3	2	12	9	5	15	10	11	14	1	7	6	0	8	13																																																																																																																																																											
S_3	<table border="1"> <tr><th>0</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th><th>11</th><th>12</th><th>13</th><th>14</th><th>15</th></tr> <tr><td>0</td><td>10</td><td>0</td><td>9</td><td>14</td><td>6</td><td>3</td><td>15</td><td>5</td><td>1</td><td>13</td><td>12</td><td>7</td><td>11</td><td>4</td><td>2</td><td>8</td></tr> <tr><td>1</td><td>13</td><td>7</td><td>0</td><td>9</td><td>3</td><td>4</td><td>6</td><td>10</td><td>2</td><td>8</td><td>5</td><td>14</td><td>12</td><td>11</td><td>15</td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>13</td><td>6</td><td>4</td><td>9</td><td>8</td><td>15</td><td>3</td><td>0</td><td>11</td><td>1</td><td>2</td><td>12</td><td>5</td><td>10</td><td>14</td><td>7</td></tr> <tr><td>3</td><td>1</td><td>10</td><td>13</td><td>0</td><td>6</td><td>9</td><td>8</td><td>7</td><td>4</td><td>15</td><td>14</td><td>3</td><td>11</td><td>5</td><td>2</td><td>12</td></tr> </table>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	0	10	0	9	14	6	3	15	5	1	13	12	7	11	4	2	8	1	13	7	0	9	3	4	6	10	2	8	5	14	12	11	15	1	2	13	6	4	9	8	15	3	0	11	1	2	12	5	10	14	7	3	1	10	13	0	6	9	8	7	4	15	14	3	11	5	2	12	S_7	<table border="1"> <tr><th>0</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th><th>11</th><th>12</th><th>13</th><th>14</th><th>15</th></tr> <tr><td>0</td><td>4</td><td>11</td><td>2</td><td>14</td><td>15</td><td>0</td><td>8</td><td>13</td><td>3</td><td>12</td><td>9</td><td>7</td><td>5</td><td>10</td><td>6</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>13</td><td>0</td><td>11</td><td>7</td><td>4</td><td>9</td><td>1</td><td>10</td><td>14</td><td>3</td><td>5</td><td>12</td><td>2</td><td>15</td><td>8</td><td>6</td></tr> <tr><td>2</td><td>1</td><td>4</td><td>11</td><td>13</td><td>12</td><td>3</td><td>7</td><td>14</td><td>10</td><td>15</td><td>6</td><td>8</td><td>0</td><td>5</td><td>9</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td>6</td><td>11</td><td>13</td><td>8</td><td>1</td><td>4</td><td>10</td><td>7</td><td>9</td><td>5</td><td>0</td><td>15</td><td>14</td><td>2</td><td>3</td><td>12</td></tr> </table>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	0	4	11	2	14	15	0	8	13	3	12	9	7	5	10	6	1	1	13	0	11	7	4	9	1	10	14	3	5	12	2	15	8	6	2	1	4	11	13	12	3	7	14	10	15	6	8	0	5	9	2	3	6	11	13	8	1	4	10	7	9	5	0	15	14	2	3	12
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15																																																																																																																																																												
0	10	0	9	14	6	3	15	5	1	13	12	7	11	4	2	8																																																																																																																																																											
1	13	7	0	9	3	4	6	10	2	8	5	14	12	11	15	1																																																																																																																																																											
2	13	6	4	9	8	15	3	0	11	1	2	12	5	10	14	7																																																																																																																																																											
3	1	10	13	0	6	9	8	7	4	15	14	3	11	5	2	12																																																																																																																																																											
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15																																																																																																																																																												
0	4	11	2	14	15	0	8	13	3	12	9	7	5	10	6	1																																																																																																																																																											
1	13	0	11	7	4	9	1	10	14	3	5	12	2	15	8	6																																																																																																																																																											
2	1	4	11	13	12	3	7	14	10	15	6	8	0	5	9	2																																																																																																																																																											
3	6	11	13	8	1	4	10	7	9	5	0	15	14	2	3	12																																																																																																																																																											
S_4	<table border="1"> <tr><th>0</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th><th>11</th><th>12</th><th>13</th><th>14</th><th>15</th></tr> <tr><td>0</td><td>7</td><td>13</td><td>14</td><td>3</td><td>0</td><td>6</td><td>9</td><td>10</td><td>1</td><td>2</td><td>8</td><td>5</td><td>11</td><td>12</td><td>4</td><td>15</td></tr> <tr><td>1</td><td>13</td><td>8</td><td>11</td><td>5</td><td>6</td><td>15</td><td>0</td><td>3</td><td>4</td><td>7</td><td>2</td><td>12</td><td>1</td><td>10</td><td>14</td><td>9</td></tr> <tr><td>2</td><td>10</td><td>6</td><td>9</td><td>0</td><td>12</td><td>11</td><td>7</td><td>13</td><td>15</td><td>1</td><td>3</td><td>14</td><td>5</td><td>2</td><td>8</td><td>4</td></tr> <tr><td>3</td><td>3</td><td>15</td><td>0</td><td>6</td><td>10</td><td>1</td><td>13</td><td>8</td><td>9</td><td>4</td><td>5</td><td>11</td><td>12</td><td>7</td><td>2</td><td>14</td></tr> </table>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	0	7	13	14	3	0	6	9	10	1	2	8	5	11	12	4	15	1	13	8	11	5	6	15	0	3	4	7	2	12	1	10	14	9	2	10	6	9	0	12	11	7	13	15	1	3	14	5	2	8	4	3	3	15	0	6	10	1	13	8	9	4	5	11	12	7	2	14	S_8	<table border="1"> <tr><th>0</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th><th>11</th><th>12</th><th>13</th><th>14</th><th>15</th></tr> <tr><td>0</td><td>13</td><td>2</td><td>8</td><td>4</td><td>6</td><td>15</td><td>11</td><td>1</td><td>10</td><td>9</td><td>3</td><td>14</td><td>5</td><td>0</td><td>12</td><td>7</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>15</td><td>13</td><td>8</td><td>10</td><td>3</td><td>7</td><td>4</td><td>12</td><td>5</td><td>6</td><td>11</td><td>0</td><td>14</td><td>9</td><td>2</td></tr> <tr><td>1</td><td>7</td><td>11</td><td>4</td><td>1</td><td>9</td><td>12</td><td>14</td><td>2</td><td>0</td><td>6</td><td>10</td><td>13</td><td>15</td><td>3</td><td>5</td><td>8</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>1</td><td>14</td><td>7</td><td>4</td><td>10</td><td>8</td><td>13</td><td>15</td><td>12</td><td>9</td><td>0</td><td>3</td><td>5</td><td>6</td><td>11</td></tr> </table>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	0	13	2	8	4	6	15	11	1	10	9	3	14	5	0	12	7	1	1	15	13	8	10	3	7	4	12	5	6	11	0	14	9	2	1	7	11	4	1	9	12	14	2	0	6	10	13	15	3	5	8	1	2	1	14	7	4	10	8	13	15	12	9	0	3	5	6	11
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15																																																																																																																																																												
0	7	13	14	3	0	6	9	10	1	2	8	5	11	12	4	15																																																																																																																																																											
1	13	8	11	5	6	15	0	3	4	7	2	12	1	10	14	9																																																																																																																																																											
2	10	6	9	0	12	11	7	13	15	1	3	14	5	2	8	4																																																																																																																																																											
3	3	15	0	6	10	1	13	8	9	4	5	11	12	7	2	14																																																																																																																																																											
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15																																																																																																																																																												
0	13	2	8	4	6	15	11	1	10	9	3	14	5	0	12	7																																																																																																																																																											
1	1	15	13	8	10	3	7	4	12	5	6	11	0	14	9	2																																																																																																																																																											
1	7	11	4	1	9	12	14	2	0	6	10	13	15	3	5	8																																																																																																																																																											
1	2	1	14	7	4	10	8	13	15	12	9	0	3	5	6	11																																																																																																																																																											
S_5	<table border="1"> <tr><th>0</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th><th>11</th><th>12</th><th>13</th><th>14</th><th>15</th></tr> <tr><td>0</td><td>2</td><td>12</td><td>4</td><td>1</td><td>7</td><td>10</td><td>11</td><td>6</td><td>8</td><td>5</td><td>3</td><td>15</td><td>13</td><td>0</td><td>14</td><td>9</td></tr> <tr><td>1</td><td>14</td><td>11</td><td>2</td><td>12</td><td>4</td><td>7</td><td>13</td><td>1</td><td>5</td><td>0</td><td>15</td><td>10</td><td>3</td><td>9</td><td>8</td><td>6</td></tr> <tr><td>2</td><td>4</td><td>2</td><td>1</td><td>11</td><td>10</td><td>13</td><td>7</td><td>8</td><td>15</td><td>9</td><td>12</td><td>5</td><td>6</td><td>3</td><td>0</td><td>14</td></tr> <tr><td>3</td><td>11</td><td>8</td><td>12</td><td>7</td><td>1</td><td>14</td><td>2</td><td>13</td><td>6</td><td>15</td><td>0</td><td>9</td><td>10</td><td>4</td><td>5</td><td>3</td></tr> </table>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	0	2	12	4	1	7	10	11	6	8	5	3	15	13	0	14	9	1	14	11	2	12	4	7	13	1	5	0	15	10	3	9	8	6	2	4	2	1	11	10	13	7	8	15	9	12	5	6	3	0	14	3	11	8	12	7	1	14	2	13	6	15	0	9	10	4	5	3																																																																																						
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15																																																																																																																																																												
0	2	12	4	1	7	10	11	6	8	5	3	15	13	0	14	9																																																																																																																																																											
1	14	11	2	12	4	7	13	1	5	0	15	10	3	9	8	6																																																																																																																																																											
2	4	2	1	11	10	13	7	8	15	9	12	5	6	3	0	14																																																																																																																																																											
3	11	8	12	7	1	14	2	13	6	15	0	9	10	4	5	3																																																																																																																																																											

Figura 139. Sigüientes funciones de sustitución
Tomado de: (CCM, s.f.)

- d) Para llegar a la obtención de un texto cifrado de 64 bits el bloque de 32 bits es sometido a una nueva permutación P, los resultados pasan a través de un OR exclusivo, se realiza una nueva iteración (rondas) de 16 veces y finalmente una permutación inicial inversa a los bloques L_{16} y R_{16} luego de conectarse al final de las iteraciones.

P	16	7	20	21	29	12	28	17
	1	15	23	26	5	18	31	10
	2	8	24	14	32	27	3	9
	19	13	30	6	22	11	4	25

Figura 140. Tabla de Permutación
Tomado de: (CCM, s.f.)

IP-1	40	8	48	16	56	24	64	32
	39	7	47	15	55	23	63	31
	38	6	46	14	54	22	62	30
	37	5	45	13	53	21	61	29
	36	4	44	12	52	20	60	28
	35	3	43	11	51	19	59	27
	34	2	42	10	50	18	58	26
	33	1	41	9	49	17	57	25

Figura 141. Texto Cifrado de 64 bits.
Tomado de: (CCM, s.f.)

2.2.5.2. AES (Advanced Encryption Standard)

Consiste en un cifrado de bloques simétrico para cifrar textos que pueden ser descifrados con la clave de cifrado original.

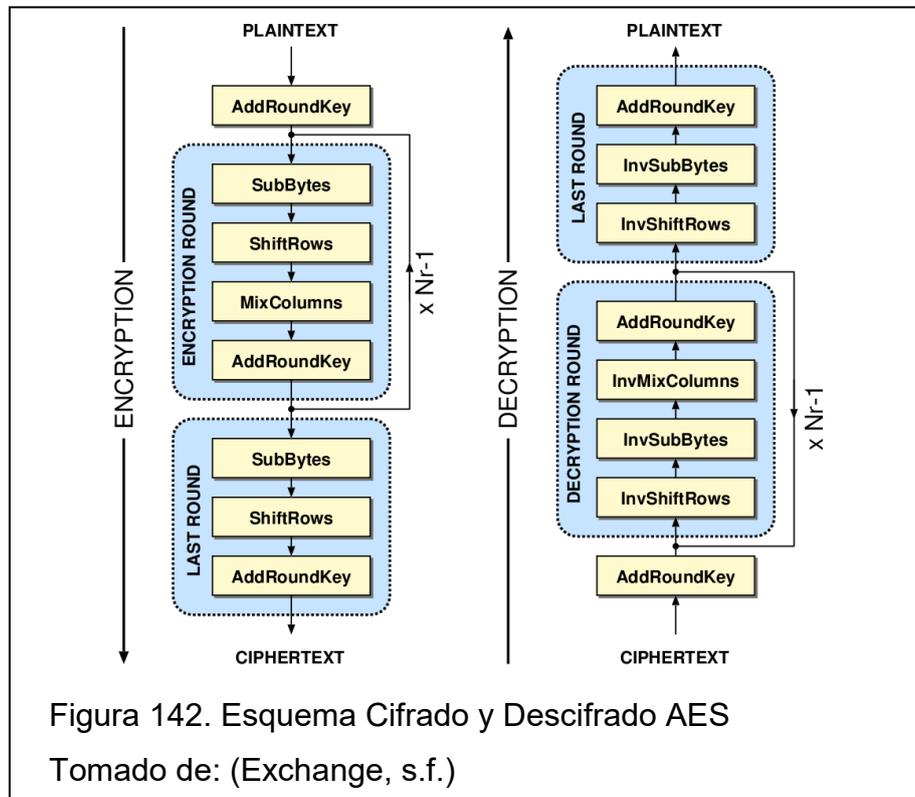
- Características del cifrado AES
 - . Claves de datos de 128/192/256 bits.
 - . Más fuerte y rápido comparado con el Triple DES.
 - . Software implementable en C y Java.
- Funcionamiento

Este sistema de cifrado se basa en una serie de operaciones de sustitución-permutación, los cálculos se realizan en bytes en lugar de bits, es decir que los bloques son de 16 bytes (128 bits) distribuidos en una matriz de 4 columnas y 4 filas para su procesamiento.

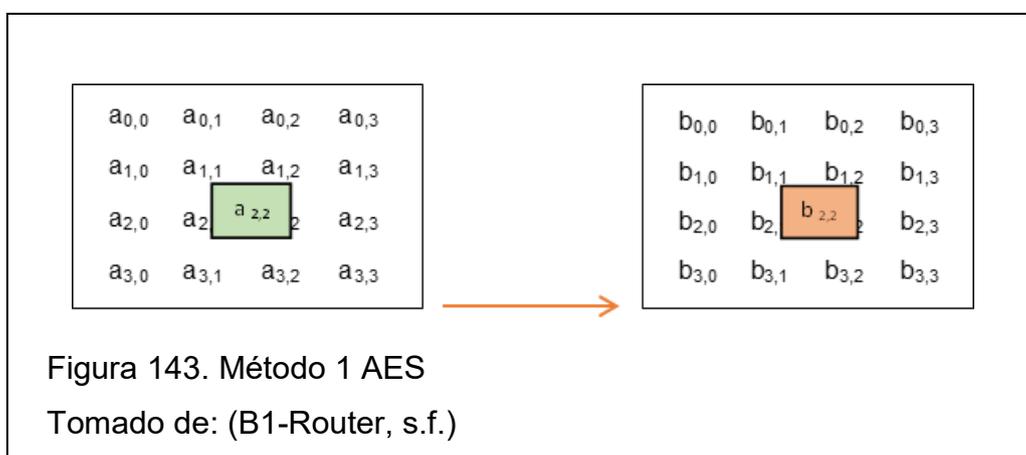
El número de rondas dependen de la longitud de la clave, 10 rondas que dan lugar a llaves de 128 bits, 12 rondas permiten llaves de 192 bits y 14 rondas determinan llaves de 256 bits, y cada ronda utiliza una clave de 128 bits, que se calcula a partir de la llave original.

A continuación se describe el esquema de cifrado y descifrado: donde las etapas varían de acuerdo a la longitud de la clave usada, pueden ser de 10,12 o 14

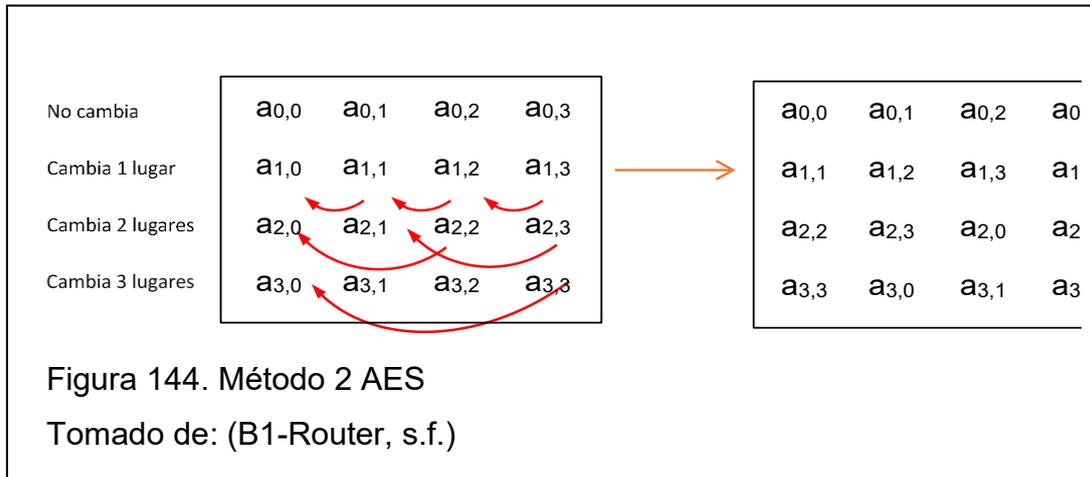
rondas. Cada fase consta de 4 métodos que aplicados a los bloques activan una serie de operaciones que dan como resultado el texto cifrado.



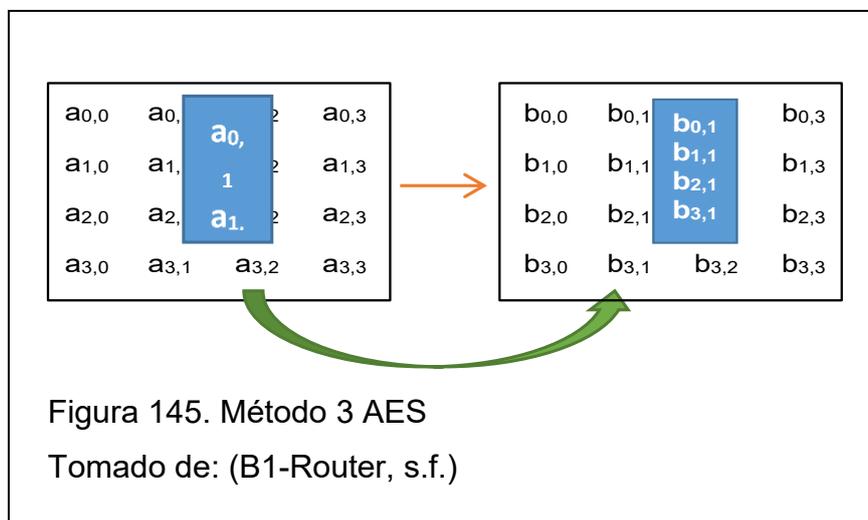
- AddRoundKey: El gestor de claves calcula la clave de sesión con la cual es cifrado cada byte del bloque.
- SubByte (Método 1): cada byte de la matriz es sustituido por otro de una manera no lineal de acuerdo a una tabla específica. Las características de la cifra del bloque se da en este conjunto de operaciones.



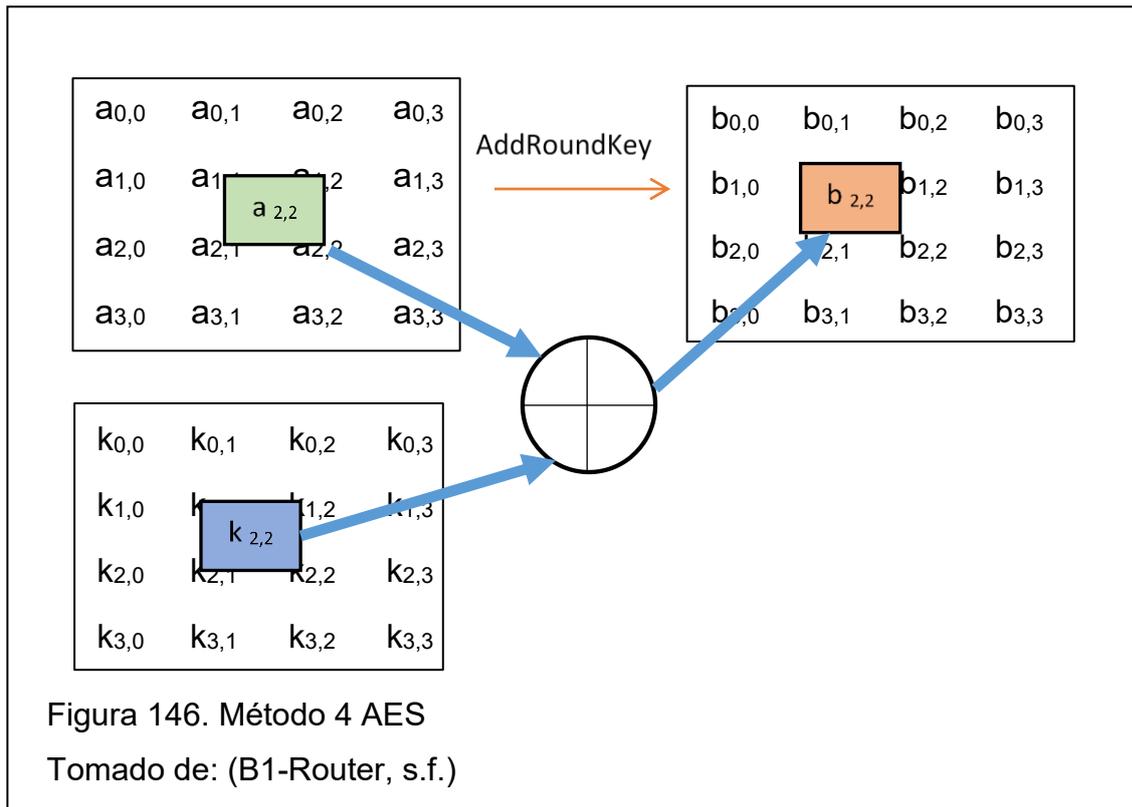
- c) ShiftRows (Método 2): en cada fila cíclicamente los bytes se desplazan, el número de lugares de cada bytes cambiado difiere para cada fila, tiene lugar de acuerdo con la línea de procedencia.



- d) MixColumns (Método 3): Mediante una transformación lineal se combinan los bytes de cada columna, es decir es multiplicado por un polinomio fijo.

