



## Máster en Redes y Servicios de Comunicación Móviles

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA  
DE TELECOMUNICACIÓN

### **PROYECTO FIN DE MÁSTER**

*ESTUDIO SOBRE EL CONTROL DE MISIÓN DE FLOTAS DE  
UAVs HETEROGÉNEAS*

Autor: Álvaro Paim Rodríguez

Tutor: Felipe Atienza

Curso académico 2010/2011



## Agradecimientos

Me gustaría dedicar este capítulo inicial a toda la gente que ha sido partícipe y ha hecho realidad este Proyecto que se expone a continuación. Quiero agradecer en primer lugar, profundamente a todos los compañeros y jefes de Indra Sistemas que me ayudaron sin pedir nada a cambio, y que me hicieron ver el gran mundo Aeroespacial. Además quiero dar especial énfasis a la ayuda de mi amiga y compañera en el proyecto GEMA en Indra, Laura Torrijos, además de la gente que estuvo conmigo en los momentos más difíciles de mi experiencia en Indra, como fueron Sofía, Juanda, Jesús y Cristina. Por otro lado, me gustaría destacar la colaboración del tutor de este Proyecto, Felipe Atienza, el cual no dudó a la hora de embarcarse en un ambiente complejo y complicado para un Ingeniero de Telecomunicaciones, como es el de los UAVs.

En segundo lugar, quiero dedicar este Proyecto a todos los amigos que he logrado durante todo este periodo universitario, tanto durante la carrera, como en los másteres tanto de España como de Suecia. Gracias a ellos, mi etapa de estudiante siempre será recordada como la mejor de mi vida. Quiero dar especial atención a Laura, Roberto, Carlos, Marina, Elena, Jorge, y un sinnúmero de gente más. Además también quiero agradecer todos estos años a mis amigos del alma, mis hermanos, Jesús, Portillo, Alberto, More, Gonzalo, Valentín y al resto, porque sin ellos no sería quien soy. Y, finalmente, en este apartado quisiera citar a dos personas que han sido de especial relevancia en mi vida académica, además de mejor amigas, Alba y Guiomar. Ellas han sido mi referente en todo momento tanto en el colegio como en la universidad, y me enseñaron todas las ventajas que tenía el mundo del estudiante, además de aportarme los valores necesarios para lograr completar mis estudios.

En tercer lugar, quiero dedicar este Proyecto especialmente a mis padres, a los cuales estaré eternamente agradecido por todo lo que me han dado. Les quiero dar gracias por todos los buenos y malos momentos, por estar siempre donde hacían falta y por no dudar ni un momento en darme todos los recursos que estaban a su alcance. Nada de esto hubiera sido posible sin ellos. Por otro lado, también quiero agradecer todo el amor y el cariño recibido también por el resto de mi familia, abuelos, tíos, primos, etc.

Y, finalmente quiero dar una última dedicación al amor de mi vida, a tí pequeña mía, porque seguro que pronto estaremos juntos para toda la vida.

## Prefacio

Los Sistemas Aéreos No Tripulados (UAS) constituyen el sector de la industria aeronáutica actual que se espera que mayor crecimiento tenga en la próxima década. Los UAS, reúnen en un sistema único los últimos avances en robótica, inteligencia artificial, navegación, guiado y control, aerodinámica, comunicaciones, propulsión, óptica, etc.

En apenas 20 años, los UAS han pasado de ser un elemento desconocido para la práctica totalidad de las Fuerzas Armadas y sectores civiles de cada país, a convertirse en un elemento habitual e imprescindible para misiones militares y civiles. Destacan como características, su versatilidad, polivalencia, y capacidad para operar en ambientes hostiles o complicados con discreción, durante tiempos prolongados, y con costes reducidos.

Debido a restricciones y carencias regulatorias para vuelos de Vehículo Aéreos No Tripulados (UAVs) en los espacios aéreos civiles junto a las tradicionales aeronaves tripuladas, actualmente su uso se halla restringido en el ámbito militar u operaciones civiles con el consentimiento especial de las autoridades aeroportuarias. No obstante, y con los esfuerzos que se están realizando en este sentido a nivel mundial, en menos de una década los UAS terminarán de dar inevitablemente el salto al ámbito civil, dadas sus numerosas ventajas y múltiples aplicaciones.

Para la realización de algunas misiones, será necesario el trabajo conjunto de varios Vehículos Aéreos No Tripulados (UAVs), con el fin de cubrir un área grande, retransmitir información de un nodo que no posee LOS (Line of Sight) a la estación de tierra o la explotación de las características de movilidad y carga de pago (*payload*) de las diferentes aeronaves. Por lo tanto, se requerirá interoperabilidad entre los diferentes elementos que constituyen la red, además de aumentar la flexibilidad y eficiencia, para alcanzar los objetivos de la misión a través del intercambio de recursos y la utilización común de la información generada por los sistemas de UAVs. Así, el objetivo es permitir la interoperabilidad entre los segmentos de tierra (por ejemplo, UCS), los segmentos del aire (por ejemplo, UAVs). Esta tarea se llevará a cabo mediante el uso de protocolos de comunicaciones entre tierra y los componentes de aire para la interoperabilidad UAS, como son el Acuerdo de Estandarización de la OTAN (STANAG) 4586 o JAUS.

Con el objetivo de estudiar la interoperabilidad de UAS y los estándares necesarios para conseguirla, el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) otorgó a Deimos, INDRA y CTAE la realización del Proyecto “GEMA: Estudio de Tecnologías para la Gestión de Flotas

Masivas y Heterogéneas de UAVs”. El presente PFM, se basará en la experiencia y en las ideas aportadas por el autor durante su estancia en INDRA trabajando en el proyecto GEMA, sin llegar a reproducir parte o totalidad alguna de la memoria entregada al CDTI.

## Tabla de contenido

1.	Introducción al Proyecto GEMA .....	1
1.1.	Empresas Participantes y Organigrama.....	1
1.2.	Planificación de los Paquetes Elaborados por Indra Sistemas .....	4
2.	Breve Introducción sobre UAVs .....	6
1.3.	¿Qué es un UAV? .....	6
1.4.	¿Qué es un UAS? .....	7
1.5.	Clasificación de UAS .....	9
3.	Interoperabilidad y Estandarización de Sistemas de Múltiples UAVs.....	11
3.1.	JAUS vs STANAG 4586 vs Otros estándares.....	11
3.1.1.	Arquitectura Unificada para Sistemas No Tripulados (JAUS) .....	14
3.1.2.	Acuerdo de Estandarización de la OTAN 4586 (STANAG-4586) .....	15
3.2.	UAV en Espacio Aéreo No Segregado .....	15
4.	Control de Misión de Sistemas de Múltiples UAVs .....	17
4.1.	Estado Actual.....	17
4.1.1.	Control de Misión en el Estándar STANAG 4586.....	17
4.1.2.	Control de Misión en el Estándar JAUS .....	19
4.2.	TT&C .....	23
4.2.1.	Mensajes TT&C STANAG 4586 .....	23
4.2.2.	Mensajes TT&C de IC2DL - STANAG 4660.....	28
4.3.	Comunicaciones y Redes.....	33
4.3.1.	Redes para Enlaces de Tipo HDRDL.....	33
4.3.2.	Redes para Enlaces de Tipo LDRDL .....	34
4.4.	Gestión de Datos .....	54

4.5.	Estaciones Terrenas .....	58
4.5.1.	Elementos de Estaciones de Control Terrenas .....	58
4.5.2.	GCS de mini-UAVs.....	59
4.5.3.	GCS de Sistemas de UAVs de Corto Alcance.....	59
4.5.4.	GCS de Sistemas de UAVs MALE y HALE .....	60
4.6.	Escenarios Propuestos .....	63
4.6.1.	Vigilancia Marítima .....	63
4.6.2.	Apoyo/Rescate en Zona Inhóspita/Inaccesible .....	64
4.6.3.	Implementación de los Escenarios .....	66
5.	Conclusiones y Necesidades Futuras de Sistemas de múltiples UAVs.....	128
5.1.	Estandarización e Interoperabilidad .....	128
5.2.	UAVs en NAS .....	129
5.3.	Control de Misión de Sistemas de múltiples UAVs .....	130
5.4.	Mejora de los UAVs actuales .....	132
6.	Acrónimos.....	138
7.	Bibliografía .....	139
	Apéndice A: UAVs seleccionados para los Escenarios propuestos .....	140
	Apéndice B: Patrón de vuelo de Rastrillo .....	143
	Apéndice C: Mensajes del STANAG 4586&4660 usados en los Escenarios .....	145

## Índice de Figuras

Figura 1: Consorcio del proyecto GEMA .....	1
Figura 2: Estructura de paquetes de trabajo .....	3
Figura 3: Diagrama de Gantt y Timeline de GEMA en Microsoft© Project 2010 .....	5
Figura 4: Ejemplos de UAVs.....	7
Figura 5: Segmentos de un UAS.....	7
Figura 6: Diferentes tipos de UAVs del segmento aéreo de un UAS.....	8
Figura 7: Cámara giroestabilizada y radar $\mu$ SAR .....	8
Figura 8: Estación de Control de Tierra (GCS) del UAV Predator .....	9
Figura 9: Diferentes tipos de Sistemas LSR .....	9
Figura 10: Estándares de Interoperabilidad en Sistemas No Tripulados .....	12
Figura 11: Sistemas de UAVs planteados por la OTAN .....	15
Figura 12: Arquitectura de Sistema para STANAG 4586.....	18
Figura 13: Niveles de la topología de JAUS.....	21
Figura 14. Flujo de mando y control para UDP. ....	30
Figura 15. Flujo de mando y control ATC. ....	30
Figura 16. Terminal local de control y estado de flujo de datos. ....	31
Figura 17: Ejemplo de Red IC2DL .....	34
Figura 18. Definición de Elementos Temporales en IC2DL.....	36
Figura 19. Ejemplo del Establecimiento de Circuitos.....	40
Figura 20: Estados y Transiciones de los Nodos IC2DL .....	42
Figura 21: Proceso de Unión a la Red.....	46
Figura 22. Transmisión de datos de usuario.....	50
Figura 23. Formato de mensaje de datos de aplicación. ....	53
Figura 24: Interoperabilidad entre STANAGs .....	54
Figura 25: Pila de protocolos en enlaces LDRDL .....	57
Figura 26: Desert Hawk III .....	59
Figura 27: GCSs de Cybaero Apid-60 y Sprite.....	60
Figura 28: (a) GCS UAV Hermes 450 (b) Interior de GCS UAV Hermes 450.....	61
Figura 29: Planta del Interior de GCS UAV Hermes 450 .....	61
Figura 30: Launch and Recovery System-LRS y MCE del Global Hawk.....	62



Figura 31: Escenario de Vigilancia Marítima .....	63
Figura 32: Escenario de Apoyo/Rescate en Zona Inhóspita/Inaccesible .....	65
Figura 33: Arquitectura del Sistema con STANAG 4586.....	68
Figura 34: Esquema de Comunicaciones entre UAV y CUCS .....	69
Figura 35: UCS embarcada en una lancha rápida .....	72
Figura 36: UCS en formato RVT portable o montado en un Vehículo Terrestre .....	72
Figura 37: UCS de LOI 4 y 5 .....	74
Figura 38: Flujo de Datos IC2DL .....	75
Figura 39: Diferentes Arquitectura de Comunicaciones .....	78
Figura 40: Uso de TDMA en el STANAG 4660.....	79
Figura 41: Máximas Latencias en STANAG 4660 .....	80
Figura 42: Esquema de Circuito en STANAG 4660.....	81
Figura 43: Circuitos para los Escenarios Planteados .....	82
Figura 44: Ejemplo de Estructura del <i>Wrapper</i> para el Mensaje #1 .....	86
Figura 45: Secuencia de descubrimiento, configuración y conexión del VSM/ UAV/Enlace de datos .....	88
Figura 46: Secuencia para el Descubrimiento, Configuración y Conexión de ambos Enlace de Datos .....	89
Figura 47: Secuencia para la Configuración de Parámetros del Enlace de Datos .....	90
Figura 48: Secuencia de Descubrimiento y Configuración del VSM/Vehículo.....	94
Figura 49: Características Conjuntas de Mensajes de Misión .....	96
Figura 50: Patrones de Vuelo Loiter .....	98
Figura 51: Secuencia de Configuración de <i>Payload</i> .....	99
Figura 52: Secuencia de Conexión del Payload/Vehículo Aéreo .....	100
Figura 53: Secuencia de Mensajes de Terminación de Vuelo.....	106
Figura 54: Secuencia de Selección de Modo de Control de Trayectoria de Vuelo.....	108
Figura 55: Secuencia de Mensajes de Subida de Misión .....	116
Figura 56: Ejemplo de Secuencia de <i>Waypoints</i> .....	117
Figura 57: Esquema de Misión llevada a cabo por los UAS en los Escenarios Propuestos .....	119
Figura 58: Proceso de Transferencia de Control Positiva .....	124
Figura 59: <i>Waypoints</i> de Contingencia del Área de los Escenarios Propuestos .....	126
Figura 60: Relación entre OSI, TCP/IP, JAUS y GOA.....	129
Figura 61: Arquitectura definida en el STANAG 4586 .....	131
Figura 62: Helios durante el test de vuelo en 2001 (Fuente: NASA) .....	133

Figura 63: Esquema de los Segmentos implicados en SATCOM con UAVs .....	134
Figura 64: UAV nEUROn .....	135
Figura 65: Wasp III (BATMAV) Micro UAV .....	135
Figura 66: Antena NanoSAR .....	136
Figura 67: Visión de HD de Cámara desde un UAV.....	136
Figura 68: Ejemplo de Patrón Rastrillo en Software AGI STK©.....	144

## Índice de Tablas

Tabla 1: Clasificación de UAS según el JCGUAV .....	10
Tabla 2: Características de los principales estándares de UAS.....	13
Tabla 3: Mensajes STANAG 4586.....	25
Tabla 4 (cont): Mensajes STANAG 4586 .....	28
Tabla 5: Tabla de mensajes de estado y comandos de enlace de datos .....	32
Tabla 6. Estructura de Mensajes IC2DL. ....	47
Tabla 7. Mensajes TSM (Id = 02, 03, 04, 05). ....	48
Tabla 8. Mensajes TSR (Id = 06). ....	48
Tabla 9. Mensajes TSA (Id = 07). ....	49
Tabla 10. Cabecera común de mensajes.....	50
Tabla 11. Asignación de puertos UDP.....	51
Tabla 12: Modelo ISO en el tratamiento de Datos .....	56
Tabla 13: Correspondencia entre Modos de Control y Enumeraciones respecto a la Altitud y Velocidad de Aire .....	110
Tabla 14: Correspondencia entre Modos de Control y Enumeraciones respecto al Curso y <i>Heading</i> .....	111
Tabla 15: UAV Táctico de Ala Rotatoria Camcopter S100.....	140
Tabla 16: UAV Táctico de Ala Rotatoria MQ-8 Fire Scout .....	140
Tabla 17: UAV Relay/MALE Ala fija MQ-9 Reaper (Predator B).....	141
Tabla 18: UAV Relay/MALE Ala fija Heron/Machatz 1 .....	142
Tabla 20: Mensaje #1: CUCS Authorisation Request.....	145
Tabla 21: Mensaje #20: Vehicle ID .....	146
Tabla 22: Mensaje #21: VSM Authorisation Response .....	147
Tabla 23: Mensaje #40: Vehicle Configuration Command .....	147
Tabla 24: Mensaje #41: Loiter Configuration.....	148
Tabla 25: Mensaje #42: Vehicle Operating Mode Command .....	148
Tabla 26: Mensaje #43: Vehicle Steering Command .....	150
Tabla 27: Mensaje #44: Air Vehicle Lights.....	150
Tabla 28: Mensaje #45: Engine Command .....	150
Tabla 29: Mensaje #46: Flight Termination Command .....	151