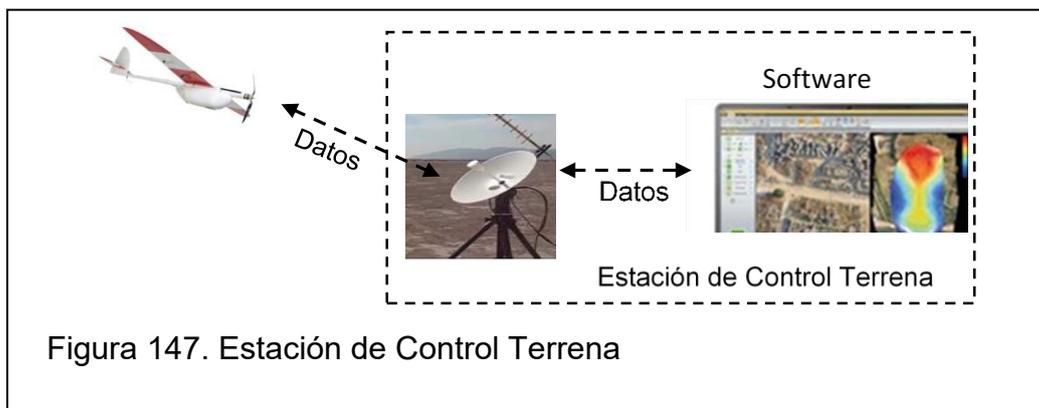


- e) AddRoundKey (Método 4): cada byte de la tabla se combina con una clave determinada, a XOR.



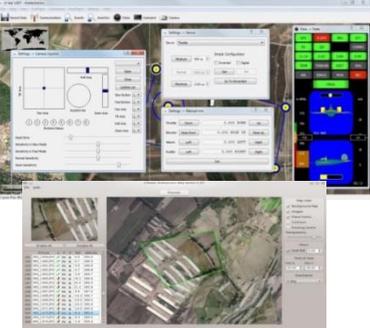
2.2.6. Software para el mando y control de UAVs

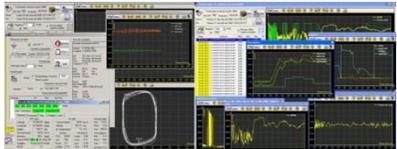
Para el mando y control de los Vehículos Aéreos no Tripulados la estación terrena a parte de los equipos dispone del software, con el fin de presentar a través de unos PC/Laptop datos referentes a esto, de fácil interpretación, comprensión y manipulación para el usuario.



A continuación se detalla algunos programas para el mando y control de UAVs disponibles:

Tabla 25. Software para el mando y control de UAVs

Software	Características	
<p>1. U-SEE 1.0</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Planifica y modifica en cualquier momento el plan de vuelo en tiempo real. • Obtiene mapas geo referenciados y los presenta en pantalla. • Los datos de vuelo pueden ser convertidos a Matlab o Excel para un análisis detallado. 	<p>Requerimientos mínimos de instalación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Procesador Intel Core I5 • 2GB de memoria RAM • 4GB libres en el Disco Duro • Tarjeta gráfica de video compatible con OpenGL • Pantalla de 13' (diagonal) • 1 Puerto RS-232 o USB para convertidor RS232. • 1 puerto USB libre para la licencia.
<p>2. Dream Nav</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Genera misiones libre de errores pues rectifica antes, durante y posterior a la tarea a realizarse. • Planificación de la misión: permite planificar, calcular y simular misiones previamente. • Durante la misión: asistencia para conducir y controlar el vuelo y gestionar la carga útil en tiempo real. • Después de la misión: análisis de información. 	

<p>3. U- MOSAIC</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Proyección georeferenciada de las imágenes con datos brindados por U-Pilot y el U-See. • Interfaz simple, no usa configuraciones anteriores. • Exportación de datos a varios formatos: Pix4D, Agisoft. • Habilitado para trabajar con sistemas de Airelectronics
<p>4. TImPic /Telemetría de Parámetros de vuelo</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Software de telemetría y administración de los parámetros de vuelo y sensores de carga útil durante toda la misión. • Instrumentos de vuelo y motor • Consumos de combustible y baterías de la aeronave y la carga útil. • Panel de alarmas críticas y master alarmas. • Datos atmosféricos: temperatura, velocidad y otros. • Control de sensores
<p>5. TImViewer/ Visor de telemetría</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Software que despliega todos los sensores de vuelo y carga útil en forma de gráficos en el tiempo o trends. • Esta información es a su vez grabada a manera de Caja Negra o Data Logger de un avión

<p>6. Dream Viewer</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Visualiza las imágenes (georeferenciada o no). • Maneja distintos tipos de imágenes. • Identifica diferencias entre imágenes. • Filtra por colores objetos en zonas específicos. • Mide distancias y superficies sobre imágenes georeferenciada. • Resalta (lupa) áreas de interés con mayor definición
<p>7. DJI GO</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponible en iTunes o App Stores. • Vista , control y ajuste de la cámara en vivo HD • Sección de la biblioteca para ver, editar y compartir tus videos y fotos • Compartir en las redes sociales y aplicaciones de mensajería • Transmisión en vivo • Registros de vuelo en tiempo real
<p>8. EnsoMOSAIC PRO</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sin limitaciones • Procesa imágenes de varios tamaños tomadas con cualquier plataforma aérea en vuelos lineales y no lineales. • Rectifica imágenes digitales
<p>9. EnsoMOSAIC</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Hasta 200Km • Sin limitación de número de imágenes

10.EnsomMOSAIC UAV	<ul style="list-style-type: none"> • Limite superficial de 50Km2 • Produce automáticamente orto-mosaicos a partir de fotografías aéreas digitales o escaneadas.
11.EnsoMOSAIC mini UAV	<ul style="list-style-type: none"> • Orto-mosaicos de hasta 100 imágenes en una superficie de 5Km2. • Para trabajos específicos como carretera o excavaciones arqueológicas, además procesa imágenes multiespectrales. • Diseñado para UAVs multirotor, UAVs de ala fija o incluso aparatos tripulados que no superen los límites de fotografías y superficie.

Adaptado de: (Autopilots, s.f.), (Autopilots, s.f.), (Aerodreams, s.f.), (DJI, 2016), (Solution, s.f.)

3. CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS TÉCNICO SOBRE TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN.

En el presente capítulo se muestra tablas comparativas, resultado del análisis de todos los elementos y equipos que intervienen en un enlace de comunicación empleado en un Sistema de Vehículos Aéreos no Tripulados.

La Tabla 3.1 corresponde a vehículos aéreos no tripulados de uso exclusivo en operaciones militares, su construcción y operación a grandes distancias requieren de enlaces satelitales a fin de no perder comunicación con la estación terrena.

En la Tabla 3.2 se visualizan UAVs de uso civil destinados a diferentes aplicaciones, en esta tabla se puede seleccionar las aeronaves según las áreas y las aplicaciones para las que se las puede utilizar.

Las Tablas 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 y 3.7 disponen de equipos necesarios para establecer enlaces de comunicación entre el UAV y la GCS, estas tablas constan de características propias de funcionamiento de módems transceivers y antenas a fin de poder elegir entre varios dispositivos según las características requeridas por el usuario.

3.1. Vehículos Aéreos No Tripulados de Uso Militar

Tabla 26. Vehículos aéreos no tripulados de uso militar

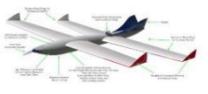
Vehículo Aéreo No Tripulado	Características Técnicas Generales	
I-GNAT UAV 	Techo de servicio Duración de vuelo Enlace de voz Enlace de Datos	<ul style="list-style-type: none"> • 7620 m • Más de 40 horas • UHF/VHF • Banda Ku Satcom y LOS
	Control	<ul style="list-style-type: none"> • Dirigidos por control remoto o totalmente autónoma • GPS e INS
	Aplicaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Reconocimiento en tiempo real, vigilancia, implementaciones en zonas de combate
Global Hawk 	Dimensión Envergadura Altura de UAV Velocidad de crucero Techo de servicio Duración de vuelo	<ul style="list-style-type: none"> • Longitud 13,5m • 35,4 m • 4,6 m • 650kmh • 20.000 m • 34 horas
	Aplicaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Misiones de reconocimiento
Predator B 	Redundancia	<ul style="list-style-type: none"> • Redundante, aviónica tolerante a fallos
	Control	<ul style="list-style-type: none"> • Pilotados a distancia o totalmente autónoma • GPS e INS
	Enlace de Datos Enlace de voz	<ul style="list-style-type: none"> • Satelital y LOS • UHF / VHF
	Estaciones	<ul style="list-style-type: none"> • 6 estaciones de ala externa para el transporte de cargas útiles
	Envergadura Fuselaje Peso Altitud Duración de vuelo	<ul style="list-style-type: none"> • 20,1168 m • 10,9728m • 4536 kg • 15240 pies • 30 horas
	Aplicaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Reconocimiento, vigilancia, orientación y entrega de armas a la investigación científica, Capacidad de carga interna y externa.
Mariner 	Redundancia Control Capacidad de carga útil	<ul style="list-style-type: none"> • Redundante, aviónica tolerante a fallos • A distancia o totalmente autónoma • Expandido infrarrojo
	Radar	<ul style="list-style-type: none"> • Multi-modo de radar de vigilancia marítima, • GPS e INS

	Enlace de Datos Enlace de voz	<ul style="list-style-type: none"> • Satelital y LOS • UHF / VHF
	Estaciones	<ul style="list-style-type: none"> • 6 estaciones de ala para cargas externas
	Envergadura Fuselaje Peso Altitud Duración de vuelo	<ul style="list-style-type: none"> • 26.2128m • 10,9728m • 4763 kg • 15849,6 m • 49 horas
	Aplicaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Vigilancia Fronteriza y Misiones de larga resistencia
Altair – UAV 	Redundancia Control	<ul style="list-style-type: none"> • Redundancia aviónica triple tolerante a fallos. • Pilotados a distancia o totalmente autónoma.
	Enlace de datos Enlace de voz	<ul style="list-style-type: none"> • Satelital y LOS • UHF/VHF
	Techo de servicio Envergadura Fuselaje Peso Altitud Duración de vuelo	<ul style="list-style-type: none"> • 15849,6 • 26,2128m • 10.9728 • 3175 kg • 15849,6 m • 30h
	Aplicaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Misiones de investigación científica y comerciales

Adaptado de: (TheUAV, s.f.)

3.2. Vehículos Aéreos No Tripulados de Uso Civil

Tabla 27. Vehículos aéreos no tripulados de uso civil

 <p>Figura 148. Draganflyer X6 – UAV Tomado de: (Slashcool, s.f.)</p> <p>Aplicaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> Seguridad Pública Fotografía Aérea Inspección Industrial 	 <p>Figura 149. Draganfly tango Tomado de: (Innovations, s.f.)</p> <p>Aplicaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> Fotografía y Video Aéreo 	 <p>Figura 150. Sniper Tomado de: (Systems A. U., s.f.)</p> <p>Aplicaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> Inspección Ambiental, Buscar y rescatar, Patrulla Fronteriza Vigilancia/tráfico, Agrícola y marítimo, Reconocimiento, vigilancia e inspección Evaluación Fuego 	 <p>Figura 151. Penguin C Tomado de: (Factory, Penguin C UAS, s.f.)</p> <p>Aplicaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> Cartografía, Seguridad Pública, Agricultura, UAV de larga resistencia 	 <p>Figura 152. E-NF03 Tomado de: (Nitrofirex, s.f.)</p> <p>Aplicaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> Control de incendios forestales 					
<p>Características</p> <p>Aeronave</p> <ul style="list-style-type: none"> Tipo: Multirotor Autonomía: 25min Alcance: 2430m Carga útil: 500gr <p>Enlace de Datos 2.4 GHz</p> <ul style="list-style-type: none"> Tipo de enlace: Helicóptero -tierra y tierra-helicóptero (bidireccional) Antena Controlador: omnidireccional Data Rate: 250kbps Sensibilidad receptor: -100dBm Técnica de Transmisión: DSSS -Direct Sequence Spread Spectrum Banda de frecuencia: 2,4000 a 2,4835 GHz Selección de canales de enlace de datos : Automático (13 canales) <p>Enlace de Video 5.8Ghz</p> <ul style="list-style-type: none"> Enlace de comunicación: Helicóptero - Tierra Antena: Omni-direccional Antenas Receptor: omnidireccional & Flat Patch Transmisión de energía: 12dBm Consumo de energía del Transmisor: 500mW NTSC y PAL Compatible 7 canales : 5740MHz, 5760MHz, 5780MHz, 5800MHz, 5820MHz, 5840MHz, 5860MHz 		<p>Características</p> <p>Aeronave</p> <ul style="list-style-type: none"> Tipo: Ala fija Autonomía: 50min Alcance: 1.5kg Carga útil: 500gr Velocidad: 70km/h Temperatura de funcionamiento: -13 ° a 100 ° F (-15 ° a 40 ° C) Humedad: de 0% a 90% Máximo velocidad del viento: 18 mph (30 km / h) <p>Enlace de Datos 72 MHz</p> <ul style="list-style-type: none"> Tipo de enlace: Tierra- Aeronaves (One-Way, Control de vuelo) Enlace de Datos 900 MHz Tipo de enlace: Tierra- Aeronave y Aeronave- Tierra (de dos vías, piloto automático y telemetría) Enlace de Video 5.8 GHz Tipo de enlace: Aeronave -Tierra (One-Way) 		<p>Características</p> <p>Aeronave</p> <ul style="list-style-type: none"> Tipo: Moto rotor Autonomía: 2horas Carga útil: 12kg Sistema de control de vuelo redundante Rango de transmisor de video >25km Banda de frecuencia: 900Mhz, 1.3 GHz, 2.4 GHz Dimensiones: 1.8 x 0.8 x 0.9m Peso: 17kg, carga útil 2kg Velocidad : 70km/h Techo de servicio: 3000m <p>Estación de control terrena</p> <ul style="list-style-type: none"> Receptor de Video Antena direccional, dirección automática Software VISIONAIR Captura de video Gamepad para el control de la carga útil 		<p>Características</p> <p>Aeronave</p> <ul style="list-style-type: none"> Tipo: Ala fija Autonomía: 20 horas Alcance: 100km Carga útil: 1.5kg Envergadura : 3,3 m Duración de vuelo: 20 horas Rango: 100km Temperatura de operación: -25°C - +40°C <p>Funcionamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> Velocidad: 19-22m/s Nivel de velocidad máximo: 32m/s, Techo de servicio: 4500 m sobre el nivel del suelo Altitud de despegue máximo: 3000m sobre el nivel de mar <p>Enlace de Datos</p> <ul style="list-style-type: none"> Frecuencia: 2.304 - 2.364 GHz; 2.405 - 2.470 GHz; 5,00 a 5,800 GHz Velocidad de enlace hasta 12 Mbps. Cifrado: 128 / 256 bits AE 		<p>Características</p> <p>Aeronave</p> <ul style="list-style-type: none"> Tipo: Ala Volante Propulsado por reactores. <p>Funcionamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> Autonomía: más de 1h, Pilotados a distancia o totalmente autónoma, permite rociar (líquido) o espolvorear (sólidos) con precisión. Rango: 40 Km Enlace de datos Satelital 	
 <p>Figura 153. MANTA UAV Tomado de: (Sensintel, s.f.)</p> <p>Aplicaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> Alto rendimiento en tiempo real por la transmisión de video gama 	 <p>Figura 154. M400 Multirotor Tomado de: (Embention, s.f.)</p> <p>Aplicaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> Arquitectura, Gestión de cultivos, Cartografía y Topografía, Minería, Gas, Petróleo, Vigilancia, Construcción 	 <p>Figura 155. W 210 ALA VOLANTE Tomado de: (Embention, s.f.)</p> <p>Aplicaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> Gestión y Control de cultivos, Inspección de tuberías, Minería, Construcción, Gestión de Recursos, Conservación de la Flora y fauna, Prevención de incendios, Topografía, Agricultura de precisión 	 <p>Figura 156. W 200 ALA VOLANTE Tomado de: (Embention, s.f.)</p> <p>Aplicaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> Cartografía y Vigilancia 	 <p>Figura 157. AirRobot AR200 Tomado de: (Source, s.f.)</p> <p>Aplicaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> Reconocimiento, Vigilancia, Misiones de Inteligencia 					
<p>Características</p> <p>Aeronave</p> <ul style="list-style-type: none"> Tipo: Ala fija Autonomía: 9 horas Carga útil: 6.8kg Techo de servicio: 16000 pies, sobre el nivel del mar Control de Mando y Radio (C2): Hasta 2 Watts, Discreto/Frecuencia ágil, Banda Militar/ Banda ISM Radio Modem (TX/RX) Velocidad aérea (resistencia máx.. 39 nudos) <p>Comunicación</p> <ul style="list-style-type: none"> Rango de Control de Mando y Radio: 15 - 20 nm, Line of Sighth (LOS) Transmisor de Video: 2 Watts (5 Watts opcional), Video TX FM Banda -S, con 19.2 kbps data carrier Rango de Frecuencia de transmisión de video: Banda L, Banda S. Rango del Sistema de Video: 15 - 20 nm, Line of Sighth (LOS) 		<p>Características</p> <p>Aeronave</p> <ul style="list-style-type: none"> Tipo: Multirotor Autonomía: 30-52 min Alcance: 42km Carga útil: 0.5 kg Dimensiones: 60 x 60 x 24cm Dimensiones Plegado: 48 x 23 x 14cm Alimentación: Baterías LIPO 6S 8000mA <p>Funcionamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> Autonomía: 52 min sin carga útil, 30 min con carga útil de 0.5kg. Velocidad Máxima: 80 Km/h Enlace de video: 1.2 GHz, 1.5W, antenas 3dBi, Rango de Enlace de Datos: 42 km(900MHz) /12 Km(2.4GHz) 		<p>Características</p> <p>Aeronave</p> <ul style="list-style-type: none"> Envergadura: 2120mm Alimentación: Baterías LIPO 4S <p>Funcionamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> Velocidad Máxima: 110 Km/h Enlace de video: 1.2 GHz, 1.5W, antenas 3dBi Rango de Enlace de Datos: 42 km(900MHz) /12 Km(2.4GHz) Tipo: Ala Volante 		<p>Características</p> <p>Aeronave</p> <ul style="list-style-type: none"> Tipo: Ala volante Autonomía: 1 hora Alcance: 40km Dimensiones: 1950 x 654 x 200mm Alimentación: Baterías LIPO 3S 16 Ah <p>Funcionamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> Autonomía: más de 1h Rango: 40 Km Enlace de Datos: 900 MHz, 868 MHz o 2.4 GHz Enlace de Video: 2.4 GHz (Vigilancia) 		<p>Características</p> <p>Aeronave</p> <ul style="list-style-type: none"> Tipo: Ala fija Autonomía: 1 hora Alcance: 100km Carga útil: 1.5kg Rendimiento Resistencia <50 min Max. Velocidad de mando aérea 35mph Velocidad de crucero 18 mph Altitud de funcionamiento 1-800 ft sobre el nivel del suelo Altitud Max. 3000 ft Max elevación de despegue 10.000 pies MSL <p>Comunicaciones Enlace</p> <ul style="list-style-type: none"> Downlink configurable 1.2- 5.8 GHz Uplink configurable 200,000-928,000 MHz, 7 kHz <2,5 kilómetros (1,6 millas) LoS @> 120 ft sobre el nivel del suelo, digital, <5 km LoS @> 120 ft. Sobre el nivel del suelo con antena de alta ganancia opcional. Transmisores COFDM Encriptación: AES 256 	
 <p>Figura 158. AGX TIRIBA Tomado de: (Infodefensa, s.f.)</p> <p>Aplicaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> Reconocimiento de inteligencia, reconocimiento básico y reconocimiento avanzado 	 <p>Figura 159. IDETEC-SIROL-OT-221 Tomado de: (Infodefensa, s.f.)</p> <p>Aplicaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> Reconocimiento de inteligencia, reconocimiento básico y reconocimiento avanzado, 	 <p>Figura 160. IDETEC-IMK8 Tomado de: (Infodefensa, s.f.)</p> <p>Aplicaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> Misiones de seguridad urbana. 	 <p>Figura 161. BOEING SCAN EAGLE Tomado de: (Insitu, s.f.)</p> <p>Aplicaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> Apoyo de operaciones contrainsurgentes y antiterroristas 	 <p>Figura 162. SIVA Tomado de: (Infodefensa, s.f.)</p> <p>Aplicaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> Monitoreo de incendios forestales 					
<p>Características</p> <p>Aeronave</p> <ul style="list-style-type: none"> Tipo: Ala volante Autonomía 1 hora Alcance: 10km Carga útil: 4kg Dimensiones: 4 metros de largo, 2.5 de ancho <p>Funcionamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> Techo de servicio: 300m de altura Cámaras de alta resolución. Peso 4 kilogramos 		<p>Características</p> <p>Aeronave</p> <ul style="list-style-type: none"> Tipo: Ala volante Autonomía: 2 horas Alcance 25km Peso: 8kg <p>Funcionamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> Motor: aluminio Utiliza cámara fijas CCD y una PTZ día /noche. Techo de servicio: 6km 		<p>Características</p> <p>Aeronave</p> <ul style="list-style-type: none"> Tipo: Moto- rotor <p>Funcionamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> Funciona con 8 motores dispuestos alrededor del vehículo. Cámaras infrarrojas térmicas de alta definición. 		<p>Características</p> <p>Aeronave</p> <ul style="list-style-type: none"> Tipo: Ala volante Aonomia: 24 horas Alcance: 170km Carga útil: 3.4kg Dimensión: 1.19m de largo por 3m de ancho <p>Funcionamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> Techo de servicio: 4572m Esta impulsado por un motor de pistón (1.5HP) 		<p>Características</p> <p>Aeronave</p> <ul style="list-style-type: none"> Tipo: Ala Volante Autonomía: 7 horas Alcance: 150m Carga útil: 35kg <p>Funcionamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> Techo de servicio: 3962.4m Sensores lector-ópticos e infrarrojos Enlace de datos Satelital y video a equipos portátiles 	