Tabla 30: Mensaje #47: Relative Route/Waypoint Absolute Reference Message .....	151
Tabla 31: Mensaje #48: Mode Preference Command .....	152
Tabla 32: Mensaje #100: Vehicle Configuration .....	152
Tabla 33: Mensaje #101: Inertial States .....	153
Tabla 34: Mensaje #102: Air and Ground Relative States .....	154
Tabla 35: Mensaje #103: Body-Relative Sensed States .....	155
Tabla 36: Mensaje #104: Vehicle Operating States .....	156
Tabla 37: Mensaje #105: Engine Operating States .....	158
Tabla 38: Mensaje #106: Vehicle Operating Mode Report .....	159
Tabla 39: Mensaje #107: Vehicle Lights State .....	159
Tabla 40: Mensaje #108: Flight Termination Mode Report .....	159
Tabla 41: Mensaje #109: Mode Preference Report .....	160
Tabla 42: Mensaje #110: From-To-Next Waypoint States .....	161
Tabla 43: Mensaje #200: Payload Steering Command .....	162
Tabla 44: Mensaje #201: EO/IR/Laser Payload Command .....	163
Tabla 45: Mensaje #204: Communications Relay Command .....	164
Tabla 46: Mensaje #207: Terrain Data Update .....	164
Tabla 47: Mensaje #300: Payload Configuration .....	165
Tabla 48: Mensaje #301: EO/IR Configuration State .....	166
Tabla 49: Mensaje #302: EO/IR/Laser Operating State .....	167
Tabla 50: Mensaje #305: Communications Relay Status .....	168
Tabla 51: Mensaje #400: Data Link Set Up Message .....	168
Tabla 52: Mensaje #401: Data Link Control Command .....	169
Tabla 53: Mensaje #402: Pedestal Configuration Message .....	169
Tabla 54: Mensaje #403: Pedestal Control Command .....	170
Tabla 55: Mensaje #404: Data Link Assignment Request .....	170
Tabla 56: Mensaje #405: IC2DL Frequency Configuration .....	171
Tabla 57: Mensaje #406: IC2DL General Configuration Command .....	171
Tabla 58: Mensaje #407: IC2DL Circuit Allocation .....	171
Tabla 59: Mensaje #408: IC2DL Circuit to Timeslot .....	172
Tabla 60: Mensaje #409: IC2DL TDMA Port Configuration .....	172
Tabla 61: Mensaje #410: IC2DL IP Configuration .....	173
Tabla 62: Mensaje #411: IC2DL Command .....	173
Tabla 63: Mensaje #412: IC2DL Logical Port Priority .....	174

Tabla 64: Mensaje #413: IC2DL Join Command.....	174
Tabla 65: Mensaje #414: IC2DL Spreading Configuration .....	175
Tabla 66: Mensaje #415: IC2DL Profile Command .....	175
Tabla 67: Mensaje #500: Data Link Configuration/Assignment Message .....	176
Tabla 68: Mensaje #501: Data Link Status Report .....	177
Tabla 69: Mensaje #503: Pedestal Status Report .....	178
Tabla 70: Mensaje #505: IC2DL Frequency Configuration Report.....	178
Tabla 71: Mensaje #506: IC2DL General Configuration Report .....	179
Tabla 72: Mensaje #507: IC2DL Circuit Allocation Report .....	179
Tabla 73: Mensaje #508: IC2DL Circuit to Timeslot Report.....	180
Tabla 74: Mensaje #509: IC2DL TDMA Port Configuration Report .....	180
Tabla 75: Mensaje #510: IC2DL IP Configuration Report .....	181
Tabla 76: Mensaje #511: IC2DL Report .....	181
Tabla 77: Mensaje #512: IC2DL Logical Port Priority Report.....	182
Tabla 78: Mensaje #513: IC2DL Join Report .....	182
Tabla 79: Mensaje #514: IC2DL Node range .....	183
Tabla 80: Mensaje #515: IC2DL Profile Report .....	183
Tabla 81: Mensaje #516: IC2DL Circuit Buffer Send Status.....	184
Tabla 82: Mensaje #517: IC2DL Circuit Buffer Receive Status.....	184
Tabla 83: Mensaje #600: Vehicle Data Link Transition Coordination Message.....	185
Tabla 84: Mensaje #700: Handover Status Report.....	185
Tabla 85: Mensaje #800: Mission Upload Command.....	186
Tabla 86: Mensaje #801: AV Route .....	186
Tabla 87: Mensaje #802: AV Position Waypoint.....	187
Tabla 88: Mensaje #803: AV Loiter Waypoint.....	187
Tabla 89: Mensaje #804: Payload Action Waypoint .....	188
Tabla 90: Mensaje #805: Airframe Action Waypoint.....	189
Tabla 91: Mensaje #806: Vehicle Specific Waypoint.....	189
Tabla 92: Mensaje #900: Mission Upload/Download Status.....	190
Tabla 93: Mensaje #1000: Subsystem Status Request .....	190
Tabla 94: Mensaje #1001: Subsystem Status Detail Request .....	191
Tabla 95: Mensaje #1100: Subsystem Status Alert Message .....	192
Tabla 96: Mensaje #1101: Subsystem Status Report .....	192

## 1. Introducción al Proyecto GEMA

El presente Proyecto de Fin de Máster (PFM), se encuadra dentro del proyecto GEMA, en el cual el autor de éste PFM colaboró durante un periodo de 7 meses a través de la empresa INDRA Sistemas, en varios paquetes como se verá posteriormente.

El proyecto “GEMA: Estudio de Tecnologías para la Gestión de Flotas Masivas y Heterogéneas de UAVs (TechnologyStudy for Heterogeneous UAV Fleet Management)” se llevó a cabo de acuerdo con la convocatoria del año 2008 para la concesión de las ayudas del Programa Nacional de Proyectos de Investigación Aplicada en el marco del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011, según la Orden PRE/998/2008, en la parte dedicada al Subprograma Aeroespacial.

Por motivos de complejidad y de confidencialidad, no se mostrará los resultados ni parte de la documentación entregada al CDTI, sino las ideas aportadas por el autor de éste PFM en la elaboración de los paquetes asignados a INDRA sobre el proyecto GEMA.

### 1.1. Empresas Participantes y Organigrama

El proyecto GEMA se realizó mediante el consorcio formado por las siguientes organizaciones: Deimos Space S.L., INDRA Sistemas y el CTAE (en el Apéndice A, se encuentra más información sobre cada una de estas empresas). A continuación en la Figura 1, se muestra un diagrama en el que se halla la estructura del consorcio.



**Figura 1: Consorcio del proyecto GEMA**

En la Figura, se puede apreciar como Deimos fue establecido como el coordinador central de GEMA, e INDRA y CTAE como participantes.

El árbol de tareas o paquetes previstos para la correcta consecución de los objetivos marcados del proyecto GEMA, se muestra en la Figura 2. En color verde, se han especificado los paquetes elaborados por Deimos, en color azul los paquetes realizados por INDRA, en color naranja los paquetes redactados por CTAE y por último, en amarillo los paquetes comunes elaborados conjuntamente.