3.3. Cuadro Comparativo Módem

Tabla 28. Cuadro comparativo Módem

MODEM								
								
	Figura 163. MLT100 Tomado de: (Gilat, s.f.)	Figura 164. TUALLINK -L Band Tomado de: (Tualcom, s.f.)	Figura 165. GLT1000 Tomado de: (Gilat, s.f.)	Figura 166. SATCOM X-BAND EPM MODEM (Airborne) Tomado de: (CTECH, s.f.)	Figura 167. BM5-Ti Tomado de: (Ubiquiti, s.f.)	Figura 168. PCI XR9 Tomado de: (Ubiquiti, s.f.)	Figura 169. MC13202 Tomado de: (Inc F. S., s.f.)	Figura 170. TMA 6000 Tomado de: (Thales, s.f.)
Fabricante	• GLAT	• TUALCOM	• GLAT	• CTECH	• UBIQUITI	• XTREME	• 250 kbps	• THALES
Data Rate	• 64 Kb/s - 80 Mb/s	• 40Mbps	• 32 kbps - 80 Mbps	• 20 Kbps – 8 Mbps	• 24-54Mbps	• 6Mbps, 9Mbps, 12Mbps, 24Mbps, 36Mbps, 48Mbps, 54Mbps	• 250 kbps	• 137 Mb/s
Modulación	• BPSK, QPSK, 8PSK, 16QAM (opcional)	• BPSK,QPSK	• BPSK, QPSK, 8PSK, 16QAM	• BPSK, QPSK, 8PSK	• BPSK/QPSK/16QAM/64 QAM	•	• QPSK	• QPSK
SNR	• -13 to +13 dB		• -13 to +13 dB					
Codificación	• 27 LDPC codes;		• 27 LDPC codes					
BER Performance	• Típico Eb/No de 0,8dB para BER = 10-8		• Típico Eb/No de 0,8dB para BER = 10-8					
Tipo de comunicación	• Modo ruteo dinámico o modo puente		• Modo ruteo dinámico o modo puente		• Station, Access Point, AP Repeater	•	• Supports star, mesh and tree networks	
Encriptación	• AES 256 (opcional)	• AES 256	• AES 256 (opcional)		• DES - AES	• AES-CCM & TKIP	• AES-128bit	
Rango de Frecuencia	• 950 - 2150 MHz en Tx y Rx	• 700MHz – 2GHZ	• 950 - 2150 MHz en Tx y Rx	• 950 MHz – 1450 MHz	• 5170 - 5825 MHz	• 900MHz	• 2.480 GHz	
Banda de Funcionamiento	• Ku	• L	• Ku					• Banda KU
Tipo de Conector	• Tipo-N (transmisión y recepción)		• Tipo-N (transmisión y recepción)		• Tipo -N(macho)		• N/A	
Potencia de transmisión	• 0 to -30 dBm, 0.1 dB resolución		• 0 to -30 dBm, 0.1 dB resolución		• 25dBm		• 0 a -23dBm	
Figura de Ruido	• 8 dB		• 8 dB					
Comunicación	• OFDM-FSK		• OFDM-FSK		• OFDM			
Monitoreo y control	• Actualización de software remoto o local		• Actualización de software remoto o local					
Interface de datos	• Ethernet 10/100/1000 Base-T • Puerto auxiliar RS232 de doble interfaz serie x2 • USB 2.0 Host	• 10/100 BaseT Ethernet • RS232/485	• Ethernet 10/100/1000 Base-T • Puerto auxiliar RS232 de doble interfaz serie x2 • USB 2.0 Host		• (1) 10/100 Ethernet Port	• 32-bits mini-PCI		
Voltaje de encendido	• 10 to 32VDC		• 100 a 240VAC	• 20 – 32 V DC	• 24VDC, 0.5A Adaptador PoE.	• 3.3V DC	• 2 – 3,4VDC	
Consumo de Potencia	• 25W	• <5w	• 50W		• 6 Watts	•	•	
Temperatura de operación	• -40°C a + 60°C	•	• -20°C a + 50°C	• -30°C a +55°C	• -40 a 80° C	• -45C a +90C	• -40 a 85°C	
Dimensión	• 4.36 X 34 X 29.6 cm (H x W x D)	• 110X100X30mm	• (4.4 X 48 X 44 cm),		• 190 x 46 mm			
Peso	• 5.6 kg (12.3 lbs)	• 200g	• 13.2 lbs (6 Kg)		• 196 g	•	•	
Aplicaciones	• Uso Militar	• Control forestal	• Uso Militar	• Uso Militar	• Internet usuarios	• Vigilancia, seguridad y monitoreo	• Monitoreo, seguridad	• Uso civil y militar, navegación, video, imágenes, datos. Uso entre UAVs o UAV- Unidad en tierra, efectivo soporte aéreo para equipos en tierra.

3.4. Cuadro Comparativo Transceiver

Tabla 29. Cuadro comparativo Transciever

TRANSCEIVER						
Caraterísticas Técnicas	 Figura 171. EMMT Tomado: (Cubic, s.f.)	 Figura 172. Ku Stream HPT Tomado: (KuStream, s.f.)	 Figura 173. FIRE SCOUTE ADT Tomado: (Cubic, s.f.)	 Figura 174. TUAL-LS/LSM Tomado: (Tualcom, s.f.)	 Figura 175. XBEE-PRO Tomado: (Digi, s.f.)	 Figura 176 TSC1430 Tomado de: (Thales, s.f.)
Fabricante	• CUBIC	• TECOM	• CUBIC	• TUALCOM	• DIGI	• THALES
Peso	• 1.7lbs	• 20Lbs	• 18lbs	• <100g	•	• 1.6kg
Dimensiones	• 5.4" x 3.5" x 1.2"	• 2.5 x 17.5 x 13.6 "	• 22.5" x 14.25" x 8.5"	• 85X61X40mm	• (2.438cm x 3.294cm)	• 184X60X225mm
Alimentación de energía	• (10-33 VDC)	• 115 VAC, 380 - 800 Hz, < 300 watts	• 28VDV		• 2.8 – 3.4VDC	• 28VDC
Consumo de energía	• 24W		• 260 W máximo	• <15W	•	• 30W
Temperatura de operación	• -40°C to +71°C		• -40° C to +55° C		• -40 TO 45°C	• -40 a 71°C
Potencia de transmisión	• 10 Watts	• Up to 25 watts with option for 40 watts	• 10 Watts	• 2W	• 18dBm	•
Frecuencia de operación	• Banda –Ku, Banda-C, Banda- S, Banda-L, UHF	• Ku-band 11.7-14.5Ghz	• Ku-band CDL transceiver	• Banda L (1,7-1,85GHz) • Banda S(2.2 a 2.5GHz)	• 2,4GHz ISM	• 1090MHZ
Data Rates	• 200 kbps to 45 Mbps		• 200 kbps to 44.73 Mbps	• 40Mbps	• 250Kbps	
FEC				• Reed Solomon RS • Convolucional • LDPC (opcional)		•
Interfaces	• Ethernet • IPv4, IPv6 • Unicast or multicast • RS-232/422 • Análogo RS-170 video in/out (NTSC and PAL)	• Ethernet • RS-232/422	• RS-170 análoga video (input to ADT) • Ethernet • Análoga audio (input & output)	• Ethernet 10/100BaseT • RS 232/ 422/ 485	• RPSMA o U.FL	• Ethernet • RS-485
Encriptación	• AES	• AES	• TYPE 1	• AES 256	• 128-bit AES	
Modo de operación	• Full-dúplex	• Full-dúplex	• Full-dúplex	• Full-dúplex	• Punto a punto, Punto a multipunto, Peer to-peer y Mesh.	• LOS
Aplicaciones	• Vigilancia y reconocimiento militar, seguridad civil, control forestal, enlaces punto a punto y satelital	• Vigilancia y reconocimiento militar, seguridad civil, control forestal, enlaces punto a punto y satelital	• Vigilancia y reconocimiento militar, seguridad civil, control forestal, enlaces punto a punto y satelital	• Vigilancia y reconocimiento militar, seguridad civil, control forestal, enlaces punto a punto y satelital	• Operaciones de vigilancia a cortas distancias, transmisión de audio video y datos	• Uso civil y militar

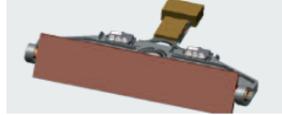
3.5. Cuadro Comparativo Transmisores

Tabla 30. Cuadro comparativo Transmisores

TRANSMISORES						
Características Técnicas	 Figura 177. NPC-UAS 1000 Tomado: (Rockwell, s.f.)	 Figura 178. IPnDDL 5800 Tomado: (Inc M. S., s.f.)	 Figura 179. TSE-COFDM Tomado: (Equipment, s.f.)	 Figura 180. LX1700 Tomado: (Rf-Links, s.f.)	 Figura 181. KP-TS5000 Tomado: (Kimpok, 2016)	 Figura 182. PRC 6809 Tomado de: (Thales, s.f.)
Fabricante	• Rocwell Kollins	• Microhard System IN	• TSE	• RF-LINKS	• KIMPOK	• THALES
Interface de red	• Ethernet • RS-232 • RS-485	• Ethernet port and dual serial RS232/485/422 data • DB9 Hembra	• Conexión de Video, BNC • Audio Connection Screened cable, Lemo/RCA			• RS 422 • RS-232
Conector RF	• SMA	• RPCSMA-Hembra	• SMA, N Type (2 off Diversity)	• SMA 50ohms	• TIPO N	• 50Ohm Female TNC
Dimensión	• 14.02 cm X 7.39 cm X 2.11cm	• 2.25 x 3.85 x 1.70 in (57 x 98 x 43)mm	• 59mm H x 38mm W x 146mm L	• 6" X 3" X 1"	• 140 X 85 X 50mm	
Peso	• 203g	•	• 390g	• 350g	• 800g	
Alimentación de energía	• 14/28 VDC	• 3,3 VDC	• 500 mA @ 12 VDC	• 1000 mA / 12V	• 12V	•
Temperatura de operación	• -40 to 60°C	• -48 a 85°C		• -40 a 79°C	• -30 70°C	• -31 a 60°C
Consumo de potencia	• <8W					
Frecuencia de Funcionamiento	• 960-977 MHz	• 5 -6GHZ	• UHF 300 MHz a 400 MHz • L Band 1.15 GHz a 1.4 GHz • S Band 2.28 GHz a 2.485 GHz • C Band 5.725 GHz a 5.850 GH	• 1700MHZ a 1900MHZ	• 300-900MHz(ajustable), • 1.2G/2.4G/5.8GHz(requisitos particulares)	• 30, 512MHz
Modulación	• OFDM	• OFDM	• OFDM: QPSK, 16 QAM, 64 QAM	• WFM	• COFDM- constelación QPSK,16QAM, 64QAM(OPCIONAL)	• AM-FM
Ancho de banda			• Standard 8 MHz @ QPSK • Narrow 4 MHz @ QPSK 2 MHz @ QPSK (464 x 288 – 4CIF) • -Ultra Narrow 1 MHz @ 16QAM (464 x 288 – CIF)		• 1.25/ 2.5/ 6/ 7/ 8MHz	• 5, 12.5 y 25Khz
Modo de Operación	• Enlaces Punto a punto	• Point-to-Point, Point-to-Multipoint (Listening)		• Punto a punto	• Punto a punto.	• Simplex y Half Duplex
Data Rate	•	• Up to 12Mbps	• 1Mb/sec to 20 Mb/sec	•	• 2/4/6/8 Mbps	• 16kbps
Potencia Transmisión de	• 1.6 watts	• 1W	• 250mW	• 2W	• 2-5Watt (ajustable)	• 5W
Sensibilidad		• -90dBm a 12Mbps • -95dBm a 6 Mbps	• -105dBm	• -89dBm		
Tipo de antena a utilizar	• Antenas Bandas-L		• Antena Omnidireccional estándar • Yagi o Direccional Alta ganancia	• Omnidireccional, panel, Yagi		
Encriptación	• AES	• 128 bit AES	• AES Encryption Compliant with ACPO – 128 / 256	•	• AES 256	
Detección de errores		• 32 bits de CRC, ARQ			• FEC 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8 (opcional)	
Aplicaciones	• Operaciones de vigilancia, transmisión de audio video y datos.	• Operaciones de vigilancia, transmisión de audio video y datos.	• Video, vigilancia	• Video transmisor	• Solo transmisión de video HD	• Uso civil y militar

3.6. Cuadro Comparativo Antenas

Tabla 31. Cuadro comparativo Antenas.

 <p>Figura 183. KU Band Talmount Satcom Antenna System Tomado de: (Industries, s.f.)</p>	 <p>Figura 184. BMA-9001 Tomado de: (Services B. M., s.f.)</p>	 <p>Figura 185. COMTRACK Antenna System Tomado de: (System Z. D., s.f.)</p>	 <p>Figura 186. T-4000 High Gain Antenna Tomado de: (Microwave, s.f.)</p>	 <p>Figura 187. T-4100 Low Gain Antenna Tomado de: (Industries, s.f.)</p>	 <p>Figura 188. Ku 1000 BroadBand Antenna System Tomado de: (KuStream, s.f.)</p>
<p>Caraterísticas</p> <ul style="list-style-type: none"> Frecuencia de Operación: Recepción: 10.7 -12.75 GHz Transmisión: 13.75 - 14.50 GHz Polarización: Lineal, conmutable VP / HP / TX ortogonal a Rx G/T:8.8 dB/K EIGRP: 42.7 dBW Rango de movimiento de Azimut: 0 -360 ° continuos Velocidad Az/EI: >30° /seg Aceleración Az/EI: 30° /seg2 Precisión de seguimiento: <2 ° RMS Alimentación DC: 28 V DC, 380 watts máx. 	<p>Caraterísticas</p> <ul style="list-style-type: none"> Antena: Dual, Quad Helical Frecuencia: 1.4-8.5 GHz Ganancia: 0.5 dBi @ 4.5 GHz AZ Ancho de haz Azimut: 8° @ 4.5 GHz Ancho de haz Elevación: 17° @ 4.5 GHz Temperatura de funcionamiento: -20 ° a + 60 ° C Potencia: Típico Pico 100W Tamaño: 17 "diámetro x 17" de alto (43,18 x 43,18 cm) Peso: 25 libras (11,34 kg) Incluye transmisor de enlace ascendente 	<p>Caraterísticas</p> <p>Antena: Direccional</p> <ul style="list-style-type: none"> Ancho de Banda: 2180 - 2480 MHz Ganancia: 20 dBi @ 2250 MHz, 20° Polarización: RHCP, LHCP Ancho del Haz 3 dB; Az 10°, E 17° Rotación del Azimut: continuo, ilimitado Velocidad de Rotación: ≥ 30°/s Aceleración: ≥ 30 °/S2 <p>Antena: Cenital</p> <ul style="list-style-type: none"> Ancho de Banda: 2180 - 2480 MHz Ganancia: 3 dBi @ 2250 MHz, 20° Polarización: LHCP Dual Circular Ancho del Haz 3 dB; Az 360°, E 105° Rotación del Azimut: Ilimitado <ul style="list-style-type: none"> Peso: < 35kg Altura x Diámetro: 635 x 800mm Voltaje: 230 VAC o 115 AVC Consumo : 150W Temperatura Operación: -25°C a +44°C Temperatura Almacenamiento: -35°C a 60°C Humedad Relativa: 100% a 25°C 	<p>Caraterísticas</p> <ul style="list-style-type: none"> Banda de frecuencia de Operación: Recepción: 1525.5 - 1560.0 MHz/ Transmisión: 1626.5 - 1660.5 MHz Cobertura: 75% de hemisferio Orientación del haz: superior 5 ° por encima del horizonte, 2° Discriminación por satélite: Mayor que 13dB Polarización: Circular Relación Axial: < 6dB VSWR: < 1.51 Potencia de entrada RF: 60 W Max. 	<p>Caraterísticas</p> <ul style="list-style-type: none"> Frecuencia de Operación: Recepción: 1525.5 - 1560.0 MHz/ Transmisión: 1626.5 - 1660.5 MHz Cobertura: >85% del hemisferio superior, 5° por encima del horizonte Polarización: Circular Impedancia: 50ohm VSWR: Potencia de entrada RF: 100 W Max. Dimensiones: 4.09" Alto x 3.5" Ancho x 11.67" Longitud Peso: 1.3lbs 	<p>Caraterísticas</p> <ul style="list-style-type: none"> Banda de frecuencia de Operación: Recepción: 13.75 - 14.5 GHz/ Transmisión: 10.7 - 12.75 GHz Recepción G/T: 11.8dB/K @ 11.7GHz Transmisión EIRP: Hasta 42.5 dBW Precisión de seguimiento: ≤ 0.2° Dimensiones: 8.0 x 32.0 pulgadas (Ancho x Diámetro) Peso: 96 lbs
 <p>Figura 189. KuStream 2000 Tomado de: (KuStream, s.f.)</p>	 <p>Figura 190. Terminal Multi-Plataforma SATCOM. Tomado de: (Group, s.f.)</p>	 <p>Figura 191. IGA-2000 Gain Antenna Tomado de: (Industries, s.f.)</p>	 <p>Figura 192. Antares LP (Low Profile) Tomado de: (Group, s.f.)</p>	 <p>Figura 193. LISA Y ASTEK SATCOM Tomado de: (THALES, s.f.)</p>	 <p>Figura 194. OA4-1.4V/1483 Tomado de: (Cobham, s.f.)</p>
<p>Caraterísticas</p> <ul style="list-style-type: none"> Frecuencia de Recepción: 10.7-11.4 GHz Recepción G/T: 11.3 dB/K en 11.05 GHz Patrón de Ganancia de Azimut Primer lóbulo lateral -17dB @ 5 °/lóbulo rejilla -25 dB. Rango de posicionamiento del pedestal: Elevación; 0° - 90°; Azimut 0° - 360° Dimensiones: 6.3 x 30.41 pulgadas (Alto x Diámetro) 	<p>Caraterísticas</p> <ul style="list-style-type: none"> Velocidad: Hasta 10Mbps Banda de Frecuencia: Ka, Ku o X Diámetro de la antena: 40cm Ejes: 3, pedestal Peso: < 35kg incluyendo el modem y el controlador de Antena 	<p>Caraterísticas</p> <ul style="list-style-type: none"> Banda de frecuencia de Operación: Recepción: 1525.5 - 1560.0 MHz/Transmisión: 1626.5 - 1660.5 MHz Ganancia de la antena: 7.5 a 9.0 dB típico, 6.0 dB mínimo Discriminación por satélite: 10dB típico, 7dB mínimo para satélites espaciado a 80° o mayor en longitud Relación Axial: < 6dB VSWR: < 1.51 Polarización: Circular 	<p>Caraterísticas</p> <ul style="list-style-type: none"> Velocidad: Hasta 20Mbps Banda de Frecuencia: Ka Compatible con: ARINC 791 Ejes: Posicionamiento de 3 ejes que combina dirección mecánica y la viga Peso: < 60kg incluyendo el modem y el controlador de Antena 	<p>Caraterísticas</p> <ul style="list-style-type: none"> Velocidad: Hasta 20Mbps Bandas de Frecuencia: Ka o Ku Diámetro de Antena: 75cm(LISA) y 60cm(ASTEK) Ejes: 2 XY Pedestal (LISA)/ 2 ejes Az/Pedestal (ASTEK) Peso: < 40kg incluyendo el modem y el controlador de Antena 	<p>Caraterísticas</p> <ul style="list-style-type: none"> Frecuencia: 1GHz to 2GHz omni-direccional Tipo de conector: Tipo N Ganancia: 5 dBi Dimensiones: 525x57 Ø
 <p>Figura 195. SBA-38/919 Tomado de: (Cobham, s.f.)</p>	 <p>Figura 196. Antena 2.4 Ghz Tomado de: (International, s.f.)</p>	 <p>Figura 197. Antena 2.4 GHz UFL Tomado de: (International, s.f.)</p>	 <p>Figura 198. HDA1275/1148 Tomado de: (Cobham, s.f.)</p>	 <p>Figura 199. PSA0218L Tomado de: (Cobham, s.f.)</p>	
<p>Caraterísticas</p> <ul style="list-style-type: none"> Frecuencia: 3GHz to 4GHz omni-direccional Tipo de conector: SMA(F) Ganancia: 4 dBi Dimensiones: 112x25x3 mm Polarización: Vertical 	<p>Caraterísticas</p> <ul style="list-style-type: none"> Frecuencia: 2.4GHz half wave dipole Tipo de conector: RPSMA Ganancia: 2.1 dBi. Dimensiones: 4.5 in Potencia: 60 mW 	<p>Caraterísticas</p> <ul style="list-style-type: none"> Frecuencia: 2.4GHz quarter wave monopipole Tipo de conector: RPSMA Ganancia: 2.1 dBi. Potencia: 60 mW 	<p>Caraterísticas</p> <ul style="list-style-type: none"> Frecuencia: 1GHz to 2GHz omni-direccional Tipo de conector: SMA(F) Ganancia: 4 dB Dimensiones: 120x74x1 mm Polarización: Horizontal 	<p>Caraterísticas</p> <ul style="list-style-type: none"> Frecuencia: 2GHz to 18GHz Ultra Wideband Directional Planar Spiral Tipo de conector: SMA(F) Ganancia: 3-18 dBi Dimensiones: 65x68 Ø mm Polarización: Circular 	

3.7. Cuadro Comparativo Entre Terminales Terrenas

Tabla 32. Cuadro comparativo entre terminales terrenas

Características Técnicas	 Figura 200. MANTIS II Tomado de: (Cubic, s.f.)	 Figura 201. GEN2 Ground Terminal Tomado de: (Cubic, s.f.)	 Figura 202. TUAL TERMINAL Tomado de: (Tualcom, s.f.)	 Figura 203. Micromax Tomado de: (Airspar, s.f.)
Fabricante	• CUBIC	• CUBIC	• TUALCOM	• UBIQUITI
Banda de Frecuencia	• Ku-band digital TX and RX, 14.4 to 15.35 GHz	• Ku-band digital TX and RX, 14.4 to 15.35 GHz	• Banda L (1.7 a 1.85GHz) • Banda S (2.2 a 2.5GHz)	• 700 MHz, 1.4 GHz, 1.5 GHz, , 1.9 GHz, 2.3 GHz, 2.5 GHz, 2.8 GHz, 3.3 GHz, 3.5 GHz, 3.7 GHz, 4.9 GHz, 5.1 GHz, 5.4 GHz, 5.8 GHz 5.9 GHz
Data Rate	• Full dúplex 200 kbps – 44.73 Mbps • (Actualizable to 274 Mbps)	• Full dúplex 200 kbps – 44.73 Mbps	• FULL DUPLEX	• Full Dúplex
Antena	• Tamaño: 38" plato de 45" trípode • Peso: 93 lbs. • Power: 270 W, 90-264 VAC, 45-63 Hz (at 10 W output)	• Tamaño: 38" plato de 45" trípode • Peso: 93 lbs. • Power: 270 W, 90-264 VAC, 45-63Hz (at 10 W output)		• N/A
Ganancia de Antena	• 40 dBi	• 39.6 dBi	• >20dB	
EIRP	• 77.8 dBm máx. EIRP			
Encriptación	• NSA Tipo 1 • Comercial AES-256	• NSA Tipo 1 • Disponible AES 256 Comercial		• DES -AES
Potencia de salida	• 10 W output)	• 10 W output)	• 2W/5W/10W	• +27 dBm en más bandas • +22 dBm en 4.9 a 5.95 GHz
Alimentación	• 18-36 VDC	• 18-36 VDC		
Consumo de energía	• 38W	• 38W		<28W
Interfaces	• RS-232/422 • DS-101 / DS-102 Interfaz de clave de llenado • Video Análogo RS-170 Ethernet: 10/100 BASE-T Ethernet interfaces	• RS-232/422 • DS-102 Interfaz de clave de llenado • Video Análogo RS-170 video • Ethernet: 10/100 BASE-T Ethernet interfaces		• 100 base T Ethernet • Conector tipo N.
Dimensiones	• UIG: 20" D x 19" W x 8.5" H • GDT Case 1: 36.3" D x 18" W x 17.3" H • GDT Case 2: 39" D x 23" W x 17.3" H • GDT Case 3: 26.3" D x 27.8" W x 19.7" H • GDT Power Supply: 12" D x 8" W x 10" H	• 5.8" x 3.2" x 1.9"		

4. CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Se determinó las modalidades y equipos necesarios para transmitir datos sobre el sistema de comunicación aplicado a vehículos aéreos no tripulados.