De esta manera, los paquetes realizados propiamente por INDRA fueron los siguientes:

- WP3000: Control de Misión
  - WP3100: Estado Actual
  - WP3200: TT&C
  - WP3300: Comunicaciones y Redes
  - WP3400: Gestión de Datos
  - WP3500: Estaciones Terrenas
- WP6100: Interoperabilidad y Estandarización
  - WP6110: Interoperabilidad/Estandarización – Estado Actual
  - WP6120: Interoperabilidad/Estandarización – Necesidades Futuras

Y las colaboraciones en paquetes comunes realizados por el consorcio fueron las siguientes:

- WP2100: Concepto Operacional y Escenarios
- WP2200: Especificación Técnica
- WP2300: Arquitectura del Sistema
- WP6300: Aplicaciones
- WP6400: Beneficios socio-económicos

Posteriormente, en los capítulos sucesivos de este PFM se irán mostrando como se citó anteriormente, las ideas fundamentales desarrolladas por el autor conforme a los paquetes asignados a INDRA.

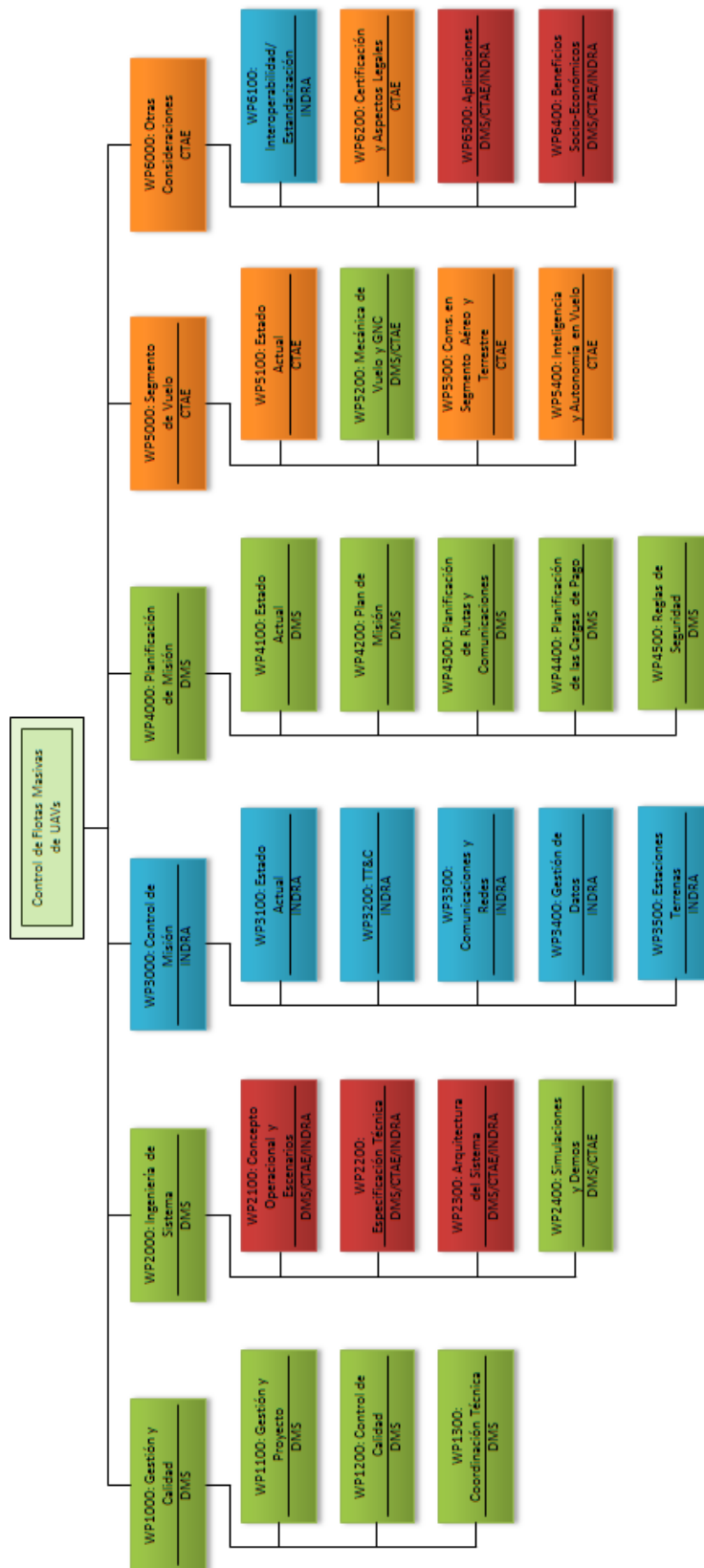


Figura 2: Estructura de paquetes de trabajo



## 1.2. Planificación de los Paquetes Elaborados por Indra Sistemas

La planificación interna de INDRA Sistemas para la elaboración del Proyecto estuvo enmarcada en el periodo comprendido entre el día 16 de Noviembre de 2009 y 16 de Junio de 2010. En estos siete meses, se desarrolló un plan de trabajo, como se puede observar en el diagrama de Gantt de la Figura 3, en el cual se abordó los paquetes de trabajo citados en el punto anterior, WP3000 y WP6100, además de diferentes colaboraciones en el paquete WP2000.

El punto inicial de trabajo correspondió al paquete WP6110 ya que se establece un *background* sobre los conceptos de Interoperabilidad y Estandarización aplicados a los UAS. Además en este paquete se citaron los estándares seguidos en la actualidad y las organizaciones que son precursoras en este ámbito de estandarización.

Una vez realizado el paquete WP6110, se procedió al área más técnica del proyecto mediante la realización en paralelo de los paquetes establecidos en WP3000. El trabajo en paralelo fue establecido debido a la interrelación entre los paquetes del área WP3000. Posteriormente a la realización de dichos paquetes, se recibió por parte de Deimos las colaboraciones a las cuales INDRA debía aportar su experiencia. Particularmente, las colaboraciones consistieron principalmente en la especificación técnica y la arquitectura del sistema, de escenarios operacionales planteados por Deimos.

Finalmente, tras las primeras revisiones, se pasó a elaborar el último paquete del WP6000, el WP6120, en el cual se trató de establecer unas conclusiones acerca de la Interoperabilidad y Estandarización que se halla en la actualidad y su posible evolución futura.