Se identificaron las tecnologías de comunicaciones utilizadas en sistemas de vehículos aéreos no tripulados de acuerdo a las áreas de aplicación establecidas tanto civiles como militares, éstos son enlaces satelitales, punto a punto y punto a multipunto.

Los equipos principales que intervienen en un enlace de comunicación modem, transceiver y antenas serán similares; lo que variaría son las características físicas y técnicas de dichos componentes esto dependerá de la aplicación en la que se utilice un sistema de vehículos aéreos no tripulados.

Los enlaces de comunicación con UAVs son afectados por situaciones que no se pueden predecir ni controlar tales como: cambios de posición, limitaciones de energía o condiciones ambientales. Estos factores pueden generar degradación de la señal, distorsión, pérdida total o parcial de la comunicación con la estación en tierra afectando la calidad y perjudicando la recepción correcta de información.

El análisis del procesamiento de la señal se efectuó con módems que utilizan modulación OFDM pues esta técnica facilita la adaptación al medio de transmisión y proporciona robustez en la señal.

El ancho de banda constituye un factor fundamental en los enlaces entre UAVs y la estación en tierra puesto que cada aplicación requiere un valor de

AB apropiado para transmitir gran cantidad de datos que adquieren de los diversos sensores ensamblados en cada UAV.

El espectro radioeléctrico es propiedad del Estado Ecuatoriano, por tanto, la implementación de un Sistema de Vehículos Aéreos no Tripulados , debe contar con permisos y autorizaciones legales, para que dicho sistema pueda operar en una banda de frecuencia asignado y adecuada para evitar interferencias con otros sistemas ya en funcionamiento.

Las áreas de aplicación de los UAVs son diversas, por tal motivo los costos oscilaran entre cientos o cientos de millones de dólares, esto es por la capacidad, características técnicas, alcances y características físicas que puede tener cada equipo.

4.2. Recomendaciones

Con base a los datos analizados en este estudio se generó una tabla con diferentes configuraciones de equipos a utilizarse en un Sistema de Comunicación para Vehículos Aéreos no Tripulados en las áreas de aplicación analizadas en este documento.

Tabla 33. Tabla de resumen de equipos usados en un enlace de comunicación para sistemas de vehículos aéreos no tripulados.

APLICACION	MÓDEM	TRANSCEIVER	ANTENA	UAV	Enlaces UAV
Misiones Militares	<ul style="list-style-type: none"> MLT100 GLT1000 	<ul style="list-style-type: none"> EMMT FIRE SCOUTE 	<ul style="list-style-type: none"> Ku 1000 Ku Band Talmount Lisa OA4-1.4V/1483 SBA-38/919 RCO5-3450-MO1/518 	<ul style="list-style-type: none"> Global Hawk I-GNAT – UAV Predator 	UAV-Satélite
Control de Incendios Forestales	<ul style="list-style-type: none"> TUALLINK –L GLT1000 	<ul style="list-style-type: none"> TUALLINK-LS/LSM EMMT 3LRU FIRE SCOUTE 	<ul style="list-style-type: none"> Astek Antares VOA4-2450-HEL/817 OA4-1.4V/1483 SBA-1500-502/445 SBA-38/919 	<ul style="list-style-type: none"> ENF03 SIVA Sniper 	UAV-Satélite UAV-UAV
Aplicaciones de Vigilancia, Observación e Internet a usuarios	<ul style="list-style-type: none"> XR9-Ubiquiti IPnDDL5800 KP-TS5000 GLT1000 TMA600 PRC6809 	<ul style="list-style-type: none"> XR9-Ubiquiti IPnDDL5800 KP-TS5000 TUALLINK-LS/LSM TSC1430 PRC6809 	<ul style="list-style-type: none"> SVD2-3450/426 HDA-1275/1148 SVD2-2100/868 SBA-1500-502/445 SBA-38/919 RCO5-3450-MO1/518 OA4-1.4V/1483 	<ul style="list-style-type: none"> AGX TIRIBA(Brasil) IDETEC-SIROL-OT-221(Chile) MANTARRAYA(Chile) BOEING SCAN EAGLE(Colombia-Estados unidos) INNOCON MICROFALCON-LE(Perú-Israel) ROTOMOTION SR-200 (México –EU) W 210 Ala Volante 	Estación Terrena- UAV UAV-UAV
	<ul style="list-style-type: none"> BM5-Ti (fabricante Ubiqui) módulos WIMAX para difusión de internet y retransmisión de datos 	<ul style="list-style-type: none"> Fulmar SIVA Sniper IDETEC iMK-8(Chile) AirRobot AR200 Draganflyer X6 		Estación Terrena- UAV UAV-Usuarios	
Reconocimiento y Vigilancia de corto alcance	<ul style="list-style-type: none"> MC13202 	<ul style="list-style-type: none"> XBeePro ZM-24 CC2530 	<ul style="list-style-type: none"> Antenna - 2.4 GHz, half wave dipole 	<ul style="list-style-type: none"> Draganflyer X4-P Drones y Micro UAVs 	Estación Terrena –UAV (equipos distancias cortas) UAV-UAV (equipos distancias cortas)

REFERENCIAS

- Academia. (s.f.). *Digitalización de señales*. Recuperado el 08 de Febrero de 2015 de http://www.academia.edu/16522756/Tema3_digitalizaci-3253
- Aerodreams. (s.f.). *Software Aerodreams*. Recuperado el 08 de Noviembre de 2015 de <http://www.aerodreams-uav.com/es-software.html>
- Airelectronic. (s.f.). *U-PILOT OEM Specifications*. Recuperado el 07 de Noviembre de 2015 de http://www.airelectronics.es/products/air_segment/upilot_oneboard/?PHPSESSID=crlcs4bbt05fm2fe9s403kvso3
- Airspan. (s.f.). *Micro MAX Base Station*. Recuperado el 02 de Marzo de 2015 de <http://www.airspan.com/products/bwa/micromax-micro-cell-wimax/>
- Alava-ing. (s.f.). *Sparte Compac Station*. Recuperado el 08 de Enero de 2016 de <http://www.alava-ing.es/ingenieros/productos/avionica-y-ensayos-en-vuelo-uavrpa/ensayos-en-vuelo-data-link/tracking-antenas/documentos/>
- Albarracín, J. (2009). *Tipos de Modulación*. Recuperado el 03 de Septiembre de 2015 de http://www.slideshare.net/javieralbarracin/tipos-de-modulacin-1295186?next_slideshow=2
- Angulo Restrepo, J. (2007). Tipos de Multiplexación. En *Análisis de los Procesos Básicos de un Sistema de Comunicación* (págs. 23,27,28). Medellín: Sello Editorial.
- Asifunciona. (s.f.). *Conversión Analógica -Digital*. Recuperado el 03 de Septiembre de 2015 de http://www.asifunciona.com/electronica/af_conv_ad/conv_ad_7.htm
- Association, U. A. (s.f.). *Componentes & Aplicaciones UAS*. Recuperado el 03 de Agosto del 2015 de https://www.uavs.org/index.php?page=uas_components
- Autopilots, A. E. (s.f.). *Manual de Usuario U-See*. Recuperado el 07 de Enero de 2016 de http://www.airelectronics.es/products/software/grnd_soft/
- Autopilots, A. E. (s.f.). *DataSheet U-Mosaic*. Recuperado el 07 de Enero de 2016 de <http://www.airelectronics.es/products/software/umosaic/>

- Barrietos, J. D. (2007). *Vehículos Aéreos no Tripulados*. Madrid, España:
<http://webdiis.unizar.es/~neira/docs/ABarrietos-CEDI2007.pdf>
- Bibing (s.f). *Wimax*. Recuperado el 15 de Abril de 2016 de
<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11677/fichero/Volumen+1%252F3.-WiMAX.pdf>
- Calvillo, A. (2013). *Estudio y diseño de una red WiMAX*. Recuperado el 03 de Marzo de 2016 de
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/34530/Memoria.pdf?sequence=1>
- Camarra, J. (2015). *Drones*. Recuperado el 03 de Diciembre de 2015 de
<http://es.slideshare.net/joaquincamarra/drones-joaquin-camarra>
- Cárdenas, D. (2014). *Planificación de un sistema de comunicaciones con UAVs*. Recuperado el 03 de Abril de 2016 de
<http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/1373/1/T-SENESCYT-00524.pdf>
- Castañeda, A. (2015). *Acondicionadores de señal* . Recuperado el 13 de Septiembre de 2015 de
<http://es.slideshare.net/AdrianAntonio1/acondicionadores-de-seal-50052553>
- Castillo, J. (2012). *Fundamentos de Telecomunicación*. Recuperado el 23 de Agosto de 2015 de
<http://fundamentostelecomunicacion.blogspot.com/2012/11/fdm-multiplexacion-por-division-de.html>
- CCM. (s.f.). *Introducción al cifrado mediante DES*. Recuperado el 25 de Agosto de 2015 de <http://es.ccm.net/contents/130-introduccion-al-cifrado-mediante-des>
- CCM. (s.f.). *Transmision de Datos Digitales*. Recuperado el 25 de Agosto de 2015 de <http://es.ccm.net/contents/690-transmision-de-datos-transmision-digital-de-datos>
- Ccopa, K. (2015). *Comunicaciones vía satélites, Antena*. Recuperado el 05 de Marzo de 2016 de <http://es.slideshare.net/kenjiccopa/comunicaciones-via-satelite-antenas-catv>

- Chávez, J., & San Juan, B. (2012). *Diseño de un Electromiógrafo inalámbrico*. México D.F. Recuperado el 25 de Abril de 2016 de <http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/11463/1/10.pdf>
- Científicos, T. (s.f.). *Modulacion ASK*. Recuperado el 25 de Agosto de 2015 de <http://www.textoscientificos.com/redes/modulacion/ask>
- Científicos, T. (s.f.). *Modulación FSK*. Recuperado el 25 de Agosto de 2015 de <http://www.textoscientificos.com/redes/modulacion/FSK>
- CNX. (s.f.). *Modulación 16QAM*. Recuperado el 25 de Agosto de 2015 de <http://cnx.org/contents/YI4PrPwT@1.2:H7pGhEjc@1/6-Modulaciones-M-arias>
- Cobham. (s.f.). Cobham Antenna Systems. Recuperado el 25 de Enero de 2016 de <http://www.cobham.com/communications-and-connectivity/antenna-systems/microwave-antennas/uas-antennas/uas-control-antennas-product-brochure/>
- Collins, R. (s.f.). *AN/ARC-210 Gen IV Warrior Programmable Digital Communication System*. Recuperado el 25 de Enero de 2016 de https://www.rockwellcollins.com/Data/Products/Communications_and_Networks/Communication_Radios/AN-ARC-210_Gen_IV_Warrior_Programmable_Digital_Communication_System.aspx
- Collins, R. (s.f.). *Integrated Communications System*. Recuperado el 25 de Enero de 2016 de <https://www.rockwellcollins.com/~media/Files/Unsecure/Products/Product%20Brochures/Communcation%20and%20Networks/Communication%20Radios/ARC-210%20Integrated%20Comm%20Systems%20white%20paper.aspx>
- Collins, R. (s.f.). *NPC-1000_UAS*. Recuperado el 05 de Marzo de 2016 de https://www.rockwellcollins.com/Data/Products/Communications_and_Networks/Data_Links/CNPC-1000_UAS_command_and_control_data_link.aspx
- Community. (s.f.). *WDS*. Recuperado el 25 de Abril de 2016 de <http://community.ubnt.com/t5/Bullet-Radio-Modules/WDS-Bullet2-Buller2HP-problem-with-peer-communication/td-p/280301>

- Corporation, L. (s.f.). *Design of UAV Systems*. Recuperado el 22 de Abril de 2016 de
<https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi-2JiFrLlAhVDdR4KHYv0BpIQFgg0MAM&url=http%3A%2F%2Fwww.southampton.ac.uk%2F~jps7%2FAircraft%2520Design%2520Resources%2FUAV%2520Resources%2FASE261.09.Comms.ppt&usg>
- Coughlin, R., & Driscoll, F. (1993). *Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales*. Mexico: Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A.
- CTECH. (s.f.). *Satcom-x-band-epm-modem*. Recuperado el 25 de Febrero de 2016 de <http://www.ctech.com.tr/product-solutions/defence/satcom-x-band-epm-modem/>
- Cubic. (s.f.). *EMMT*. Recuperado el 01 de Marzo de 2015 de https://www.cubic.com/Portals/0/Files/Tech-Center/11738_014%20MMT%20ds%20lr.pdf
- Cubic. (s.f.). *Fire Scoute ADT*. Recuperado el 01 de Marzo de 2015 de https://www.cubic.com/Portals/0/Files/Tech-Center/11738_008%20Fire%20Scout%20ds%20lr.pdf
- Cubic. (s.f.). *Gen 2 Ground Terminal*. Recuperado el 01 de Marzo de 2015 de http://www.cubic.com/Portals/0/11738_013%20Gen%202%20GDT%20ds%20lr.pdf
- Cubic. (s.f.). *Mantis II*. Recuperado el 01 de Marzo de 2015 de https://www.cubic.com/Portals/0/Files/Tech-Center/11738_112%20Mantis%20II%20ds%20lr.pdf
- Cyberguide. (s.f.). *Cyber Security*. Recuperado el 27 de Marzo de 2016 de <http://www.cysecguide.com/2016/03/cryptology-ofboutput-feedback-mode.html>
- Digi. (s.f.). *Xbee Pro*. Recuperado el 28 de Abril de 2016 de <http://www.digi.com/products/xbee-rf-solutions/modules/xbee-pro-xsc>
- Digok. (s.f.). *Antena Panel Plano*. Recuperado el 25 de Febrero de 2016

de <http://www.digok.com/p11927370-hot-sale-16dbi-wall-hanging-flat-panel-antenna>

Dinamics, I. (s.f.). *Aplicaciones y Usos UAVs*. Recuperado el 25 de Agosto de 2015 de http://www.iuavs.com/pages/aplicaciones_y_usos

Distancia, U. N. (s.f.). *Carracterísticas esenciales de las Antenas*. Recuperado el 25 de Octubre de 2015 de http://datateca.unad.edu.co/contenidos/208019/MODULO%20ANTENAS%20Y%20PROPAGACION-2011/leccin_32_caractersticas_esenciales_de_las_antenas.html

Distancia, U. N. (s.f.). *Conjunto de Antenas*. Recuperado el 25 de Octubre de 2015 de http://datateca.unad.edu.co/contenidos/208019/MODULO%20ANTENAS%20Y%20PROPAGACION-2011/leccin_37_conjunto_de_antenas.html

DJI. (s.f.). *Aplicación DJI GO*. Recuperado el 02 de Febrero de 2016 de <https://itunes.apple.com/en/app/dji-pilot/id943780750?mt=8>

DSpace. (s.f.). *Next Generation Satellite Communications*. Recuperado el 27 de Febrero de 2016 de https://www.dspace.com/shared/data/pdf/2012/Magazin_12_18_Satelite_E.pdf

Embention. (s.f.). *RPAS- m400-multirotor*. Recuperado el 23 de Febrero de 2016 de <http://products.embention.com/nmand-uas-rpas/m400-multirotor.html>

Embention. (s.f.). *RPAS- W210 flying*. Recuperado el 22 de Febrero de 2016 de <http://products.embention.com/nmand-uas-rpas/w210-flying-wing.html>

Embention. (s.f.). *UAS RPAS w210-flying*. Recuperado el 22 de Febrero de 2016 de <http://products.embention.com/nmand-uas-rpas/w210-flying-wing.html>

Embention. (s.f.). *RPAS - W200 flying wing*. Recuperado el 22 de Febrero de 2016 de <http://products.embention.com/nmand-uas-rpas/w200-flying-wing/surveillance.html>

Equipment, T. S. (s.f.). *TSE COFDM*. Recuperado el 01 de Marzo de 2016 de http://www.tserecon.com/images/COFDM_13.6.4.pdf

Exchange, S. (s.f.). *Cryptography*. Recuperado el 28 de Abril de 2016 de <http://crypto.stackexchange.com/questions/8043/aes-addroundkey>

- Fácil, E. (s.f.). *Modulación Digital FSK/PSK/QAM*. Recuperado el 25 de Octubre de 2015 de <http://www.electronicafacil.net/tutoriales/MODULACION-DIGITAL-FSK-PSK-QAM.php>
- Factory, U. (s.f.). *Penguin C UAS*. Recuperado el 20 de Febrero de 2016 de <http://www.uavfactory.com/product/74>
- Factory, U. (s.f.). *Portable digital data links systems PDDL*. Recuperado el 15 de Febrero de 2016 de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjok-GKobfLAhXHHB4KHSIcDQoQFggcMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.uavfactory.com%2Fdownload%2F103%2Ftracking-antenna-datasheet-v1.pdf&usg=AFQjCNH1lemsv vocZRDn2k1nFd9ScakRiA&sig2=YP4puu CvzsWeD>
- Flaverlei. (s.f.). *Código Morse*. Recuperado el 13 de Diciembre de 2015 de <https://flaverlei.files.wordpress.com/2009/03/codigo.gif>
- Franc, D. (s.f.). *Mini UAV communication link Systems*. Recuperado el 09 de Febrero de 2016 de http://www.fpp.uni-lj.si/poletne_sole_2010/promet_pomorstvo_in_logistika_21_stoletja/gradiva/?vie=print
- Gilat. (s.f.). *MLT-1000 & GLT*. Recuperado el 09 de Febrero de 2016 de http://www.gilat.com/dynimages/t_brochures/files/Gilat-MLT-1000-Defense-230314-FINAL.pdf
- González Ruiz, V. (2013). *Modulación de Señales*. Recuperado el 20 de Agosto de 2015 de <http://www.ual.es/~vruiz/Docencia/Apuntes/Transmission/04-Modulacion/index.html>
- Group, T. (s.f.). *Antares Family*. Recuperado el 05 de Febrero de 2016 de <https://www.thalesgroup.com/en/worldwide/defence/what-we-do-radio-communications-air-communications/antares-family>
- Guevara, E. (2012). *Modulación Digital*. Recuperado el 07 de Octubre de 2015 de <http://es.slideshare.net/ernestoguevaraventura/tema-1bmodulaciondigitalmultibit>

- Ham, Y. (2016). *Visualization in Engineering*. Recuperado el 13 de Abril de 2016 de <http://viejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40327-015-0029-z>
- Hernández Rueda, J. A. (1988). *Antenas: Principios básicos, análisis y diseño*. Mexicali:
https://books.google.com.ec/books?id=mtLj4aI5XXYC&printsec=frontcover&dq=antenas&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=antenas&f=false.
- Hernández, V., Cruz, L., & Dolores, A. (2013). *Cifrado de Flujo*. Recuperado el 05 de Marzo del 2016 de <http://es.slideshare.net/kms2099/cifrado-de-flujo-viri-y-ana>
- Herrera Pérez, E. (1995). *Introducción a las Telecomunicaciones Modernas*. Mexico: Limusa.
- Hispasat. (s.f.). *Proyecto Ignis*. Recuperado el 13 de Marzo del 2016 de <http://www.hispasat.com/es/innovacion/emergencias-y-seguridad>
- Holdings, L.-3. C. (s.f.). *MD-1333/A UHF SATCOM Módem*. Recuperado el 30 de Abril de 2016 de <http://l3comm.us/products-services/docoutput.aspx?id=1657>
- Holdings, L.-3. C. (s.f.). *Ku Band SATCOM Data Link*. Recuperado el 30 de Abril de 2016 de <http://www2.l-3com.com/products-services/docoutput.aspx?id=1238>
- Inc, F. S. (s.f.). *MC 13202*. Recuperado el 30 de Abril de 2016 de http://cache.nxp.com/files/rf_if/doc/data_sheet/MC13202.pdf?pspll=1
- Inc, M. S. (s.f.). *IPnDDL 5800*. Recuperado el 30 de Abril de 2016 de <http://embedded-computing.com/products/id/?9917367>
- Industries, T. (s.f.). *IGA 2000*. Recuperado el 06 de Febrero de 2016 de <http://www.tecom-ind.com/prList.php?tcid=6>
- Industries, T. (s.f.). *KU Band Talmount Satcom Antenna System*. Recuperado el 06 de Febrero de 2016 de <http://www.tecom-ind.com/prList.php?tcid=6>
- Industries, T. (s.f.). *T-4100 Low Gain Antenna*. Recuperado el 07 de Febrero de 2016 de <http://www.tecom-ind.com/prList.php?tcid=6>

- Industry, D. (s.f.). *Antena dipolo/UHF/VHF*. Recuperado el 10 de Febrero de 2016 de <http://www.directindustry.es/prod/ah-systems/product-35071-473423.html>
- Infodefensa. (s.f.). Vehículos Aéreos no Tripulados en Latinoamérica . Recuperado el 01 de Febrero de 2016 de http://www.infodefensa.com/wp-content/uploads/Vehiculos_aereos_no_tripulados_en_Latam.pdf
- Informática, M. V. (s.f.). *Código Baudot*. Recuperado el 01 de Febrero de 2016 de <http://piano.dsi.uminho.pt/museuv/cbaudot.html>
- Informaticaencaude. (s.f.). *Código ASCII* . Recuperado el 01 de Febrero de 2016 de <https://informaticaencaude.wordpress.com/2011/10/16/codigo-ascii-extendido-2/>
- Infosegur. (s.f.). *Criptografía Simétrica y Asimétrica*. Recuperado el 26 de Marzo de 2016 de <https://infosegur.wordpress.com/category/4-criptografia/4-3-criptografia-simetrica-y-asimetrica/>
- Ingram, M. (2000). *OFDM Simulation Using*. Recuperado el 20 de Febrero de 2016 de http://www2.ece.gatech.edu/research/labs/sarl/tutorials/OFDM/Tutorial_web.pdf
- Innovations, D. (s.f.). *DraganFly Tango*. Recuperado el 01 de Enero de 2016 de <http://www.draganfly.com/uav-airplane/tango/specifications/>
- Insitu. (s.f.). BOEING SCAN EAGLE. Recuperado el 01 de Enero de 2016 de https://insitu.com/images/uploads/pdfs/ScanEagle_SubFolder_Digital_P_R080315.pdf
- International, D. (s.f.). *Antenas*. Recuperado el 01 de Diciembre de 2015 de <http://www.digi.com/products/models/xbp24cz7uis-004>
- International, D. (s.f.). *Especificaciones Técnicas Xbee, XBee-Pro, Programable Xbee*. Recuperado el 10 de Febrero de 2016 de <http://www.digi.com/products/xbee-rf-solutions/modules/xbee-digimesh-2-4#resources>
- Itlalaguna. (s.f.). *Comunicaciones de Datos*. Recuperado el 23 de Mayo de 2016 de <http://www.itlalaguna.edu.mx/academico/carreras/electronica/COMUNICACION%20DE%20DATOS/Unidad%20VI/UNIDAD%20VI-3.pdf>