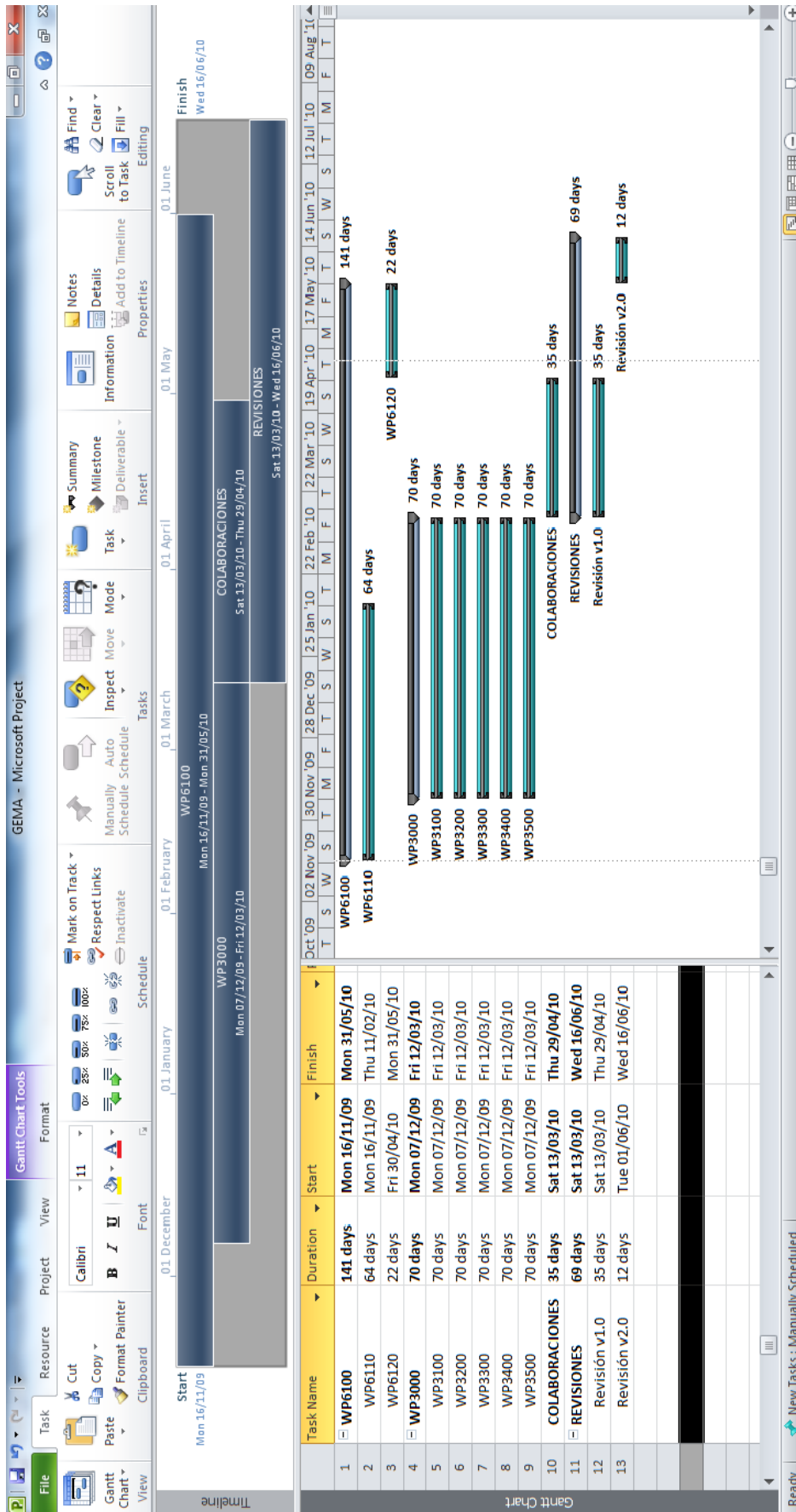


Figura 3: Diagrama de Gantt y Timeline de GEMA en Microsoft© Project 2010

## 2. Breve Introducción sobre UAVs

En esta Sección, se introducirá brevemente, los conceptos principales que definen los UAVs y los UAS, así como se clasificará los diferentes tipos de UAS que se hallan en misiones operativas actualmente.

### 1.3. ¿Qué es un UAV?

Los Vehículos Aéreos No Tripulados (UAV) han sido referenciados a lo largo de la historia de muchas maneras: RPVs (Aeronaves Teledirigidas por Control Remoto), drones, aviones robots y aviones sin piloto. La definición más comúnmente usada a día de hoy es la del Departamento de Defensa (DoD) de EEUU la cual identifica a los UAVs como “vehículos de motor, aéreos que no portan un operador humano, vuelan de manera autónoma o pilotado remotamente, desechables o recuperables, y que pueden transportar una carga letal o no letal”. Por tanto, los misiles de crucero, vehículos balísticos y semibalísticos, no son considerados UAVs porque el propio vehículo es un arma que no se puede reutilizar, a pesar de que también es no tripulado y en algunos casos guiado remotamente. Los UAVs difieren de los RPVs en que algunos UAVs pueden volar de forma autónoma.



Figura 4: Ejemplos de UAVs

#### 1.4. ¿Qué es un UAS?

El UAS podría definirse genéricamente como un sistema constituido básicamente por un segmento aéreo, un segmento terreno y un segmento espacial, en el caso de comunicaciones sin línea de visión (ver Figura 5).

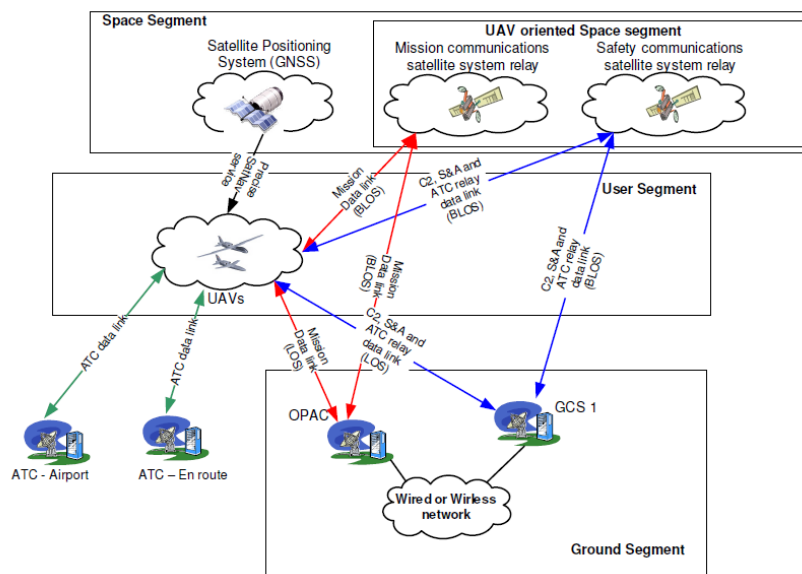


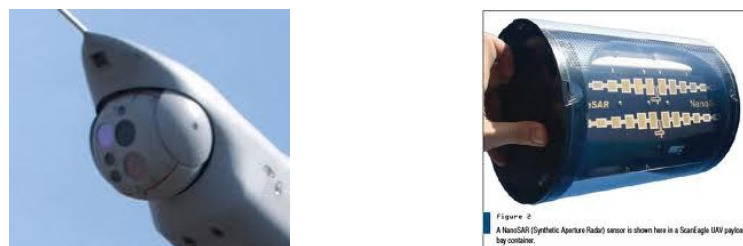
Figura 5: Segmentos de un UAS

El segmento aéreo lo forma la plataforma aérea, la carga útil (letal o no letal) adecuada a la misión asignada y parte del sistema de comunicaciones. La plataforma aérea es de tamaño muy variables, de diferentes sistemas de sustentación (ala fija, rotatorias, batientes, más ligeros que el aire, etc) o de diferentes sistemas de propulsión (motores gasolina, motores diesel, turbohélices, turborreactores, motores eléctricos etc.). La plataforma incorpora además los sistemas de propulsión, posicionamiento, navegación, comunicaciones y los enlaces de datos, necesarios tanto para el control de vuelo, como para el control de la misión, y la descarga de la información capturada por los sensores.



**Figura 6: Diferentes tipos de UAVs del segmento aéreo de un UAS**

La carga útil está constituida por los medios y equipos embarcados requeridos para la misión, como son los sistemas de sensores EO/IR, designadores láser, equipos de guerra electrónica, sistemas radar, SAR, armamento lanzable etc.



**Figura 7: Cámara giroestabilizada y radar  $\mu$ SAR**

El segmento de tierra incluye el sistema de control de la aeronave y su carga de pago, equipos de comunicaciones, así como la estación que permite diseminar la información obtenida de los sensores a los diferentes usuarios (GCS, *Ground Control Station*), bien directamente o a través de las diferentes redes de Mando, Control, Comunicaciones y Ordenadores (C2, C4I, C4ISR).



**Figura 8: Estación de Control de Tierra (GCS) del UAV Predator**

Finalmente, la plataforma debe poder ser lanzada y recuperada con seguridad e integridad para volver a ser utilizada. El Sistema de Lanzamiento y Recuperación (*Launch and Recovery System-LRS*), a menudo considerado parte de la *Ground Control Station*, es el sistema utilizado para el control de la plataforma durante la rodadura (*taxiing*), el despegue, la parte inicial del vuelo y la aproximación y aterrizaje (o su lanzamiento y recuperación).



**Figura 9: Diferentes tipos de Sistemas LSR**

## 1.5. Clasificación de UAS

No existe un criterio único e internacionalmente aceptado sobre la clasificación o categorización de UAS. Dependiendo su misión principal suelen ser clasificados en 6 tipos:

- **Objetivo o señuelo:** Simula aviones o ataques enemigos en los sistemas de defensa de tierra o aire
- **Reconocimiento:** enviando información militar
- **Combate:** Capacidad de realizar ataques en misiones de alto riesgo
- **Logística:** Diseñados para portar cargas y logística
- **Investigación y desarrollo:** Prueban e investigan los sistemas en desarrollo

- **UAS comerciales y civiles:** UAS diseñado específicamente para aplicaciones civiles y comerciales

Para UAS de uso militar, el JCGUAV (Joint Capability Group on UAV) de la OTAN, consciente de que es preciso unificar el lenguaje para facilitar tanto los procesos de estandarización como el uso compartido o combinado de los UAS, ha propuesto una clasificación basada en el MTOW (peso máximo al despegue) y la altitud operativa de vuelo (ver más información en [1]) como se muestra en la Tabla 1.

Class	Category	Normal employment	Normal Operating Altitude	Normal Mission Radius	Primary Supported Commander	Example platform
<b>CLASS I</b> (less than 150 kg)	SMALL >20 kg	Tactical Unit (employs launch system)	Up to 5K ft AGL	50 km (LOS)	BN/Regt, BG	Luna, Hermes 90
	MINI 2-20 kg	Tactical Sub-unit (manual launch)	Up to 3K ft AGL	25 km (LOS)	Coy/Sqn	Scan Eagle, Skylark, Raven, DH3, Aladin, Strix
	MICRO <2 kg	Tactical PI, Sect, Individual (single operator)	Up to 200 ft AGL	5 km (LOS)	PI, Sect	BlackWidow
<b>CLASS II</b> (150 kg to 600 kg)	TACTICAL	Tactical Formation	Up to 10,000 ft AGL	200 km (LOS)	Bde Comd	Sperwer, Iview 250, Hermes 450, Aerostar, Ranger
<b>CLASS III</b> (more than 600 kg)	Strike/Combat	Strategic/National	Up to 65,000 ft	Unlimited (BLOS)	Theatre COM	
	HALE	Strategic/National	Up to 65,000 ft	Unlimited (BLOS)	Theatre COM	Global Hawk
	MALE	Operational/Theatre	Up to 45,000 ft MSL	Unlimited (BLOS)	JTF COM	Predator B, Predator A, Heron, Heron TP, Hermes 900

**Tabla 1: Clasificación de UAS según el JCGUAV**



### **3. Interoperabilidad y Estandarización de Sistemas de Múltiples UAVs**

Debido a la gran expansión de los UAS a lo largo de los últimos años y a las nuevas capacidades y tareas encomendadas, se ha creado la necesidad de regular o estandarizar multitud de aspectos necesarios para volar un UAV.

En esta Sección, se ofrece en primer lugar una visión sobre los estándares actuales dedicados a la interoperabilidad de diferentes tipos de UAS. Debido a la multitud de características y medios en los que se desarrollan los UAS, se han ido desarrollando diferentes estándares que buscan interoperabilidad entre UAS, siendo los más importantes el STANAG 4586 y JAUS.

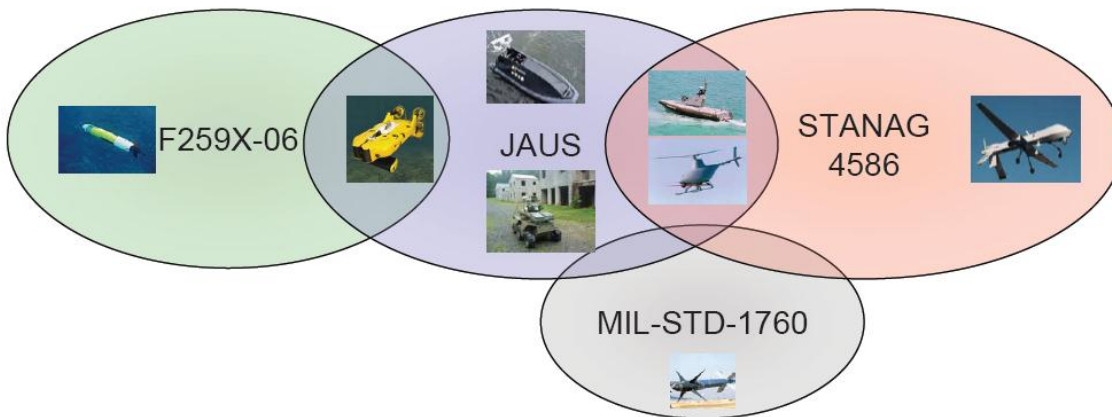
En segundo lugar, se muestra otro de los grandes problemas que se están encontrando en el aspecto de la Estandarización: la integración de los UAS en el Espacio Aéreo No Segregado. Actualmente las misiones realizadas por los UAS se engloban en entornos y actuaciones militares, y por tanto, en Espacios Aéreos Segregados. Sin embargo debido a la multitud de posibles aplicaciones civiles, es interesante la integración de los UAS en el Espacio Civil o No Segregado e incluso sean capaces de convivir con el resto de aviación civil tripulada. Existen ciertas necesidades como “Sense&Avoid”, comunicaciones con ATC, etc, que deben ser cumplidas para poder establecer una normalización de UAS en el Espacio Aéreo No Segregado.

#### **3.1. JAUS vs STANAG 4586 vs Otros estándares**

Existen multitud de estándares en el mundo de los UAVs principalmente dedicados a cada uno de los medios en donde se desenvuelven: tierra, mar y aire (ver Figura 10). Dentro de estos estándares cabe destacar:

- Joint Architecture for Unmanned Systems (JAUS)
- STANAG 4586
- ASTM F41 y sus 4 estándares de UUVs: 2541-06, 2594-07, 2595-07, y WK11283
- MIL-STD-1760
- Universal Armament Interface (UAI)





**Figura 10: Estándares de Interoperabilidad en Sistemas No Tripulados**

Entre los estándares anteriores, cabe destacar JAUS y STANAG 4586, los cuales son ampliamente utilizados por multitud de países y organizaciones, y describiremos a continuación de una manera más amplia. Sin embargo se puede ver en la Tabla 2, las características principales de cada uno de los cinco estándares citados anteriormente.