- Khadatkar, A. (2015). *Handover*. Recuperado el 01 de Febrero de 2016 de <http://www.slideshare.net/AnkitaKhadatkar/handover-in-telecom>
- Kimpok. (2016). *KP-TS5000*. Recuperado el 01 de Febrero de 2016 de http://spanish.everychina.com/f-z52ec578/p-103646559-5_8ghz_video_cofdm_transmitter_2_5_watt_for_unmanned_ground_vehicle.html
- KuStream. (s.f). *KuStream 2000 Antenna*. Recuperado el 18 de Enero de 2016 de <http://www.kustream.com/brochure.php>
- KuStream. (s.f). *Ku Stream HPT*. Recuperado el 18 de Enero de 2016 http://www.kustream.com/images/KuStream_TECOM_QEST_02_2009.pdf
- Lopez, A. (2013). *Multiplexacion por División de Código*. Recuperado el 08 de Noviembre de 2015 de <https://prezi.com/og9lwg4z0htu/cdm-multiplexacion-por-division-de-codigo/>
- Mahmood, S. (2007). *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)*. Recuperado el 07 de Agosto de 2015 de <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:831685/FULLTEXT01.pdf>
- Martínez, C. (2012). *Modulación y Demodulación*. Recuperado el 01 de Agosto de 2015 de <http://carlosgomez098.blogspot.com/2012/08/46-modulacion-y-demodulacion.html>
- Martínez, E. (s.f.). *Transformada de Fourier*. Recuperado el 09 de Enero de 2016 de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjru-DGpsHMAhXMFR4KHT98AYEQFggdMAA&url=http%3A%2F%2Fturing.imas.unam.mx%2F~elena%2FPDI-Mast%2FTema_4_E2.ppt&usg=AFQjCNG7FKPIdBw7XADy1gdB4MGjMC2BA
- Mascience. (s.f.). *DRON, DRONE, UAV, UAS, RPA, RPAS. ¿QUÉ SON?* Recuperado el 03 de Agosto de 2015 de <http://masscience.com/2015/08/11/2051/>

- Mascience. (s.f.). *DRON, DRONE, UAV, UAS, RPA, RPAS. ¿QUÉ SON?* Recuperado el 03 de Agosto de 2015 de <http://masscience.com/2015/08/11/2051/>
- MATLAB. (s.f.). *Isolated Patch Antena*. Recuperado el 03 de Agosto de 2015 de <http://www.mathworks.com>
- Mibqyyo. (s.f.). *Tipos de Modulación*. Recuperado el 03 de Agosto de 2015 de http://www.mibqyyo.com/articulos/2014/07/23/comunicaciones-via-radio-ii-tipos-de-modulacion/#/vanilla/discussion/embed/?vanilla_discussion_id=0
- Microsoft. (s.f.). *Cipher Mode*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2015 de <https://msdn.microsoft.com/es-es/library/system.security.cryptography.ciphermode%28v=vs.110%29.aspx>
- Microwave, T. S. (s.f.). *Satcom Products-Antennas*. Recuperado el 10 de Febrero de 2016 de <http://www.tecom-ind.com/prList.php?tcid=6>
- Microwave, T. S. (s.f.). *T-4100 Low Gain Antenna*. Recuperado el 10 de Febrero de 2016 de <http://www.tecom-ind.com/prList.php?tcid=6>
- Moreno, E. (2011). *Enlace Satelital*. Recuperado el 12 de Marzo de 2016 de <http://es.slideshare.net/EugenioMoreno/satelites-10617865>
- Mylin, A. (2007). *A communication link reliability*. Recuperado el 15 de Marzo de 2016 de http://uknowledge.uky.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1486&context=gradschool_theses
- NeoTeo. (s.f.). *Polarización de una antena*. Recuperado el 06 de Abril de 2016 de https://www.google.com/search?q=Polarizaci%C3%B3n+de+una+antena&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiOoqCV37bLAhUEIx4KHbqIAtcQ_AUIBygB&biw=1280&bih=611&dpr=1.25#imgrc=n7P88by_ISL_3M%3A
- Networks, G. S. (s.f.). *Advanced Satellite For Unmanned Aerial Vehicle*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2015 de

http://www.gilat.com/dynimages/t_brochures/files/Integrated%20Solutions%20Brochure%202012-10-31.pdf

Nitrofirex. (s.f.). *LLeida Drone*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2015 de <http://www.lleidadrone.com/2014/04/nitrofirex-extincion-de-incendios.html>

Ojeda, B. (2014). *Diseño de un Modelo de Seguimiento Basado en Intensidad la Señal para la Estación Móvil de Control del Sant Arpía de la Empresa Cavim*. Recuperado el 19 de Noviembre de 2015 de <http://200.35.84.131/portal/bases/marc/texto/2701-14-07088.pdf>

Oliver, J. (2015). *¿Qué es un drone?*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2015 de <http://drones4logistics.com/2015/02/24/que-es-un-drone/>

Olmeda, M. (2013). *Instalaciones de RTV vía satélite*. Recuperado el 30 de Octubre de 2015 <http://slideplayer.es/slide/3546427/>

Ópticas, G. C. (s.f.). *Sistema WDM*. Recuperado el 10 de Octubre de 2015 de http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema4/imagenes_tema4_4/image002.jpg

Paredes A., Marquez S. , & Ortega J. (2012). *Multiplexación por División de Longitud de Onda*. Recuperado el 10 de Octubre de 2015 de http://www.slideserve.com/mavis/multiplexaci-n-por-divisi-n-de-longitud-de-onda-wdm/?utm_source=slideserve&utm_medium=website&utm_campaign=auto+related+load

Pousa, A. (2011). *Algoritmo de cifrado simetrico AES, Ascleración de tiempo de computosobre arquitecturas multicore*. Recuperado el 09 de Diciembre de 2015 de https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwi658DZiNvLAhXH2B4KHVUtAhgQFggcMAA&url=http%3A%2F%2Fpostgrado.info.unlp.edu.ar%2FCarreras%2FEspecializaciones%2FRedes_y_Seguridad%2FTrabajos_Finales%2FPousa_Adrian.pdf&usq=AFQjCN

Pramdel. (s.f.). *Tipo de Antenas*. Recuperado el 10 de Enero de 2016 de <http://pramdel.com/content/tipos-de-antenas>

- QSL. (s.f.). *Patrón de Radiación Dipolo Orientación Sur*. Recuperado el 10 de Enero de 2016 de <http://www.qsl.net/ea6dd/dipolos.htm>
- Quiroga, G. (2014). *Informatica y Telecomunicaciones*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2015 de <http://es.slideshare.net/hgquiroga/teccom06comunicacin-de-datos-digitales>
- Rendón, A. N. (2008). *Sistemas de Comunicación*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2015 de <http://www.aiu.edu/publications/student/spanish/Comunnicacion%20de%20Systemas.html>
- Rf-Links. (s.f.). *LX 1700* . Recuperado el 05 de Marzo de 2016 de <http://rf-links.com/newsite/pdf/lx1700-2.pdf>
- Rticorp. (s.f.). Repetidor Zbee ZM24 . Recuperado el 05 de Marzo de 2016 de <http://www.rticorp.com/zm-24-transceiver-module.html>
- Rueda, J. A. (1988). *Antenas: Principios básicos, análisis y diseño*. Baja California.
- Ruíz, J. (2009). *Modulación*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2015 de <http://www.tmbroadcast.es/index.php/la-modulacion-cofdm/>
- Salad Osman, E. A. (2013). *ADC y DAC*. Recuperado el 02 de Septiembre de 2015 de <http://www.slideshare.net/faashabiyaata/adc-and-dac>
- Sánchez, O. (2013). *Firma Digital*. Recuperado el 10 de Octubre de 2015 de http://www.otiliosanchez.com/2013_09_01_archive.html
- Sánchez, P. G. (2012). *Arquitecturas de Comunicación en un UAS*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2015 de http://www.defensa.gob.es/ceseden/Galerias/destacados/publicaciones/docSegyDef/ficheros/049_TECNOLOGIAS_ASOCIADAS_A_SISTEMAS_DE_ENJAMBRES_DE_uUAV.pdf
- Sandoval, F. (2014). *Estaciones Terrenas*. Recuperado el 14 de Marzo de 2016 de http://es.slideshare.net/blog_fralbe/estaciones-terrenas-36629633
- Satacademy. (s.f.). *Antena Tipo Cassgrain*. Recuperado el 17 de Febrero de 2016 de http://satacademy.eu/110_ABC-MM/01_ACAD-PORTAL/06-wykl-cwicz/L-009-010/L009.htm

- Schiabel, H. (2013). *Conversores DA y AD*. Recuperado el 11 de Enero de 2016 de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiR7MG0hsfLAhWB1h4KHfENCCQQFghPMAY&url=http%3A%2F%2Firis.sel.eesc.usp.br%2Fsel414%2F16-conversores.pdf&usg=AFQjCNF7BEr2eC0JUwf-UvSduT7FDiSdhg&sig2=6xSZImGR3vIL0CfjVbp>
- Sensintel. (s.f.). *Auto Tracking Antenna*. Recuperado el 14 de Marzo de 2016 de <http://2014.sensintel.com.php53-14.ord1-1.websitetestlink.com/UAV/antenna/>
- Sensintel. (s.f.). *UAV Manta*. Recuperado el 14 de Diciembre de 2015 de <http://2014.sensintel.com.php53-14.ord1-1.websitetestlink.com/UAV/manta/>
- Services, B. M. (s.f.). *Tracking Antennas*. Recuperado el 14 de Marzo de 2016 de <http://www.bms-inc.com/product/tracking-antennas/>
- Services, B. M. (s.f.). *CT6540ARINC SD/HD Power High Transmitter*. Recuperado el 15 de Marzo de 2016 de <http://www.bms-inc.com/product/transmitters/ctxx40arinc/>
- Services, B. M. (s.f.). *BMS Transmitters*. Recuperado el 15 de Marzo de 2016 de <http://www.bms-inc.com/product/transmitters/>
- Services, B. M. (s.f.). *Long Rang UAVs*. Recuperado el 17 de Marzo de 2016 de <http://www.bms-inc.com/solution/unmanned-systems/long-rang-uavs/>
- Services, B. M. (s.f.). *Transmitter 24 VHD & Transmitter 33 HD*. Recuperado el 15 de Marzo de 2016 de <http://www.bms-inc.com/product/transmitters/mtxx24vhd-and-mtxx33hd/>
- Services, B. M. (s.f.). *Carry Viewer 4*. Recuperado el 15 de Marzo de 2016 de <http://www.bms-inc.com/product/receivers/carry-viewer-4/>
- Services, B. M. (s.f.). *COFDM H.264*. Recuperado el 03 de Marzo de 2016 de <https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=0ahUKEwj8mpagnrFLAhUE7B4KHUkoC30Q5TUICQ&url=http%3A%2F%2Fwww.bms-inc.com%2Fwp->

- content%2Fuploads%2F2014%2F12%2FMTxx23VHD.pdf&psig=AFQjCNEs34a8bAeya7bKEb1bBeMEGd8a9w&ust=1457737699709248&
- Services, B. M. (s.f.). *High Power Transmitter HC4 HELI-CODER 4*. Recuperado el 15 de Marzo de 2016 de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjTsuCinbfLAhWK1R4KHRtkCyMQFggdMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.bms-inc.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2012%2F07%2FHeli-Coder-4.pdf&usg=AFQjCNH2B4h104WK1H_QmTq9cNnC8Cf0rw&sig2=9F4GFdPjFUSWaUD
- Sharma, M. (2012). *Multiplexing TDM*. O Recuperado el 10 de Septiembre de 2015 de <http://sharmamonika95.blog.com/sample-page/multiplexing/>
- Slashcool. (s.f.). *Draganflyer X6 – UAV*. Recuperado el 22 de Febrero de 2016 de <http://slashcool.com/stuff/gadgets/draganflyer-x6-uav.html>
- Solution, A. S. (s.f.). *Software EnsoMosaic*. Recuperado el 28 de Febrero de 2016 de <http://www.grupoacre.com/uavs/productos//uav-software-ensomosaic>
- Source, U. S. (s.f.). *AR200 UAV*. Recuperado el 22 de Febrero de 2016 de <https://www.unmannedsystemssource.com/shop/ar200/>
- Source, U. S. (s.f.). *MiniRover IV Operators Guide*. Recuperado el 24 de Febrero de 2016 de https://www.unmannedsystemssource.com/wp-content/uploads/2014/10/MiniRover-IV_Operators_Guide.pdf
- System, A. U. (s.f.). *G Track Antenna*. Recuperado el 12 de Marzo de 2016 de <http://www.alphaunmannedsystems.com/products/gtrack>
- System, Z. D. (s.f.). *COM'TRACK Compac Tranking Antenna System*. Recuperado el 12 de Marzo de 2016 de <http://www.alava-ing.es/ingenieros/productos/avionica-y-ensayos-en-vuelo-uavrpa/ensayos-en-vuelo-data-link/tracking-antenas/documentos/>
- System, Z. D. (s.f.). *COM'TRACK Compac Tranking Antenna System- Sparte Compac Station*. Recuperado el 12 de Marzo de 2016 de <http://www.alava-ing.es/ingenieros/productos/avionica-y-ensayos-en-vuelo-uavrpa/ensayos-en-vuelo-data-link/tracking-antenas/documentos/>

- Systems, A. U. (s.f.). *Sniper Helicopter UAV*. Recuperado el 07 de Enero de 2016 de <http://www.alphaunmannedsystems.com/sites/default/files/Sniper%20Helicopter.pdf>
- Systems, P. (s.f.). *Tracking Antenna System*. Recuperado el 12 de Marzo de 2016 de <http://www.persistentsystems.com/tracking-antenna-system/>
- Tantawy, M. (2010). *Cryptography*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2015 de <http://slideplayer.com/slide/750906/>
- Technologies, S. (s.f.). *Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing*. Recuperado el 20 de Marzo de 2016 de <http://silvustechnologies.com/technology/introduction-to-cofdm>
- Telecomunicaciones, M. (s.f.). *Modulación Digital ASK*. Recuperado el 20 de Enero de 2016 de <http://mundotelecomunicaciones1.blogspot.com/2014/10/modulacion-digital-pasabanda-ask.html>
- Televes. (s.f.). *Relación Frente/Atras*. Recuperado el 19 de Enero de 2016 de <http://www.televes.es/imagenfaqs/ant81.jpg>
- THALES. (s.f.). *LISA y ASTEK SATCOM*. Recuperado el 16 de Enero de 2016 de <https://www.thalesgroup.com/en/worldwide/defence/what-we-do-radio-communications-air-communications/antares-family>
- TheUAV. (s.f.). *UAV Types*. Recuperado el 20 de Octubre de 2015 de http://www.theuav.com/mariner_uav.html
- Tomasi, W. (2003). Multiplexación. En *Sistemas de Comunicaciones Electronicas* (pág. 708). Mexico: Pearson Education.
- Tonia, A. (2005). *Bioamplificadores y Procesamiento de Señales*. Recuperado el 20 Septiembre de 2015 de <http://slideplayer.es/slide/2261863/#>
- Torsten, A. (2014). *Networked and Embedded Systems*. Recuperado el 03 Agosto de 2015 de <https://nes.aau.at/?p=1176>
- Tualcom. (s.f.). *Tual Terminal*. Recuperado el 05 de Marzo de 2015 de <http://www.tualcom.com/site/18064/uploads/o/2016/34/aeb8a4bf49d9e8cb749aedd0abc4405f.pdf>

- Tualcom. (s.f.). *Tual LS/LSM*. Recuperado el 05 de Marzo de 2015 de <http://www.tualcom.com/site/18064/uploads/o/2016/34/da45ccd30f628eb341ff695149819f4e.pdf>
- UAS, V. (s.f.). *Conceptual Reddering of Unmanned Aircraft System*. Recuperado el 03 Agosto de 2015 de <http://www.vortexuas.com/images/systems-systempic.png>
- UAV, M. (s.f.). *ZEPHYR UAV System*. Recuperado el 16 de Enero de 2016 de <http://www.marcusuav.com/systems/>
- Ubiquiti. (s.f.). *BM-5Ti*. Recuperado el 16 de Mayo de 2016 de <https://www.ubnt.com/airmax/bulletm/>
- Ubiquiti. (s.f.). *PCI XR9*. Recuperado el 16 de Mayo de 2016 de <http://www.ubiquiticolombia.com/ubiquiti-xr9-adaptador-mini-pci-900mhz-700mw/>
- Unicrom, E. (s.f.). *Código GRAY*. Recuperado el 19 de Marzo de 2016 de <http://unicrom.com/codigo-gray/>
- Villapol, M. (2011). *Detección y Corrección de Errores*. Recuperado el 18 de Mayo de 2016 de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiq4_r0uq_MAhXHXh4KHVvKHDUQQFggUMAM&url=http%3A%2F%2Fwww.ciens.ucv.ve%2Fredesmov%2FDocumentos%2FTemall-3.ppt&usg=AFQjCNHDW35_kl3tWOrTL7XYzQilvP6UTw&bvm=bv.120551593,d
- Wikitel. (s.f.). *Modulación COFDM*. Recuperado el 18 de Septiembre de 2015 de http://wikitel.info/wiki/COFDM_MODULACION
- Woolner, P. (2003). *Aircraft-to-Satellite Links Suitable for*. Recuperado el 18 de Enero de 2016 de http://nirops.fs.fed.us/docs/upload/USFS_satcom_report.pdf
- Wordpress. (s.f.). *Antena*. Recuperado el 20 de Septiembre del 2015 de <https://antena2013.wordpress.com/2013/11/19/trabajo-de-antena-yagi/>

WordPress. (s.f.). *Código Binario*. Recuperado el 19 de Marzo de 2016 de <https://maticasycomputacion.wordpress.com/el-codigo-binario/>

Xataka. (s.f.). *Drones del ejército Español*. Recuperado el 02 de Enero de 2016 de <http://www.xataka.com/drones/vigilantes-silenciosos-asi-son-los-drones-que-utiliza-el-ejercito-espanol>

Zamora, I. (2014). *Formateo de Señales Analógicas*. Recuperado el 21 de Septiembre de 2015 de <http://es.slideshare.net/nica2009/lecture-5-formateo-de-seales-analgicas>

ANEXOS

Anexo 1: KuStream 1000 Antenna System

KuStream 1000 ANTENNA SYSTEM

Airborne Broadband Antenna System for In-flight Connectivity, 3 LRU solution:

- Satellite Antenna Assembly (SAA)
- Antenna Control Unit (ACU)
- High Power Transceiver (HPT)

Superior antenna system performance in transmit and receive

- ➔ Enables maximum Ku Band satellite network data rates

Industry leading geographical skew angle range

- ➔ Maximizes satellite footprint usage, resulting in fewer satellites required for network operation, therefore reducing cost

Novel antenna pointing and tracking solution

- ➔ Full compliance with stringent FCC regulatory standards

Well-proven and successful

- ➔ Serving millions of passengers worldwide

Easily adaptable to most commercially available modems



KuStream® 1000:
Finalist for the Crystal Cabin
Award 2010 in the category
Entertainment
and Communication



SATELLITE ANTENNA ASSEMBLY FEED (SAA)

- Precision horn array aperture with integrated feeding network
- Dual linear polarizations (co-pol or cross-pol), integrated diplexer architecture
- Two-axis pedestal

Transmit frequency	13.75-14.5 GHz
Receive frequency	10.7-12.75 GHz
Receive G/T	11.8 dB/K @ 11.7 GHz
Transmit EIRP	Up to 42.5 dBW (depending on service providing scheme and coverage)
Azimuth gain pattern	Complies with 47 CFR 25.209 up to geographic skew angles of at least ±35°
Azimuth EIRP spectral density pattern	Complies with 47 CFR 25.222
Pedestal positioning range	Elevation: 0° to +90°; Azimuth: 0-360° continuous
Tracking accuracy	≤ 0.2°
Dimensions	8.0 x 32.0 inches (H x D, swept volume)
Weight	96 lbs



HIGH POWER TRANSCEIVER (HPT)

- Block Up Converter
- Block Down Converter
- High Power Amplifier
- Single chassis configuration

Transmit power	Up to 25 watts with option for 40 watts
Power	115 VAC, 380 - 800 Hz, < 300 watts
Dimensions	2.5 x 17.5 x 13.6 inches (H x W x L)
Mounting	Inside fuselage
Weight	22 lbs



ANTENNA CONTROL UNIT (ACU)

- Interfaces with aircraft for navigation information
- Provides antenna positioning command and control
- Controls HPT

Power	115 VAC, 47 - 800 Hz, < 150 watts
Dimensions	2.5 x 14.0 x 14.7 inches (H x W x L)
Mounting	Inside fuselage
Weight	11 lbs



SYSTEM SPECIFICATIONS

Total system current requirements	6 amps
Total system power requirements	700 watts
Built In Test (BIT)	Extensive
Mean Time Between Failure (MTBF)	> 30,000 hrs (SAA + ACU) 15,000 hrs (HPT)
Environmental Qualification	RTCA/DO-160 E

Tomado de: (KuStream, s.f.)

Anexo 2: T-4100 INMARSAT Low Gain Antenna



FEATURES

- Exceeds INMARSAT and ARINC 741 performance specifications
- Compatible with all INMARSAT-approved data terminals
- Excellent performance under all route conditions, including polar
- Supports Iridium, INMARSAT and GPS aeronautical voice and data services
- Low-profile, low-drag design
- Simple, low-cost installation

ANTENNA ASSEMBLY

ELECTRICAL SPECIFICATIONS	
Operating Frequency	
Receive	1525.5 - 1560.0 MHz
Transmit	1626.5 - 1660.5 MHz
Antenna Coverage	> 85% of the upper hemisphere, 5° above the horizon
Receive Figure of Merit	> -26 dB/K (antenna combined with diplexer/LNA)
Polarization	Right hand circular
Impedance	50 ohms
VSWR	< 1.5:1
RF Input Power	100 watts max.

MECHANICAL SPECIFICATIONS	
Dimensions	4.09"H x 3.5"W x 11.67"L (104mm x 89mm x 296mm)
Weight	1.3 lbs. (.59 kg)
Finish	White polyurethane enamel
Connector	TNC female

LNA/DIPLEXER

ELECTRICAL SPECIFICATIONS	
Gain	56 dB nominal
Transmit Insertion Loss	< 0.6 dB
Receive Noise Figure	< 1.6 dB
Transmit-Receive Rejection	> 120 dB
Power Requirement	110 VAC, 400 Hz / 28 VDC

MECHANICAL SPECIFICATIONS	
Dimensions	1.97"H x 7.76"W x 11.05"L (50mm x 197mm x 280mm)
Weight	6 lbs. (2.72 Kg)
Connector	TNC female (antenna) TNC female (receive) N female (transmit)

Tomado de: (Microwave, s.f.).