Evaluation Criteria	Primary Standards being evaluated				
	Joint Architecture for Unmanned Systems (JAUS)	STANAG 4586	ASTM F41 has 4 UMW Standards: 2541-06, 2594-07, 2595-07, and WK11283	MIL-STD-1760	Universal Armament Interface (UAI)
Supporting agencies	OSD AT&L (JGRE), Army, Navy, NIJ, NBSCAB, TSWG, Air Force	OSD AT&L (UAS), Army, Navy and Marine Corps (UAS)	Navy	USAF	USAF
Mandates and Requirements	FCS (UGV, UAV, UGS, UM), Navy mandate (UGV, USV, UUV), NBSCAB (EOD Non-DoD robots), OSD JGRE	Army, Navy and Marine Corps (UAS). Public Law 109-163 Jan. 6 2006 mandates use of STANAG 4586 for UAS	None	None official; however, for new weapons, it's the only interface on all the jets, and for new jets, it's the interface on most of the weapons	None
Target domains	UGV, USV, UUV, UAV, US, UM	UAS, USV	UUV, USV	"Smart" Strike Weapons.	"Smart" Strike Weapons.
Current domains	UGV, USV, UAV	UAS, USV	UUV, USV	"Smart" Strike Weapons.	"Smart" Strike Weapons.
Standard Owner	SAE AS-4	NATO, JCGUAV	ASTM F41	SAE AS-1	UAI Industry Team
Current document revision	Reference Architecture 3.3	Edition 2	Each of the 4 standards has its own revision (all in 1st or 2nd release)	D (though E is imminent)	R01
Classification	UNCLASSIFIED	NATO UNCLASSIFIED (NATO countries only)	UNCLASSIFIED	UNCLASSIFIED	UNCLASSIFIED / For Official Use Only (FOUO) - not releasable to foreign countries currently
Restrictions	Open	NATO controlled	Open	Distro A: public release	Currently USDoD/ Contractor only, expected release to NATO & Allied nations expected 'any day'
Adoption audience	Multi-industry (DOD, Domestic Response, Commercial, International)	UAS centric, multi-national, government and industry	Industry, Academia, Government	UAV-centric (Used by all US DoD and most NATO fighters, bombers, and smart weapons)	Low; emerging standard, in "pathfinder" phase
Security Implications	Security outside scope of standard	Security outside scope of standard	Security outside scope of standard	Security outside scope of standard	Security outside scope of standard
Primary "transport" medium	Messages independent of transport. UDP/IP most common transport.	Messages independent of transport. UDP/IP most common transport.	N/A: Except the ASTM Communications Standard F2594-07. This standard does cover multiple mediums (i.e. RF, Acoustic, and Light).	MIL-STD-1553, but messages were recently separated from the data bus, allowing the messages to be used by other standards. Msgs may be routed/forwarded via other media, max 512 bits/msg (32 wd x 16 bit)	Wpn-to-pltfm & wpr-to-cockpit msgs, defined at wpr's 1760 I/F. Msgs may be routed/forwarded via other media, max 512 bits/msg (32 wd x 16 bit)
Secondary "transport" medium	See above.	See above.	N/A	Fibre Channel	Fibre Channel
Transport Bandwidth Limitations	Acceptable to all domains, not ideal for underwater communications	Acceptable to all domains, not ideal for underwater communications	Acceptable to all domains, not ideal for underwater communications	Acceptable to all domains, not ideal for underwater communications	Acceptable to all domains, not ideal for underwater communications
Messages currently support basic teleoperation	Yes	Yes	N/A - these are not messaging standards	N/A	N/A
Messages currently support basic waypoint following	Yes for UGV, USV, UAV. UUV waypoints are currently being investigated. Some missing functionality.	Yes, for UAS, USV, and UGV	N/A - these are not messaging standards	N/A	N/A
Messages support basic payloads	Yes	Yes	N/A - these are not messaging standards	N/A	N/A
Messages support basic world modeling	Yes	No. No requirement for full raster images at this point.	N/A - these are not messaging standards	N/A	N/A
Messages support mission planning	Yes	Yes	N/A - these are not messaging standards	Yes	Yes
Messages support weapons	Adopting MIL-STD-1760	Defining messages to support 1760 and UAI. Will be implemented in Edition 4.0	N/A - these are not messaging standards	Yes	Yes
Messages support discovery and dynamic registration	Yes	Probably in Edition 4.0	N/A: Except the ASTM Communications Standard F2594-07 plans to specify this capability.	N/A; msgs designed for single-layer I/F architecture	1R/1T msgs will support if managed at platform layer, though msgs now designed for single-layer I/F architecture
Current architecture	Message Protocol with optional architectural components	Message Protocol	N/A - these are not messaging standards	Single-layer, weapon-to-platform/cockpit	Single-layer, weapon-to-platform/cockpit
Future architecture	Service-Oriented Architecture in development	Evaluating SOA for future 4586 edition 4.0	N/A - these are not messaging standards	Will support future architectures, if routing protocols are managed at platform layer.	Will support future architectures, if routing protocols are managed at platform layer.

Tabla 2: Características de los principales estándares de UAS

### 3.1.1. Arquitectura Unificada para Sistemas No Tripulados (JAUS)

JAUS fue establecido como un diseño de nivel superior para las interfaces en el ámbito de los Sistemas no Tripulados (no sólo vehículos de tierra). Un acontecimiento importante en 2004 fue la aceptación por parte de la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE) de JAUS a través de un comité técnico aeroespacial titulado AS-4. Su objetivo fue desarrollar normas para los Sistemas no Tripulados.

JAUS es una arquitectura específica para su uso en investigación, desarrollo, y adquisición principalmente de Sistemas no Tripulados (UMS). La aplicación de los requisitos de JAUS prevé una capacidad de interoperabilidad para el mando y el control de todas las plataformas de UMS.

El Grupo de Trabajo de JAUS (WG), incluidos Comerciales, Gobierno, fue establecido para desarrollar los requisitos JAUS y abordar todas las cuestiones relacionadas con JAUS. Se han establecido comités para abordar cuestiones específicas relacionadas con la ejecución y aplicación de JAUS. El grupo de trabajo de JAUS y de sus comités continúa desarrollando requisitos de JAUS, ampliando la capacidad de JAUS, y abordando las cuestiones de su cumplimiento.

Ciertas restricciones técnicas fueron impuestas a JAUS para garantizar que la arquitectura es aplicable a todo el dominio de los sistemas no tripulados. Dichas restricciones son:

- Independencia de Plataforma
- Aislamiento de Misión
- Independencia de Hardware
- Independencia Tecnológica

#### **Objetivos de la Arquitectura JAUS:**

La arquitectura apoya los siguientes objetivos:

- Soportar todas las clases de Sistemas no Tripulados
- Inserción rápida de la tecnología
- Unidad de control del operador interoperable
- Payloads intercambiables/interoperables
- Interoperabilidad de Sistemas no Tripulados.

### 3.1.2. Acuerdo de Estandarización de la OTAN 4586 (STANAG-4586)

El objetivo de este acuerdo es fomentar la interoperabilidad de los actuales y futuros sistemas de UAVs en un ambiente de servicio común/combinado de la OTAN. La interoperabilidad aumenta la flexibilidad y eficiencia para cumplir los objetivos de la misión a través del intercambio de recursos y la utilización común de la información generada por los sistemas de UAV. El objetivo es permitir la interoperabilidad entre los segmentos de tierra (por ejemplo, UCS), los segmentos de aire (por ejemplo, UAVs), y los segmentos Mando, Control, Comunicación, Computación e Inteligencia (C4I) de los sistemas de UAVs que operan en un ambiente común/combinado de la OTAN. El cumplimiento de este acuerdo solo permite, pero no logra la plena interoperabilidad entre los distintos sistemas de UAV. En concreto, este acuerdo no se ocupa de la plataforma ni define el CONOPS (Concepto de Operación) necesario para la aprobación de plena interoperabilidad.

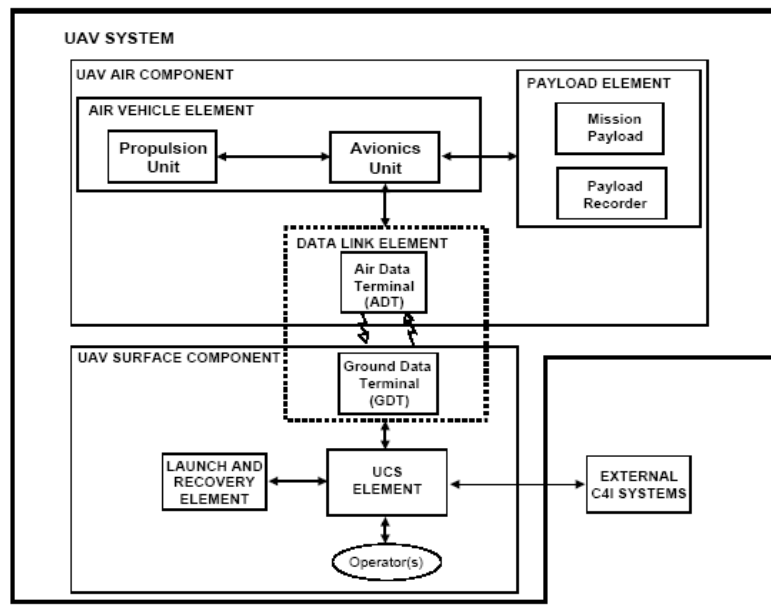


Figura 11: Sistemas de UAVs planteados por la OTAN

### 3.2. UAV en Espacio Aéreo No Segregado

La integración de los UAS operando por encima de los 3.000ft (tácticos de largo alcance, MALE y HALE) en el Espacio Aéreo No Segregado pasa por la resolución de tres grandes retos:

- El primero de ellos es el establecimiento de estándares para certificar la aeronavegabilidad de las plataformas y los equipos embarcados, la adecuación de los operadores y de los

procesos de mantenimiento. En este aspecto, la previsible ratificación de los STANAG 4761 (NATO UAV Systems Airworthiness Requirements) y STANAG 4670 (Recommended Guidance for the Training of Designated UAV Operator (DUO)), permitiría conseguir la plena certificación de estos sistemas.