Anexo 3: IGA-2000 INMARSAT Intermediate Gain Antenna



FEATURES:

- Exceeds INMARSAT Aero-I performance specifications
- Excellent performance within all spot beams
- Supports all INMARSAT Aero-I services; including multichannel voice and data
- Optional BSU available for ARINC 741 applications
- Integrated base plate suitable for most airframes for simple, low cost installations
- High MTBF (>50,000 hours); low MTTR (<1 hour)
- Low profile, low drag design for low front and side airloads, eliminates airframe fatigue potential
- Available through Rockwell Collins Avionics & Communications Div., Cedar Rapids, Iowa

Electrical Specifications	
Antenna Gain	7.5-9.0 dBic typical, 6.0 dBic minimum
Satellite Discrimination	10 dB typical, 7 dB minimum for satellites spaced 80° or greater in longitude.
Axial Ratio	< 6 dB
VSWR	< 1.51
RF Input Power	30 Watts max
Polarization	Right Hand Circular
Prime Power Requirements	10 Watts typical (provided by avionics or optional BSU)
Operating Frequency Band	Receive: 1525.5 - 1560.0 MHz Transmit: 1626.5 - 1660.5 MHz
Antenna Coverage	> 90% of the INMARSAT service coverage with in hemisphere, excellent low angle performance
Beam Steering	50 discrete antenna beams, steerable in azimuth and elevation for outstanding satellite discrimination performance.

Mechanical Specifications	
Dimensions	28.0" L x 12.25" W x 2.9" H (71 cm x 31 cm x 7.4 cm)
Weight	Antenna weight with integrated DIP/LNA (includes Radome and Baseplate): 18 Lbs. (8.2 Kg.) Antenna weight without integrated DIP/LNA: 12 Lbs. (5.5 Kg.) DIP/LNA: 6.5 Lbs. (2.7 Kg.)
Finish	Stock radome is painted with white teflon paint; other colors may be applied.

Interface Connectors	
RF	TNC Female (ARINC 761)
Control	D38999/21YB35CN

Environmental Specifications			
TEMPERATURE		ALTITUDE	
Operating	-55°C to +70°C	Operating	70,000 Feet
Survival	-55°C to +85°C	Survival	70,000 Feet
		Humidity	Category C, 95% Min
		Lightning	Category 2A, Zone 2A

Other Environmental Specifications
Other tests are conducted using RTCA/DO-160D test procedures (can be qualified for rotary wing installation).

DIPLEXER/LNA FEATURES

- Proven off-the-shelf component
- Small, compact, lightweight
- Qualified for installation outside the pressure vessel
- Mounted inside the airframe

Electrical Specifications	
Transmit Insertion	Loss Less than 0.6 dB
Receive Noise Figure	Less than 1.8 dB
Transmit-Receive Rejection	Greater than 120 dB
Power Requirement	28 VDC

Electrical Specifications	
Dimensions	1.97" H x 7.76" W x 11.05" L (50mm x 197mm x 280mm)
Weight	6.5 Lbs. (2.7 Kg.)

Tomado de: (Industries, s.f.)

Anexo 4: Ku 2000 Antenna System

KuBand receive only Antenna Subsystem:

- EAA – External Antenna
- ACU – Antenna Control Unit

Novel Antenna Technology

- Unique cavity array with suspended air strip line feed network
- Proves superior G/T

Embedded GPS Pointing Solution

- Eliminates pointing error drift

Flight Tested in 2011

- Designed for FAA Certification



External Antenna Assembly (EAA)

- Cavity backed suspended air stripline array aperture
- Two orthogonal linear polarization
- Two axis elevation over azimuth pedestal

Receive frequency	10.7 – 11.4 GHz
Receive G/T	11.3 dB/K @ 11.05 GHz
Azimuth gain pattern	First sidelobe -17 dB @ 5° / Grating lobe -25 dB
Pedestal positioning range	Elevation 0° to 90° / Azimuth 0° to 360° continuous
Satellite tracking accuracy	Better than 0.48° combined azimuth-elevation error
Dimensions, sweep volume	6.30 x 30.41 inches (H x D)

Antenna Control Unit (ACU)

- Interfaces with aircraft for navigation
- Provides antenna positioning command and control

Power	115 VAC 380 – 800 Hz
Dimensions	11.8 x 8.1 x 3.0 Inches (W x L x H)
Mounting	Inside Fuselage



System Specifications

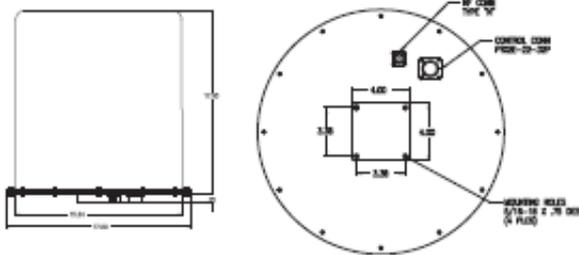
Total system current requirement	1 Amp
Total system power requirement	115 Watts
Built in test (BIT)	Extensive
Mean time between failure (MTBF)	> 20,000 Hrs (ACU, EAA)
Environmental qualification	RTCA/DO-160E

Tomado de: (KuStream, s.f.)

Anexo 5: BMA-9001 Ground Tracking Antenna

Specifications	
Antenna	Dual, Quad Helical
Frequency	1.4-8.5 GHz
Gain	20.5 dBi @ 4.5 GHz
AZ Beamwidth	8° @ 4.5 GHz
EL Beamwidth	17° @ 4.5 GHz
RX RF Input	

Pedestal	
Azimuth Travel	360° Continuous Rotation
Tracking Rate	Up to 20°/sec.



Physical	
Operating Temperature	-20° to +60°C
Operating Wind Load	Up to 50 MPH
Power	Provided Through Controller (Typical 100W Peak)
Size	17" Diameter x 17" High (43.18 x 43.18 cm)
Weight	25 lbs (11.34 kg) Includes Uplink Transmitter

Options	
<ul style="list-style-type: none"> • Uplink Transmitter • Rack Mounted BPC-5000 or Weatherproof GCU-500 Controller • Paint Color • BMA-9001 Transportation Case • BTA-100 Tripod and Mounting Adapter • Tripod Transportation Case • Up Looking Antenna to Allow Overhead Operation • Upper/Lower Sub Band Switch for Airborne Relay Operation • Built-in Electronic Compass 	

Controller Options		

Tomado de: (Services B. M., s.f.)

Anexo 6: XBEE Family

Product	Frequency	Protocol	Description	RF Line of Sight Range	Form Factor	MSRP	RF Data Rate	Current Draw Tx/Rx	Hardware Reference # / Chipset(s)	Certified Regions
XBEE® WI-FI	2.4 GHz	IEEE 802.11 	Wi-Fi 802.11b/g/n with easy provisioning, native Device Cloud features with point-to-multipoint device connectivity	N/A	  Through-Hole Surface Mount	\$35.00	1 to 72 Mbps	309 mA / 100 mA	S6B SILabs EFM32LG230 ARM M3 Processor, Atheros AR4100 Transceiver	US, CA, EU, AU, JP
XBEE® 802.15.4	2.4 GHz	IEEE 802.15.4 	Best way to get started with point-to-multipoint device connectivity	300 ft / 90 m	 Through-Hole	\$19.00	250 Kbps	45 mA / 50 mA	S1 Freescale MC13212 SoC	US, CA, EU, AU, BR, JP
XBEE-PRO® 802.15.4	2.4 GHz		Point-to-multipoint extended range version	1 mile / 1.6 km		\$32.00	250 Kbps	215 mA / 55 mA		US, CA, AU, BR
	2.4 GHz		International/"J" variant	2500 ft / 1 km		\$32.00	250 Kbps			US, CA, EU, AU, BR, JP
XBEE-PRO® XSC	900 MHz	Multipoint Proprietary 	Long-range proprietary multipoint connectivity	9 miles / 14.5 km	 Through-Hole	\$39.00	10 Kbps or 20 Kbps	215 mA / 26 mA	S3B SILabs EFM32G230F128 ARM M3 Processor, Analog Devices ADF7023 Transceiver	US, CA, AU
XBEE® ZIGBEE	2.4 GHz	ZigBee® PRO Feature Set 	ZigBee mesh networking, low-cost, low-power	4000 ft / 1.2 km	  Through-Hole Surface Mount	\$17.50	250 Kbps	45 mA / 28 mA	S2C SILabs EM357 SoC	US, CA, EU, AU, BR, JP
XBEE-PRO® ZIGBEE			Extended-range ZigBee	2 miles / 3.2 km		\$28.50	250 Kbps	120 mA / 31 mA		US, CA, AU, BR
XBEE-PRO® 900HP	900 MHz	DigiMesh® Proprietary 	Extended-range peer-to-peer mesh, sleeping routers	9 miles / 14.5 km	 Through-Hole	\$39.00	10 Kbps or 200 Kbps	215 mA / 29 mA	S3B SILabs EFM32G230F128 ARM M3 Processor, Analog Devices ADF7023 Transceiver	US, CA, AU, BR
XBEE® 868LP	868 MHz	Multipoint Proprietary 	Low-power peer-to-peer mesh for Europe	2.5 miles / 4 km	 Surface Mount	\$23.00	10 Kbps or 80 Kbps	48 mA / 27 mA	S8 SILabs EFM32G230F128 ARM M3 Processor, Analog Devices ADF7023 Transceiver	EU
XBEE® DIGIMESH® 2.4	2.4 GHz		Low-cost, low-power peer-to-peer mesh, sleeping routers	300 ft / 90 m	 Through-Hole	\$19.00	250 Kbps	45 mA / 50 mA	S1 Freescale MC13212 SoC	US, CA, EU, AU, BR, JP
XBEE-PRO® DIGIMESH® 2.4	2.4 GHz		Extended-range peer-to-peer mesh, sleeping routers	1 mile / 1.6 km		\$32.00	250 Kbps	250 mA / 55 mA		US, CA, AU, BR
	2.4 GHz		International/"J" variant	3200 ft / 1 km		\$32.00	250 Kbps	150 mA / 55 mA		US, CA, EU, AU, BR, JP

Tomado de: (Digi, s.f.)

Anexo 7: CT6540 ARINC SD/HD High Power Transmitter

CT6540ARINC SD/HD High Power Transmitter



> Applications

- Wireless Data Transmission (Data/Video/Audio)
- Airborne Applications

> Features

- Transmission of SD or HD video
- 5 W / 10 W switchable
- Control panel available as a separate unit
- 28 V for use in helicopter
- Monitoring of power out*, return loss*
- Frequency range 6.45 to 6.75 GHz (subdivided in 300MHz steps)

* Control Panel needed

> Options

ASI input, ASI output, Data channel, Encryption

Inputs / Outputs			
BNC (f)	Video in	SDI	75 Ω
BNC (f)	Video in	HD-SDI (HD only)	75 Ω
BNC (f)	Video in*	CVBS	75 Ω
BNC (f)	ASI in*	Transportstream input	75 Ω
AUDIO 22-pin (f)	Audio in	2 channel analog audio (unbalanced)	600 Ω
ARINC 6-pin (f)	Data in*	GPS Data	
N (f)	RF out	5 W/10 RF Power (switchable)	50 Ω
COM 13-pin (f)	Data	Programming Interface	
SOURIAU 3-pin (m)	DC in	28 VDC	
SOURIAU 10-pin (m)	Control data in/out	Connector for external Control Panel**	

> Performance

Many applications require a single box solution containing everything needed for high-power transmission. This includes the video encoder, modulator, and high-power amplifier. Additionally this unit provides an integrated GPS data interface (optional) which allows excellent positioning of the transmission unit. The CT6540ARINC provides everything required to achieve 10 W output power within an ultra compact case. The control panel allows the electronic to be mounted within the avionics bay with full control from the flight deck.

Technical Characteristics	
Frequency	6.45 GHz to 6.75 GHz*** (300 MHz steps)
Channel Bandwidth	6, 7, 8 MHz
RF Output Power	5 W / 10 W switchable
Modulation	• COFDM 2k • QPSK, 16QAM, 64QAM • FEC 1/2, 2/3, 3/4 • Guard 1/4, 1/8, 1/16, 1/32
Video Encoding	MPEG-2 4:2:0 SP@ML MPEG-2 4:2:0 SP@HL MPEG-2 4:2:2 in SD and HD
Audio Encoding	MPEG Layer 2
Local Control	Control Panel **
Power Input	28 VDC
Consumption	< 350 W
Compliance	CE marked in Accordance with EU Low Voltage and EMC Directives EMC Compliance: EN55022, EN55024; RTCA/DO-160D
Temperature	-10°C to +48°C (-14°F to +118°F)
Dimensions (W x D x H)	CT6540ARINC SD/HD: 124 x 230 x 215 mm (approx. 4.88" x 9.06" x 8.46")
Weight	CT6540ARINC SD/HD: 5.5kg (12.13 lbs)

Tomado de: (Services B. M., s.f.)

Anexo 8: Compact Tracking Antenna System

Technical specifications

Electrical specifications

Antenna Type	Directional	Zenithal
Bandwidth	2180-2480 MHz	2180-2480 MHz
Gain (typ) @2250 MHz, 20°C	20 dBi	3 dBi
Polarization	RHCP, LHCP	LHCP
	Dual circular	
3 dB beamwidth		
Az-plane	10°	360°
E-plane	17°	105°
Side lobes level	-14 dB typ.	
Pointing accuracy	± 1°	
Monopulse / slave tracking		
Azimuth rotation	continuous, unlimited	
Preferential elevation angle	+8.5° (factory configurable)	
Rotation speed	≥ 30°/s	
Acceleration	≥ 30°/s ²	

Mechanical characteristics

Dimensions
(Height x Diameter) 635 x 800 mm

Weight < 35 kg

Vibration MIL-STD 810B

Shocks MIL-STD 810E

Electromagnetics design compliant with MIL-STD 461D

Power supply

Voltage 230 VAC or 115 VAC ± 5%
50-60Hz

Consumption typical 150W

Environmental specifications

Temperature range

- Operating -25°C to +44 °C
- Storage -35°C to +60 °C

Relative humidity 100%, at 25°C

Rain IP3

Wind 180 km/h

COM'TRACK - S-band

BASIC SUPPLIES

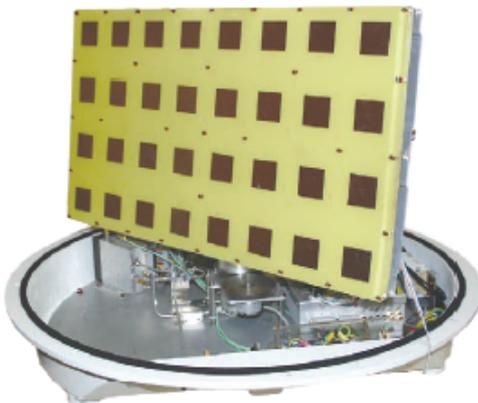
COM'TRACK is delivered with these **basic supplies**

- ▶ 1 carrying case
- ▶ 1 set of cables
- ▶ 1 test result book
- ▶ 1 CDrom including :
 - » A setup program running on Windows
 - » GUI for the station monitoring & control
 - » Installation, User, Maintenance Manual

OPTIONS

- ▶ Directional antenna with vertical polarization
- ▶ Narrow band receiving filter : 2250-2360 MHz
- ▶ Cables (Supply, RF, IF, AGC) : 20m, 40m or 80 m
- ▶ Mechanical extender
- ▶ Computer

Internal View



Tomado de: (System Z. D., s.f.)

Anexo 9: PEM 2 axis Pedestal

Technical specifications

Mechanical

Operation travel limits	-7°/+187° on EL axis continuous on AZ axis
Maximum velocity	≥25°/s on each axis
Maximum acceleration	≥40°/s² on each axis
Stiffness	≥1.5 10⁴ Nm/rd
Static global pointing error	0.1° rms
Dynamic global pointing error	0.5° max at 10°/s²
Readout resolution	0.0055°
Gyro accuracy for shipborne use	0.05° (roll & pitch)
	0.5° (Heading @45° lat.)
Total weight with riser & 2.4m dish	550 kg

Primary power requirements

Voltage	230 Vac/50 - 60 Hz
Power consumption	3.5 kVA
Earth scheme:	TT

Environmental performances

Temperature range	operating: -25° (cold start) to +50°C storage: -40° to +70°C
Solar radiation	@49°C half sine: 1.12 kW/m²
Relative humidity	@49°C: 95%
Rain (operating)	50 mm/h
Dust and water protection	IP55
Ice thickness (operating)	3 mm radial
Wind (operating)	80 km/h continuous 100 km/h gust
Wind (stowed)	200 km/h
Altitude (operating)	3000 m

Maintenance

Easy access LRUs with captive screw fixation
Interchangeable motor-drive
Local command box

RF performances

Conical scan type @50 Hz, prime focus geometry

Frequency bandwidth	L + S band	1435 - 2475 MHz
LNA gain	@ 20°C	≥40 dB
LNA noise figure		< 0.6 dB
LNA PS1		≥20 dBm
First sidelobes (typical)		-19 dB

@ 2.3 GHz, 25° elevation, 20°C :	G/T [dB/K]	Gain [dB]	Beamwidth [°]
1.8 m	27.5	≥29.5	4.8
2.4 m	≥10	≥22	3.6
3 m with radome	≥11	≥24	2.9

Received polarization simultaneously RHCP, LHCP
Desensitization (Near/Far switching)
Self monitored feed

SPARTE

L/S/L+S - band Compact Station

Options

Reflector diameters	1.8m; 2.4m; 3m with radome
Pedestal riser	1m high, circular*
Colours	White RAL9010 *
Conical scan feed	Limiter Acquisition antenna (30°) Filter choice (L, S, L+S, ...)
S-band uplink capacity	3 channel RF rotary joint FM modulation (cf TRFM02-S-Transmitter data sheet) 5Mbit/s rate 30W APS booster
S-band monopulse feed	
Gyro	for shipborne use
Air dehydrator	
Camera with 1:432x zoom	Remote control Automatic AF Optimized sensitivity in both day and night-time shooting, possible sun sighting
Control cabinet	Operator console with joystick ACU mode control remote control camera emergency stops Touch screen for easy to use GUI PC for maintenance and full remote operation
Ethernet maintenance	
Cables	Power supply: 50m length* RF and data link: 50m length*
Voltage	115 V
Trailer	

* Others upon request

ACS-RTR

Fully digital dual channel receiver with integrated Antenna Control Unit
S or L/S band 2 channel polarity diversity combiner
FM, PM, optional BPSK, QPSK, AQPSS, SQPSS available ; (other modulations : consult us)
Programmable IF filtering, AGC time constant, and video filtering
Slave mode (through Ethernet or RS232 link)
Windows Microsoft™ user-friendly GUI

➔ For more information, consult the ACS-RTR data sheet.

TELEMETRY ROOM

Tomado de: (System Z. D., s.f.)

Anexo 10: U-Pilot & U-Pilot OEM

Flight Control

Flight Control.....	Fully 3D three axis control
Attitude Estimation & control.....	1000Hz update rate
Flight-plan.....	Up to 200 way-points
Speed Control.....	Auto-throttle for all vehicles
Airfield operations.....	Automatic take-off & landing
Engines.....	Electric & combustion
Platforms.....	Fixed Wing, Helicopter, Multicopter

Mechanical (Standard)

Dimensions (WxHxL).....	85x35x155 mm ³
Weight.....	280 g
Main connector.....	Glensair GMR7590-51P Micro-D
Pressure connector Diameter.....	3 mm
Radio Connector.....	SMA female
GPS Connector.....	SMA female

Mechanical (OEM)

Dimensions (WxHxL).....	58x21x138 mm ³
Weight.....	77 g
Main connector.....	Glensair GMR7590-51P Micro-D
Pressure connector Diameter.....	3 mm
GPS Connectors.....	UFL female/ SMA female
Radio Connector.....	MMCX female

Electrical

Supply Voltage.....	6V – 28V ³
Power Consumption.....	4 W
Maximum Temperature Range.....	-30 °C to +85°C
Recommended Temperature Rating.....	+10 °C to +60°C

GPS Positioning

Channels.....	12
Satellite Based Augmentation System	Global coverage
Differential/Relative navigation.....	Available on request

Sensor Suite

3 axis accelerometer	±10 g
3-axis gyroscope	± 300°/s
Triple sensor suite	Available on request
External 3-axis magnetometer.....	Avoids interference ⁴

Interface with Payloads & Actuators

PWM / GPIO outputs.....	31
PWM rate (configurable).....	50/200/300/333/540 Hz
RS-232 ports.....	4 RS-232 compliant ports
RS-232 Rates.....	9600 – 115200 bps
External ADC channels.....	3 channel 12bit - 0-30 V
Main Voltage Supply Supervisor.....	Yes

Telemetry

Frequency	370MHz/ 900MHz /1.4 GHz/2.4GHz ⁵
Power.....	1 W
Range.....	100 km / 80km / 40 km
Baud Rate.....	115200

Air Data System

Dynamic pressure sensor range.....	0 – 200 km/h ⁶
Static pressure, low altitude option	0-2000 m
Static pressure, high altitude option.....	0-4000 m

Hardware Architecture

Technology.....	Based in Altera® FPGA technology
Access to peripherals.....	Dedicated hardware.
CPUs.....	Two NIOS II soft-cores at 75MHz
Bus access.....	Non blocking sensors access
CPU1.....	Flight computer, State Estimator & Control loops
CPU2.....	Mission control, Payload & Comm

Tomado de: (Airelectronics, s.f.)

Anexo 11: Módulos Zbee

Platform	XBee® ZB	XBee-PRO® ZB	Programmable XBee-PRO® ZB
Performance			
RF Data Rate	250 Kbps		
Indoor/Urban Range	133 ft (40 m)	300 ft (90 m)	
Outdoor/RF Line-of-Sight Range	400 ft (120 m)	2 miles (3200 m) / Int'l 15000 ft (1500 m)	
Transmit Power	1.25 mW (+1 dBm) / 2 mW (+3 dBm) boost mode	63 mW (+18 dBm) / Int'l 10 mW (+10 dBm)	
Receiver Sensitivity (1% PER)	-96 dBm in boost mode	-102 dBm	
Features			
Adjustable Power	Yes		
I/O Interface	3.3V CMOS UART, ADC, DIO		3.3V CMOS UART, SPI, I2C, PWM, DIO, ADC
Configuration Method	API or AT commands, local or over-the-air		
Frequency Band	2.4 GHz		
Interference Immunity	DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)		
Serial Data Rate	1200 bps - 1 Mbps		
ADC Inputs	(4) 10-bit ADC inputs		
Digital I/O	10		
Antenna Options	Chip, Wire Whip, U.FL, RPSMA	PCB Embedded Antenna, Wire Whip, U.FL, RPSMA	
Operating Temperature	-40° C to +85° C, 0-95% humidity non-condensing		
Programmability			
Memory	N/A		32 KB Flash / 2 KB RAM
CPU/Clock Speed	N/A		HCS08 / Up to 50.33 MHz
Networking & Security			
Encryption	128-bit AES		
Reliable Packet Delivery	Retries/Acknowledgments		
IDs and Channels	PAN ID, 64-bit IEEE MAC, 16 channels	PAN ID, 64-bit IEEE MAC, 15 channels	
Power Requirements			
Supply Voltage	2.1 - 3.6VDC	2.7 - 3.6VDC	
Transmit Current	35 mA / 45 mA boost mode @ 3.3VDC	205 mA	220 mA
Receive Current	38 mA / 40 mA boost mode @ 3.3VDC	47 mA	62 mA
Power-Down Current	<1 uA @ 25° C	3.5 uA @ 25° C	4 uA @ 25° C
Regulatory Approvals			
FCC, IC (North America)	Yes		
ETSI (Europe)	Yes		
C-TICK (Australia)	Yes		
TELEC (Japan)	Yes	Yes (int'l unit only)	

Tomado de: (International, s.f.)

Anexo 12: HC4 Heli-Coder 4

> Regulatory

- FCC Parts 74, 90, 101
- RTCA DO-160, designed to be compliant
- CE Mark

> Connectors

RF Out	N(f), 50 ohm
CVBS In (NTSC, PAL)	BNC(f), 75 ohm
SDI, HD-SDI In	BNC(f), 75 ohm
ASI In	BNC(f), 75 ohm
ASI Out	BNC(f), 75 ohm
GPS In (with optional DC Bias Out)	TNC(f), 50 ohm
Analog Audio In (2 channels)	D38999-26 WWC, 22-pin
Ethernet	M12
USB 2.0	Type A (Host)
ARINC 429 (optional interface)	D38999-26 WA355N
Power In	Souriau 3-pin male 851-02R12-3P50
Control Panel	Souriau (male) 10-pin
RS232 External AAAP	MIL-DTL-38999
RS232 KLV or Camera Metadata	
RS232 External GPS	

> Ordering Information

HC4-(xx)-H	H.264, SD/HD
HC4-(xx)-M	MPEG2, SD/HD
HC4-(xx)-MH	MPEG2/H.264, SD/HD

* where (xx) is center frequency in MHz

> Technical Characteristics

Frequency	2.0-2.5, 2.2-2.7, 4.4-5.0, 6.4-7.2 GHz (others avail.)	
Channel Bandwidth	6/7/8 MHz	
RF Output Power	5W/10 W switchable	
Modulation	<ul style="list-style-type: none"> • COFDM 2k • QPSK, 16/64 QAM • FEC 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8 • Guard 1/4, 1/8, 1/16, 1/32 Other modulation available; consult factory	
Video Encoding	H.264 (MPEG2 option)	
Audio Encoding	MPEG 1, Layer II	
Channels	Two audios, multiple wayside data channels up to 115kbit/s	
IP Streaming	RTP-H.264 RTP-A RTSP	Unicast or Multicast
	UDP	Unicast
Test Gen	Video/Audio	
Local Control	External Control Panel*	
Power Input	24 to 32 VDC (3 A @ 28 VDC)	
Consumption	85 W @ RF-Output 10 W	
Compliance	CE marked in accordance with EU Low Voltage and EMC Directives EMC Compliance: EN55022, EN55024	
Operating Temperature	-15 to +65° C (5 to +149° F)	
Dimensions	5" W x 9" D x 6" H; 270 in. ³ (127 x 229 x 153) mm	
Weight	6 lbs. (2.73 kg)	
FCC	FCC product certification pending. Product will not sell or ship to commercial users without FCC certification.	

MODEL	PROFILE
HC4-H (H.264 only)	SD=MP@L4 HD=MP@L4; HP@L4
HC4-M (MPEG2 only)	SD=SP@ML; 422@ML HD=SP@HL
HC4-MH (H.264 and MPEG2)	MPEG2: SD=SP@ML; 422@ML HD=SP@HL H.264: SD=SP@L4; HI422@L4 HD=SP@L4

Tomado de: (Services B. M., s.f.)

Anexo 13: Medium Range Tracking Antenna System

SPECIFICATIONS	SYSTEM INCLUDES
AUTONOMOUSLY POINTS ANTENNA ARRAY AT UNMANNED AIRCRAFT USING TELEMETRY DATA COMING FROM THE UAV	HEAVY DUTY TRIPOD
UP TO 9 MILE RANGE LINE OF SIGHT	HEAVY DUTY PAN & TILT MOTOR SYSTEM
360° PAN, 90° TILT, AUTONOMOUS TRACKING OF UNMANNED AIRCRAFT	GROUND CONTROL SOFTWARE
SUPPORTS ANTENNAS FOR BOTH VIDEO AND TELEMETRY	TECHNICAL SUPPORT
BLACK ALUMINUM TRIPOD EXTENDS TO 6 FEET.	(2) 8 METER USB CABLES
QUICK RELEASE CONSTRUCTION ALLOWS FOR EXPEDIENT ASSEMBLY AND DISSASSEMBLY WITHOUT THE NEED FOR TOOLS.	8 METER AUDIO/VIDEO CABLE
INCLUDES ALL CABLES NECESSARY FOR OPERATION	OPTION 1: 2.4GHZ 14 DBI PATCH ANTENNA, 8 DBI 2.4GHZ OMNIDIRECTIONAL ANTENNA & DIVERSITY VIDEO RECEIVER, 900 MHZ 9 DBI YAGI ANTENNA & XBEE PRO RADIO MODEM, CABLES, BATTERY
OPTIONAL ENCRYPTED DIGITAL DATA LINK	OPTION 2: 5.8GHZ 19 DBI PATCH ANTENNA, 8 DBI 5.8GHZ OMNIDIRECTIONAL ANTENNA & DIVERSITY VIDEO RECEIVER, 900 MHZ 8 DBI PATCH ANTENNA & XBEE PRO RADIO MODEM, CABLES, BATTERY
INCLUDES CONTROL SOFTWARE	
OPERATES FROM INCLUDED 11.1V 2100 MAH LITHIUM ION POLYMER BATTERY	

Tomado de: (UAV, s.f.)

Anexo 14: UAV M-400

Features	
Empty Weight	1.8 Kg (+ 1.0 Kg battery)
MTOW	4.2 Kg
Payload	1.4 Kg
Endurance	52 min without payload 30 min with 0.5 Kg payload
Maximum speed	80 Km/h
Maximum wind speed	30 Km/h with gusts of 40 Km/h
Data link range	42 Km (900 MHz) / 12 Km (2.4 Ghz)
Structure	Foldable, carbon fiber
Takeoff	Vertical
Landing	Vertical

Flight Control System	
Control system	Veronte Autopilot
Data link	900 MHz or 2.4 GHz (default)
Mission planning	Intuitive drawing on the map, mission based on curves Pre-programmable and in flight edition Selectable map (Google, Bing, custom images, ...) Mapping and monitoring support No go areas Custom routines
Pre-flight checks	Custom checklist
Take off and landing	Fully automatic
Data Logging	Onboard and control station data logging, customized information (position, attitude, speed, battery, ...)
Configurable automatic routines	<i>Triggering events: Waypoint arrival, altitude, inside / outside a polygon, low battery, data link quality, ...</i> <i>Automatic actions: Take photo, payload launch, go to a waypoint, ...</i>
Failsafe routines (user configurable)	Go home In situ landing Go to waypoint Definition of obstacles, ...
Advanced control functions	User configurable flight phases Custom payload control RTK precise positioning Optional lidar or radar altimeter, ...

Aircraft Specifications	
Type	Multirotor
Number of rotors	4
Arms	4
Propeller	15x5
Size	60x60x24 cm.
Size (folded)	48x23x14 cm.
Batteries	LiPO 6S 8000 mAh
Motor	Brushless
Gimbal	2 or 3 axis

Payload: Mapping Camera	
Camera	Sony: Nex 5T - a5100 - Alpha 7R
Resolution	16.1 MP - 24.3 MP - 36.4 MP
Lens	16mm
Control	Auto triggering

Payload: Multispectral Camera	
Camera	Tetracam ADC Micro, sensor 3.2 MP CMOS (2048 x 1536 pixels)

Payload: Video in Real Time	
Camera	600 lines, automatic mode day/night, Pal 976x582
Video link	1.2GHz, 1.5W, antennas 3dBi, Analogical

Tomado de: (Embention, s.f.)

Anexo 15: PEGUIN C

PAYLOAD OPTIONS

Penguin C is available with high performance Epsilon gyro stabilized gimbals.



Epsilon 135 Day	Epsilon 135 Night	Epsilon 140 duo	Features
•			EO sensor SONY EV7500, HD 720p, 63.7°-2.3° FOV
•			EO sensor SONY EV7300, HD 720p, 59.5°-3.3° FOV
	•	•	IR sensor 640x480, 10.5° FOV
		•	EO sensor SONY H11, 50-5.4° FOV
•	•	•	Software video stabilization
•	•	•	Target tracking
•	•	•	Onboard Video Recording/ Snapshots
•	•	•	Moving Target Indicator
•	•	•	Video Enhancement

PENGUIN C NO PAYLOAD OPTION

The Penguin C is also available for purchase with an empty payload bay. This will give the customer the option of integrating their own payload based on their specific project needs. For powering the payload, customers can use an onboard 6V, 12V and 24V power supply. For payload control and real-time video, customers can utilize an integrated datalink's Ethernet and Serial pass-through with up to 12 Mbps rate.

Aircraft Specifications	
Wingspan	3.3 m/ 10.8 ft
MTOW	22.5 kg / 49.6 lbs.
Endurance	20 hours
Range	100 km/ 60 miles
Cruise speed	19-22 m/s / 37-43 knots
Max level speed	32 m/s / 62.2 knots
Ceiling	4500 m / 15 000 ft MSL
Takeoff Method	Pneumatic Catapult, fully autonomous
Maximum takeoff altitude	3000m /10 000 ft AMSL
Recovery	Parachute recovery, airbag
Operational temperature	-25° C to +40° C
Anti-icing measures	Heated Pitot tube. Flight in icing conditions is not approved.
Environmental protection	< 5 millimeters/hour rain. Pitot with drain.
Propulsion System	
Engine type	28 cc EFI
Temperature control system	Automatically controlled via mechanical flap
Fuel type	98 Octane, oil mix
Generator system	100W onboard generator system
Payload Specifications	
Payload type	Gyro stabilized gimbal
Advanced features	Target Tracking, Electronic Stabilization, Moving Target Indicator
Mounting	Motorized retract with anti-vibration damping
Data Link Specifications	
Frequency	2.304-2.364 GHz, 2.405-2.470 GHz, 5.00-5.800 GHz
Link Rate	Up to 12 Mbps
Encryption	128 bit AES / 256 bit AES
Flight Control System	
Autopilot type	Piccolo, Cloud Cap Technology
Ground Control Station	
Type	Portable, Dual touchscreen displays
Ground Data Terminal	
Type	Tracking high gain directional antenna
Catapult System	
Type	Portable pneumatic, 6000 J launch energy
Packed Size	1313 x 704 x 543 mm

Tomado de: (Factory, s.f.)

Anexo 16: M3deme RT 1851 A(C)

SYSTEM FEATURES

- Data transfer rates up to 80 kb/s (both LOS and SATCOM) in a 25 kHz channel
- Software reprogrammable in the field via Memory Loader/Verifier Software (MLVS)
- Form, fit, function replacement for RT-1794(C)/RT-1824(C)/RT-1851(C) and supports all ARC-210 legacy waveforms/functions
- Support structure including logistics, training, test sets, PC based loader and controller
- Control via 1553, full size, or half size remote control
- Interoperable with a variety of high power amplifiers, low noise amplifiers, tunable filters and interference cancellation systems
- Fully compliant to ICAO Annex 10 and ED-23B, including FM Immunity
 - 8.33 kHz operation
- Compatible with VDL-2000 for VDL Mode 2 data
- NSA endorsed Type 1 COMSEC
- JITC certified

FREQUENCY RANGE

- VHF 30-88 MHz Close Air Support
- VHF 108-118 MHz Navigation (REC only)
- VHF 118-137 MHz Air Traffic Control
- VHF 137-156 MHz Land Mobile
- VHF 156-174 MHz Maritime
- UHF 225-512 MHz Military/Homeland Defense

CHANNEL SPACING

Capable of 5, 8.33, 12.5 and 25 kHz channel bandwidths

TUNING

1.25 kHz increments (via 1553 control only)

TRANSMIT OUTPUT POWER

- AM: 10 W - 15 W
- FM: 15 W - 23 W
- FM: Not less than 5 W (400 - 512 MHz)

CARRIER MODULATION

AM, ASK, FM, MSK, FSK, CPM, BPSK, SQPSK, DEQPSK

FREQUENCY STABILITY

0.03 PPM

RECEIVE SENSITIVITY (10 dB SINAD)

- AM: -103 dBm
- FM: -108 dBm
- FM: -106 dBm (400 - 512 MHz)

EMBEDDED COMSEC

- Embedded TRANSEC KGV-10
- KY-58
- KYV-5 (ANDVT/LPC-10e/MELP)
- KY-100
- KG-84C
- KGV-11
- Thornton Smart Fill
- Fascinator (FED-STD-1023)

INPUT/OUTPUT

- MIL-STD-1553B (control and data)
- MIL-STD-188-114A
- MIL-STD-188C
- RS-232 serial port
- RS-422
- Dual serial frequency control bus
- GPS time interface

INPUT POWER

28 VDC per MIL-STD-704D

SUPPORTED WAVEFORMS

SATCOM

- MIL-STD-188-181B (Dedicated)
- Bandwidth Efficient Advanced Modulation (BEAM)
- MIL-STD-188-182A (5 kHz)
- MIL-STD-188-183 (25 kHz)
- Officer In Tactical Command Information Exchange™ Subsystem (OTCIXS)

LINE OF SIGHT (LOS)

- Link 11 (with external audio interface)
- SINGARS
- HAVEQUICK
- HAVEQUICK II
- Link 4A
- CTCSS/CDCSS (Land Mobile Band)
- BLT (Beam Line of Sight Technology)
- Scan (4 channel)
- LOS: AM voice/data, FM voice/data,
- ATC (8.33 kHz and 25 kHz channels) with embedded FM Immunity
- CASS/DICASS
- Dedicated 121.5 MHz and 243 MHz guard channels
- AM swept tone beacon

PHYSICAL PARAMETERS

Size	5.6 In H x 5.00 In W x 9.85 In D
Weight	11 lbs (maximum) (10.5 typical)

UPGRADES

Supports upgrades for

- MIL-STD-188-184
- Digital Link 11
- CSEL COSPAS-SARSAT receive (406 MHz)
- VDL Mode 3
- ARINC 429 Control I/O (SW option) for VDL Mode 3
- SATURN (STANAG 4372)
- Integrated waveform

RELIABILITY

- NLT 3400 HRS AIC
- NLT 1050 HRS AUF

ENVIRONMENTAL SPECIFICATIONS

Temperature	Operating: -40°C to +71°C (Intermittent to +86°C) Storage: -54°C to +95°C
Altitude	Up to 70,000 ft
Humidity	Up to 100% IAW MIL-STD-810E Method 507.3
Shock (functional)	20 G peak IAW MIL-STD-810E, Method 516.4 (on Isolated mount MT-4935)
Vibration	MT-6567/ARC 8.5 Grms Functional 12.7 Grms Endurance
Acceleration	±15 g along all axes

EMI SPECIFICATIONS

- MIL-STD-461E
- ADS-37A-PRF

TEMPEST COMPLIANCE

NST155M Tempest 11-92

GENERAL ATTRIBUTES

- Initiated Built-In Test (IBIT) (over 100 discrete tests)
- >95% fault detection and isolation
- Continuous Built-In Test (real time monitoring of critical functions)
- Continuous COMSEC alarm monitoring
- Black Single Point Fill (DS-101) of up to 10 radios from one fill port
- Red Single Point Fill (DS-101) of up to 10 radios from one fill port
- Black Fill Data
 - HAVEQUICK WOD/MWODS
 - SINGGARS Hopsets, TRANSECS and Lockouts
 - Presets
 - 25 single channel
 - 25 ECCM
 - 10 DAMA SATCOM
 - 5 half-duplex
- Red Fill Data
 - COMSEC and DAMA order wire keys

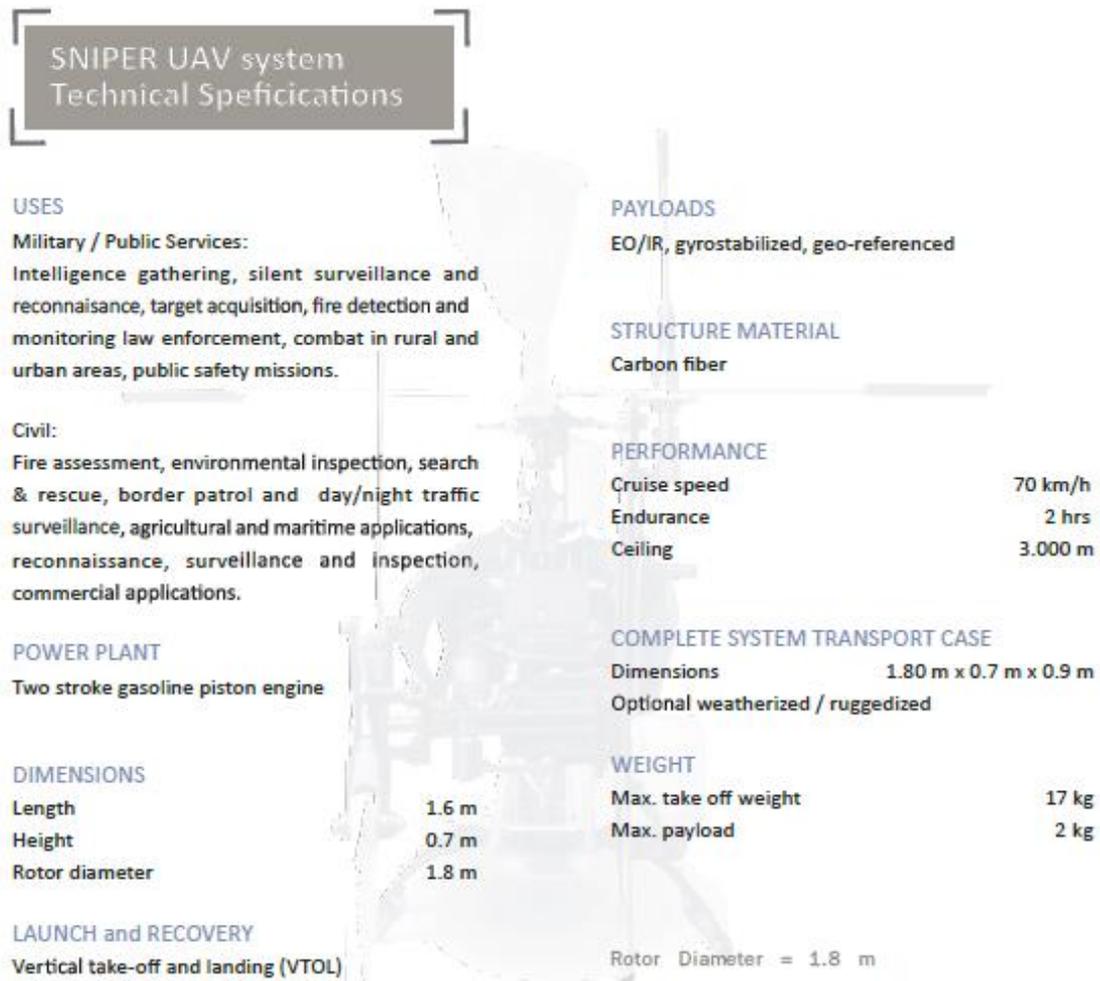
ANCILLARY EQUIPMENT

- Full size remote control: C-12561A
- Half size remote control: C-12719
- PC based 1553 controller
- Link 11 mount: 994M-4/4A
- Field reprogrammable load kit
- Isolated and low profile mounts
- High Power UHF Amplifier: AM-7526
- High Power VHF Amplifier: AM-7189A
- LNA/Diplexer: MX-11641
- LNA/Diplexer with HI/LO Relay: MX-11745

SPECIFICATIONS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE.

Tomado de: (Collins, s.f.)

Anexo 17: Sniper Helicopter



Tomado de: (Systems P. , s.f.)

Anexo 18: Portable Digital Data Link system

The Portable Digital Data Link system (PDDL) is a complete solution for digital communication between the ground control station and the unmanned aircraft vehicle. The system consists of a Ground Data Terminal (GDT) and Aircraft Data Terminal (ADT). The PDDL has up to 12 Mbps link rate, serial communication port and Ethernet port. The GDT has fully automatic heading and level calibration.

Specifications:

Parameter	Value
Frequency	2.320-2.70 GHz or 2.405-2.407 GHz
Link Rate	Up to 12 Mbps
Encryption	128 bit AES/ 256 bit AES
Sensitivity	90dBm @ 12 Mbps , -95dBm @ 6 Mbps
Channel Bandwidth	2/4/8 MHz
Azimuth rotation	360° continuous
Elevation rotation	-13/+96 °
Resolution	0.036 degrees /129.6 arc seconds
Position calibration	Integrated Magnetometer, GPS, tilt-sensor
Interface	RS 485

Power Requirements:

Parameter	Value
Input voltage GDT	48 VDC
Input current GDT	7 A max continuous, 13.2 A peak
Input voltage ADT	12 V
Input current ADT	0.5 A

Mechanical:

Parameter	Value
Positioner Mounting	Tripod and other options possible.
Height with tripod	1118-2007 mm
GDT weight (with tripod)	<25 Kg
GDT guy-wire anchors	Three mounting locations

Environmental:

Parameter	Value
Temperature	-20° C to +55° C
Humidity	Up to 95%

Tomado de: (Factory, s.f.)

Anexo 19: AR 200 UAV

Performance

- Endurance < 50 min
- Max. commanded Airspeed 35 mph (under GPS)
- Cruise Speed 18 mph
- Operating Altitude 1 to 800 ft AGL
- Max Altitude 3000 ft
- Max climb speed 2 m/s (limited)
- Max take off elevation 10,000 ft MSL

Electrical Propulsion System

- Lithium polymer batteries 34 V 746 Wh Capacity
- Recharging time 2 h min for full capacity
- 6 Brushless and gearless electrical motors
- Maintenance free
- Max. 1800 rpm

Environmental limitations

- Wind Speed max. 20 - 35 knots (36 – 54 km/h)
- Temperature 30oF –115oF, 100% humidity
- Ice rain
- Presence of strong magnetic fields

3. Information Dissemination Video-Data Interface

Video out

- Composite Video Analog, RCA connector
- Mpeg2 video stream USB
- IP addressable video multicast server

Telemetry data out

- USB interface (protocols for filtering available)

4. Communication

DOWNLINK - Hardware configurable video/ data transmission downlink 1.2 – 5.8 Ghz 20 Mhz BW, Digital COFDM, HW configurable: 1100-1500, 2000-2300, 2300-2700, 3100-3400, 3300-3700, 4500-4900, 5600-5900 (all values in MHZ), Data downlink transmission rate 38,400 bps, Optional encryption to AES 256 standard. Max signal latency <40ms.

UPLINK - Configurable command control digital uplink 200.000 to 928.000 MHZ, 7 khz BW, HW configurable: 225-228, 314 - 317 MHz, 433-436, 444-447, 455-458, 463-466, 868-871, 902-928 (all values in MHZ)

Communications Link Range <2.5 km (1.6 miles) LoS @>120 ft AGL, Digital, <5 km LoS @>120 ft. AGL with optional high gain antenna. COFDM Transmitters

5. Available Sensor Payloads

Daylight color video cameras - Resolution 480 x 640 px, Dual Optics field of view ~ 20° and 70°, Frame Rate: 25 fps PAL, 30 fps NTSC, Cameras can be combined for “rapid zoom”

Dawn/ low light - Black and white imaging, Resolution 570 lines, field of view ~ 20° x 70°, Frame Rate 25 fps, Sensitivity 0.0003 lux

10 MP still camera with live video feed - Color still images with 10 MP image size, Parallel real time video feed, remote controlled 3x optical zoom

HD IR thermal image camera - 640 x 480 pixel array 35μ micro-bolometer, field of view 48° x 37°, Thermal sensitivity < 50 mK, Refresh rate real-time 50/60 Hz, Automatic electronic iris, temperature stabilized

HD Video Camera with image stabilization. Video, Resolution: 1920 x 1080/50p, 25p, 12 x Optical zoom. Onboard recording of high res video in H.264 Format. Lower resolution video stream is transmitted parallel to ground station real time.

Daylight color video camera – Resolution 640 x 480 px, 10 x optical zoom, high definition lens. Field of view 85 degrees to 8 degrees.

Laser spot marker and rangefinder - class 1 Laser, Wave Length 1550 nm, Linearity 0.9x1.4 mrad, Accuracy 10m – 1800m <1m, Measurement Time 0.5 sec

Up to three payloads (except HD Video camera) can be combined. Communication and power supply interface available for implementation of third party payloads.

Tomado de: (Source, s.f.)

Anexo 20.: Repetidor Zbee ZM 24



Key Features

- Enables bi-directional Zigbee® communication.
- Wireless Zigbee® communication range between ZM-24 modules up to 100 feet.
- Connects to a central processor from up to 1000 feet away using standard Cat5 cable.
- Can be connected directly to compatible RTI control processors or create a self-healing mesh network by adding modules configured in "repeater" mode.
- Utilizes IEEE802.15.4 wireless Zigbee® communication at 2.4Ghz.
- Durable plastic enclosure and adjustable antenna.
- Receives power from an RTI control processor or from the included power supply.
- Easy mounting with a detachable wall bracket.

Tomado de: (Rticorp, s.f.)

ZM-24 2.4GHz Transceiver Module

The ZM-24 transceiver module provides bi-directional communication between two-way enabled RTI remote controls and control processors utilizing Zigbee® wireless communication. Capable of being configured in two different modes, the ZM-24 can be hard-wired directly to a control processor or be used as a wireless repeater device to create an ultra-reliable, self-healing "mesh" network.

Description

Utilizing the latest in wireless technology, the ZM-24 2.4GHz Transceiver Module is capable of more than just receiving signals - it can transmit signals as well. This creates a bi-directional communication link between Zigbee® enabled RTI control processors and handheld remote controls. Feedback, such as song meta-data or volume level from supported devices can now be viewed on the remote control.

The ZM-24 is easy to install, since only one module needs to be hard-wired to the control processor. This device becomes the "coordinator", while additional "repeater" modules can be added by simply powering them from any electrical outlet within communication range of other modules. The ZM-24 units will then create a self-healing "mesh" network which adapts to changes or problems with the communication path.

Specifications

Power.....	+9VDC to +16VDC, 60mA
RTI Com Port.....	Two-way Zigbee® Communication Port, RJ45 Connection
.....	Drives up to 1000 ft (300 m) of wire
Wireless Networking.....	IEEE802.15.4 Zigbee® network compliant
RF Frequency Range	2.4Ghz - 2.5Ghz
Operating Temperature	+32°F to +122°F (0°C to +50°C)
Operating Humidity.....	5% to 95% Non-condensing
Device Capability.....	Total number of devices is limited only by memory
Communications.....	OTA (Over-the-air) Programmable
Enclosure.....	High-impact molded ABS plastic, black
Mounting.....	Detachable bracket
Dimensions - Antenna Flat (WxHxD).....	3.5" (89mm) x 4.0" (101mm) x 1.1" (28mm)
Dimensions - Antenna Extend (WxHxD).....	3.5" (89mm) x 7.25" (184mm) x 1.1" (28mm)
Weight	4 oz (113g)
Warranty	One Year (Parts & Labor)

All specifications subject to change without notice

Anexo 21: GLT Módem

Technical Specifications

- Adaptive spreading, code, and modulation (ASCM), patent-pending
- **Data rates:** 32 kbps - 80 Mbps
- **Baud rates:** 128 ks/s - 30 Ms/s, step=1ks/s
- **Modulations:** BPSK, QPSK, 8PSK, 16QAM
- **Spectral shaping:** SRRC, roll-off=0.2
- **Spread Spectrum:** spreading factor 1 to 12
- **SNR support:** -13 to +13 dB
- **Coding:** 27 LDPC codes
- **Supported rates:** 1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 8/9
- **Block length:** 4032, 6048, 8064, 12096 bits
- **Dual Receiver option:** Additional, independent DVB-S2 channel

BER Performance

- **Typical Eb/N0 (dB) for BER =10⁻⁸:** 0.8dB (BPSK 1/3 LDPC 12K block length)

Data Communications

- Dynamic routing mode or bridge mode
- TCP acceleration
- VLAN support
- QoS
- Encryption - AES 256 (optional)

Transmit port

- **Frequency range:** 950 - 2150 MHz
- **Tuning step:** 1kHz
- **Impedance:** 50 Ω
- **Connector type:** N-Type
- **Return loss:** better than -10 dB
- **Tx power:** 0 to -30 dBm, 0.1 dB resolution
 - Automatic uplink power control
- **Reference:** 10 MHz, switchable
- **Communication:** FSK
- **BUC Power:**
 - 24VDC, 70W, switchable (optional)

Receive Port

- **Frequency range:** 950 - 2150 MHz
- **Tuning step:** 1 kHz
- **Impedance:** 50 Ω
- **Connector type:** N-Type
- **Return loss:** better than -10 dB
- **Max input level:** -10 dBm
- **Input noise level:** -145 dBm/Hz to -115 dBm/Hz
- **Noise figure (at maximal gain):** 8 dB
- **Reference:** 10MHz, switchable
- **Communication:** FSK
- **LNB Power:** 13/14, 18/19, 24VDC, switchable

10 MHz Reference

- Internal or external
- **Internal reference:** OCXO
- **Frequency accuracy:** up to 2 PPM (1 PPM optional)
Including base accuracy, temperature and 10 years aging
- **Warm up time:** up to 5 minutes @ 25°
- **Phase noise:**
 - 10Hz: -115 dBc/Hz
 - 100Hz: -130 dBc/Hz
 - 1kHz: -145 dBc/Hz
 - 10kHz: -145 dBc/Hz

Monitor and Control

- Built-in web management
- Remote or local software upgrade
- SNMP-based management
- Central NMS (optional)
- Antenna and BUC monitor and control (optional)

Interfaces

- Dual Ethernet 10/100/1000 Base-T
- RS232 serial interface auxiliary port x2
- USB 2.0 Host

Power

- Operating voltage: 100 to 240VAC, 50/60Hz, 50W (@25°C, without loads)
- Power to the antenna: 300W (optional)
- Power to the BUC: 300W (optional)

Environmental and Standards

- **Operating temperature:** -20°C to + 50°C
- **Storage temperature:** -40°C to + 85°C
- **CE Mark:**
 - EN 55022 Radio Frequency Interference
 - EN 60950 Safety
- **FCC:** Part 15 Class B

Mechanical

- **Dimensions:** 1.75 H x 19 W x 17.5 D in (4.4 X 48 X 44 cm), 1 rack unit
- **Weight:** 13.2 lbs (6 Kg)

Tomado de: (Gilat, s.f.)

Anexo 22: Micro MAXd Base Station



MicroMAXd

Main Features

- Cost optimized for lower density applications
 - Modular and scalable architecture
 - All outdoor integrated baseband digital processing, radio and antenna
 - Up to 16 radios per mast
- Supports WiMAX Forum™ profiles in 700 MHz, 1.4 GHz, 1.5 GHz, 1.9 GHz, 2.3 GHz, 2.5 GHz, 2.8 GHz, 3.3 GHz, 3.5 GHz, 3.7 GHz, 4.9 GHz, 5.1 GHz, 5.4 GHz, 5.8 GHz and in 5.9 GHz bands
- BPSK/QPSK/16QAM/64QAM adaptive modulation
- Full duplex FDD and TDD operation
- Advanced software features
 - Full IEEE 802.16 QoS service classes
 - Full 802.1d transparent bridging
 - IEEE 802.1q/p VLAN tagging/untagging
 - Bridging and routing functionality

Leading fixed WiMAX Base Station	MicoMAXd
Standards Compliance	IEEE802.16-2004
Form Factor	Split Indoor / Outdoor
Frequency Bands	700 MHz, 1.4, 1.5, 1.9, 2.3, 2.5, 2.7, 3.3-3.8 TDD/FDD, 4.9-5.95 GHz
Channel Size	10, 5, 3.5, 3, 2.75, 2.5, 1.75, 1.5 MHz
FFT	256
Duplex Method	TDD, FDD
Tx Power (Frequency band dependant)	+27 dBm in most bands, +22 dBm in 4.9-5.95 GHz
Maximum EIRP per sector	44 dBm
GPS Synchronization	Distributed
Uplink Sub-Channelization	Yes
Dynamic Frequency Selection (DFS)	Yes
Ethernet CS	Yes
Network Interface	100 bT Ethernet
End to End VLAN (802.1Q)	Yes
Network VLAN Traffic Segregation	Yes
Supported Usage Scenarios	Nomadic, Fixed
Authentication	PKM
Environmental (outdoor elements)	ETS 300 019-1-4 Class 4.1E
Environmental (indoor elements)	ETS 300 019-1-3 Class 3.2

Tomado de: (Airspan, s.f.)

Anexo 23: Módem MLT 1000

Technical Specifications

- Adaptive Spreading, Code, and Modulation - ASCM (Patent pending)
- Data rates: 64 Kb/s - 80 Mb/s
- Baud rates: 128 Ks/s - 30 Ms/s, step=1Ks/s
- Modulations: BPSK, QPSK, 8PSK, 16QAM (optional)
- Spectral shaping: SRRC, roll-off=0.2
- Spread Spectrum: spreading factor 1-16
- SNR support: -13 to +13 dB
- Coding: 27 LDPC codes; rates 1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 8/9
- Block length: 4032, 6048, 8064, 12096
- Additional independent DVB-S2 channel
- Built in transport layer encryption - TRANSEC (optional)

BER Performance

- Typical Eb/No, for BER = 10⁻⁶: 0.8dB (BPSK 1/3 LDPC 12K block length)

Data Com

- Dynamic routing or bridge mode
- TCP acceleration
- QoS
- VLAN support
- Encryption - AES 256 (optional)

Transmit port

- Frequency range: 950 - 2150 MHz
- Tuning step: 1KHz
- Impedance: 50 W
- Connector type: N-Type
- Return loss: better than -10 dB
- Tx power: 0 to -30 dBm, 0.1 dB resolution
- Automatic uplink power control
- Reference: 10 MHz, switchable
- Communication: FSK
- BUC power: 24VDC, 70W, switchable (optional)

Receive Port

- Frequency range: 950 - 2150 MHz
- Tuning step: 1 KHz
- Impedance: 50 W
- Connector type: N-Type
- Return loss: better than -10 dB
- Max composite level: -10 dBm
- Input noise level: -145 dBm/Hz to -115 dBm/Hz
- Noise figure (at maximal gain): 8 dB
- Reference: 10MHz, switchable
- Communication: FSK
- LNB power: 13/14, 18/19, 24VDC, switchable

10 MHz Reference

- Internal or external
- Internal reference: OCXO
- Frequency accuracy: up to 2 PPM (1 PPM optional), including accuracy, temperature and 10 years aging
- Warm up time: up to 60 seconds
- Phase noise:
 - 10 Hz: -100 dBc/Hz
 - 100 Hz: -130 dBc/Hz
 - 1K Hz: -140 dBc/Hz
 - 10K Hz: -145 dBc/Hz

Monitor and Control

- Built in Web Management
- Remote or local software upgrade
- SNMP based management

Interfaces

- Ethernet 10/100/1000 Base-T
- Dual RS232 serial interface auxiliary port x2
- USB 2.0 Host

Power

- Operating voltage: 10 to 32VDC
- Power: 25W

Environmental & Standards

- Operating temperature: -40°C to + 60°C
- Vehicle mounted or rack mounted enclosure
- MIL-STD-810G: environmental requirements
- MIL-STD-461F: electromagnetic requirements
- MIL-STD-1275: DC characteristics

Mechanical

- Physical Dimensions: 1.17" X 13.4" 11.6" (H x W x D) (1 Rack Unit) 4.36 X 34 X 29.6 cm (H x W x D)
- Weight: 5.6 kg (12.3 lbs)

Tomado de: (Gilat, s.f.)

Anexo 24: Ku-Band SATCOM Data Link Predator

GROUND TERMINAL	SATELLITE TERMINAL	UAV TERMINAL
<p>Function</p> <ul style="list-style-type: none"> Mission control and exploitation <p>“Owner”</p> <ul style="list-style-type: none"> Theater commander JFTC <p>Control Description</p> <ul style="list-style-type: none"> Local operators w/radio communications cmd <p>Controller(s)</p> <ul style="list-style-type: none"> Theater commander via radio communications <p>EIRP</p> <ul style="list-style-type: none"> Forward: <67dBW Return: N/A <p>G/T</p> <ul style="list-style-type: none"> Forward: N/A Return: 30-31 dB/°K <p>Carrier Frequency (125 KHz tuning in UAV term.)</p> <ul style="list-style-type: none"> Forward: Tx: 13.75 → 14.50 GHz Return: Rx: 10.95 → 12.75 GHz <p>Transmit Power</p> <ul style="list-style-type: none"> 125 Watts <p>Approximate aperture</p> <ul style="list-style-type: none"> 5.5 m to 6.2 m <p>Signal Format</p> <ul style="list-style-type: none"> Command: RS-422 I/F, custom Telemetry: RS-422 I/F, custom Video (EO/IR): NTSC, analog Synthetic Aperture Radar (SAR): RS-422 I/F, 5 Mb/s par. <p>Microwave Sensing</p> <ul style="list-style-type: none"> Display, exploitation console and data base <p>Optional Sensing</p> <ul style="list-style-type: none"> Display, exploitation console and data base <p>Air Traffic Control</p> <ul style="list-style-type: none"> Remote pilot 	<p>Function</p> <ul style="list-style-type: none"> Bent-pipe relay <p>“Owner”</p> <ul style="list-style-type: none"> Commercial agency e.g. INTELSAT, PANAMSAT <p>Control Description</p> <ul style="list-style-type: none"> Radio remote: special channels from CC <p>Controller(s)</p> <ul style="list-style-type: none"> Commercial agency <p>EIRP</p> <ul style="list-style-type: none"> Forward: ≈ 31 dBW Return: ≈ 23 dBW <p>G/T</p> <ul style="list-style-type: none"> Forward: 4.5 dBW Return: 4.5 dBW <p>Carrier Frequency</p> <ul style="list-style-type: none"> Lease within terminal range <p>Transmit Power</p> <ul style="list-style-type: none"> 35-50 Watts <p>Approximate aperture</p> <ul style="list-style-type: none"> Existing, Sat. dependent <p>Signal Format</p> <ul style="list-style-type: none"> Amplify and translate <p>Microwave Sensing</p> <ul style="list-style-type: none"> n/a <p>Optional Sensing</p> <ul style="list-style-type: none"> n/a <p>Air Traffic Control</p> <ul style="list-style-type: none"> n/a 	<p>Function</p> <ul style="list-style-type: none"> Low-level earth resources collection <p>“Owner”</p> <ul style="list-style-type: none"> Theater commander JFTC <p>Control Description</p> <ul style="list-style-type: none"> Radio remote: direct or via satellite relay <p>Controller(s)</p> <ul style="list-style-type: none"> Theater commander: Launch or Mission <p>EIRP</p> <ul style="list-style-type: none"> Forward: N/A Return: <55.5 dBW <p>G/T</p> <ul style="list-style-type: none"> Forward: 12 dB/K Return: N/A <p>Carrier Frequency (125 KHz tuning in UAV term.)</p> <ul style="list-style-type: none"> Forward: Rx: 10.95 → 12.75 GHz Return: Tx: 13.75 → 14.50 GHz <p>Transmit Power</p> <ul style="list-style-type: none"> 50 Watts <p>Approximate aperture</p> <ul style="list-style-type: none"> 0.76 m diameter (30") <p>Signal Format</p> <ul style="list-style-type: none"> Command: RS-422 I/F, custom Telemetry: RS-422 I/F, custom Video (EO/IR): NTSC, analog Synthetic Aperture Radar (SAR): RS-422 I/F, 5 Mb/s par. <p>Microwave Sensing</p> <ul style="list-style-type: none"> WEC/Synthetic Aperture Radar (SAR) @ 16.4 GHz <p>Optional Sensing</p> <ul style="list-style-type: none"> Versatron “Skyball” EO/IR - Analog video <p>Air Traffic Control</p> <ul style="list-style-type: none"> AN/ARC-210 radi

Tomado de: (Holdings, s.f.)

Anexo 25: Ubiquiti XtremeRange XR1 200 MHz Embedded Radio Card



Product Name: Ubiquiti XtremeRange XR1 200 MHz Embedded Radio Card

Manufacturer: -

Model Number: XR1

Ubiquiti XtremeRange XR1 200 MHz Embedded Radio Card

Please Note: The Ubiquiti XtremeRange XR1 has been discontinued.

Powerful 802.11 non line of sight radio module Powerful and Versatile A powerful 802.11 non line of sight radio module in the 180-280MHz frequency band.

Specification

- Processor Specs: Atheros AR5414
- Radio Operation: OFDM; 802.11 Based MAC/PHY
- Interface: 32-bit mini-PCI Type III
- Operation Voltage: 3.3VDC
- Antenna Ports: Single MMCX
- Temperature Range: -45 to +85C (extended temp version up to +95C)
- Security: WPA, WPA2, AES-CCM & TKIP Encryption, 802.1x, 64/128/152bit WEP
- Indoor Range (Antenna Dependent): Up to 1000meters
- Outdoor Range (Antenna Dependent): over 50km

Tomado de: (Ubiquiti, s.f.)

Abreviaturas

ACK	:	Acknowledgement
AES	:	Advanced Encryption Standard
AM	:	Amplitude Modulation
ARQ	:	Automatic Repeat Request
ASK	:	Shifting Keying
BPF	:	Band Pass Filter
CBC	:	Cipher-block chaining
CDM	:	Code Division Multiplexing
CDMA	:	Code Division Multiple Access
CFB	:	Cipher Feed Back
COFDM	:	Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing
DES	:	Data Encryption Standard
ECB	:	Electronic Codebook
FCS	:	Frame check sequence
FDM	:	Frequency Division Multiplexing
FEC	:	Forward Error Correction
FM	:	Frequency Modulation
FSK	:	Shifting Keying
GCS	:	Ground Station Control
GPRS	:	General Packet Radio Service
HPA	:	High Power Amplifier
LPA	:	Low Power Amplifier
LOS	:	Line of Sight
NACK	:	Not Acknowledgement
NRZ	:	No Return to Zero
NRZI	:	No Return to Zero Inverted
OFB	:	Output Feedback
PAM	:	Pulse Amplitude Modulation
PCM	:	Pulse Code Modulation
PDM	:	Pulse Density Modulation
PDM	:	Polarization Division Multiplexing

PM	:	Pulse Modulation
PPM	:	Pulse Position Modulation
PSK	:	Phase Shifting Keying
PWM	:	Pulse Width Modulation
QAM	:	Quadrature Amplitude Modulation
QPSK	:	Quadrature Phase Shifting Keying
SINAD	:	Signal to Interference, Noise and Distortion
TDM	:	Time Division Multiplexing
TWTA	:	Travelling Wave Tube Amplifier
UART	:	Universal asynchronous Receiver/Transmitter
UAVS	:	Unmanned Air Vehicle System
UCAV	:	Unmanned Combat Aerial Vehicle
WDM	:	Wavelength Division Multiplexing

Glosario

- Bifilar: es una línea de transmisión formada por dos hilos.
- DAMA: Son enlaces satelitales que no tienen frecuencias asignadas a cada estación dichas frecuencias se asignan por petición de las estaciones remotas para poder transmitir.
- Drone: Se emplea en aeronáutica para denominar los vehículos aéreos no tripulados, la mayoría de uso militar. (Oliver, 2015)
- Enlace de Telemetría: es la transmisión de magnitudes físicas o químicas a ciertas distancias a través de medios físicos o inalámbricos con el fin de poder ser registradas, medidas y valoradas. En los vehículo aéreos no tripulados la telemetría se utiliza para obtener parámetros que se ven relacionados directamente con el vuelo del avión, estos parámetros entre otros pueden ser temperatura, velocidad del aire, humedad, condiciones climáticas, posición geográfica del UAV, velocidad de vuelo, etc.
- Handover: proceso de transferencia de una llamada en curso o sesión de datos de un canal a otro en una red celular.
- Reflector: superficie que refleja luz o cualquier otro tipo de onda.
- SINAD: es una medida que puede ser utilizado para cualquier dispositivo de comunicación por radio para ver la degradación de la señal producida por señales no deseadas incluyendo el ruido y la distorsión. Se expresa en decibelios (dB).
- Sistema de vehículo aéreo no tripulado (UAVS): compuesto por el avión o aeronave y el sistema de control en la tierra.

- Teledetección o Percepción remota: técnica para obtener información (imágenes o video) de un objeto o fenómeno a distancia mediante sensores que no están en contacto físico con dicho objeto o fenómeno.
- Texto plano: se refiere al mensaje original que se va a transmitir al receptor desde el emisor.
- UART: es un chip que usan algunos sistemas digitales con el fin de convertir datos recibidos en forma paralela a datos en forma serial y viceversa para comunicarse con sistemas externos. Puede establecerse las condiciones de transmisión para su uso (velocidad, longitud, paridad y bits de parada).
- Vector de inicialización – VI: inicializa el proceso de encriptación del primer bloque, añade un elemento randómico al proceso, no debe ser reutilizado con la misma llave.
- Vehículo aéreo no tripulado de combate (UCAV): son vehículos capaces de portar armamento para atacar objetivos.