- El segundo y más complejo, es el del cumplimiento de las actuales Reglas de Aire (Rules of Air) vigentes, con el mismo nivel de seguridad que las aeronaves tripuladas, lo que implica a su vez dar una solución tecnológica a la ausencia de la tripulación a bordo, en particular en dos aspectos fundamentales:
  - Capacidad de observación del entorno cercano mediante “Sense&Avoid” y la consiguiente toma de decisiones.
  - Comunicaciones por voz digital y datos seguras y fiables, tanto de C&C como con el ATC.
- Por último, se debe proporcionar un sistema de comunicaciones seguro y fiable. Este hecho puede ser realizado mediante el uso del estándar STANAG 4660 (Enlaces de datos de alta integridad de tasa baja (LDRDL)) junto con el STANAG 7085 (Enlaces de datos de alta integridad de tasa alta (HDRDL)).

En general, las soluciones obtenidas para la integración deben de ser soluciones comunes y asumidas por una gran diversidad de organizaciones, en el entorno de las operaciones aeronáuticas, hasta ser finalmente ratificadas por OACI, Eurocontrol o la FAA e implementadas paulatinamente, sin olvidar que el elevado coste asociado a todas estas actividades obliga al establecimiento de programas multinacionales, en algunos casos de alto riesgo y a establecer multitud de programas de investigación y desarrollo.

La fecha estimada en la que se prevé disponer de UAS completamente integrados, según los diferentes Roadmap elaborados por los Organismos que actúan como dinamizadores u observadores de estos procesos van cada año, ajustando y alejando ese hito, parecen estabilizarse en torno a los años 2015-2020.

## 4. Control de Misión de Sistemas de Múltiples UAVs

Un Sistema de Control puede ser definido como un sistema o subsistema que está constituido por un conjunto de componentes que regulan el comportamiento de un sistema (o de sí mismos) para lograr un objetivo. En nuestro caso al tratar el control de misión de UAS, el objetivo es controlar todas aquellas partes móviles del avión que al ser utilizadas cambiándolas de posición, provocarán un efecto aerodinámico que alterara el curso del vuelo y tendrán la seguridad de un control correcto de la aeronave.

Esta Sección, se identifica plenamente con el paquete WP3000 del Proyecto GEMA (ver Figura 2) elaborado por INDRA, en el cual participó activamente el autor de este PFM. A continuación, se mostrarán en los siguientes Apartados, los aspectos más importantes aportados por el autor, correspondientes al paquete WP3000.

### 4.1. Estado Actual

Actualmente se han desarrollado multitud de proyectos orientados a la creación y prueba de Sistemas de Control de Misión de UAS. En el paquete WP3100 del Proyecto GEMA, se establecen varios ejemplos actuales de dichos sistemas, pero en el presente PFM únicamente nos centraremos en la realización del Control de Misión, que se halla en los estándares de interoperabilidad de múltiples UAS: STANAG 4586 y JAUS.

El primero de ellos, junto con el STANAG 4660 para enlaces IC2DL, será descrito a continuación y en profundidad en los siguientes Apartados ya que fue considerado durante el Proyecto GEMA como el estándar más adecuado a las necesidades actuales de los UAS. De este modo, el estándar JAUS, únicamente será referenciado en este Apartado y posteriormente en las conclusiones, encomendando al lector del presente PFM la revisión de la referencia de bibliografía [2].

#### 4.1.1. Control de Misión en el Estándar STANAG 4586

La estructura funcional del Sistema de Control de UAV (UCS) establecida en el STANAG 4586 se muestra en la Figura 12. Dicha arquitectura establece los elementos funcionales e interfaces siguientes:

- Core UCS (CUCS).
- Interface de Data Link (DLI).
- Interface de Mando y Control (CCI).
- Módulo específico del Vehículo (VSM).
- Módulo de Interfaz Específica de Mando y Control (CCISM).

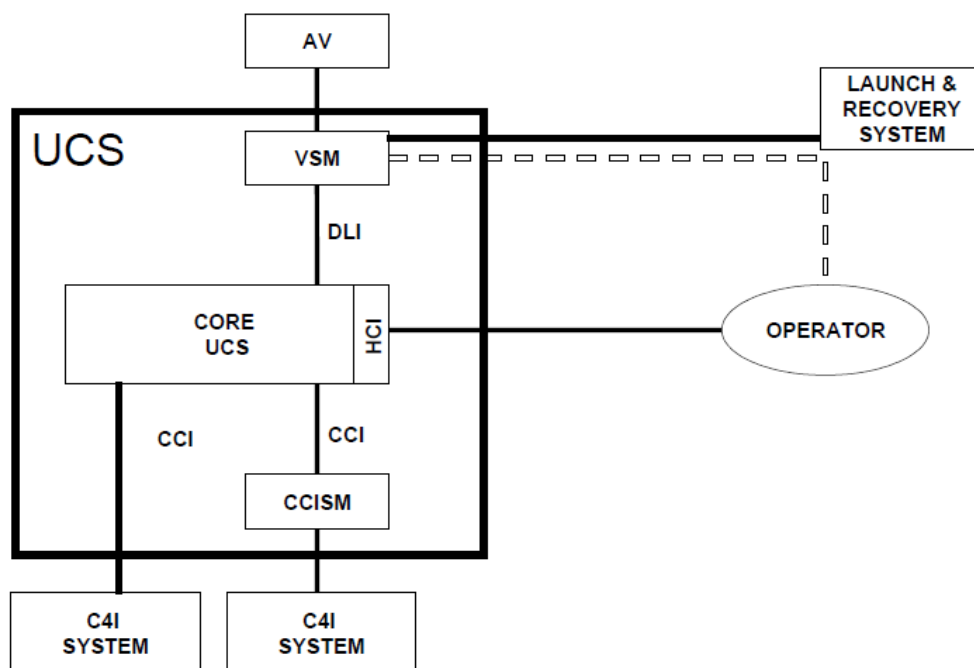


Figura 12: Arquitectura de Sistema para STANAG 4586

Este STANAG no es un intento de definir un diseño detallado o una aplicación para la CUCS sino que especifica la arquitectura funcional cabida en la integración del DLI y CCI, y recomienda que se siga la aplicación de los STANAGs de la OTAN y unas directrices para el software.

El Módulo Específico de Vehículo (VSM) proporciona protocolos de comunicación únicos, el *timing* de la interfaz, y los formatos de datos que las plataformas aéreas respectivas requieren. El VSM también proporcionar cualquier "traducción" necesaria de los protocolos de DLI y formatos de mensaje, a los requisitos únicos del vehículo. El VSM función puede ser alojado en el vehículo

de aire y/o en el suelo dependiendo de la configuración y características que se le quieran otorgar al sistema.

El CCISM proporciona una función similar a la del VSM, es decir, se encarga de la encapsulación de los datos del CCI y de cualquier traducción exigida para ser compatible/interoperable con los enlaces de comunicación físicos entre la UCS y los sistemas C4I. El CCISM puede ser alojado en la UCS, o en el nodo de conexión C4I.

El control de misión se llevará a cabo mediante mensajes en los interfaces DLI y CCI, tal y como se definen en los Apéndices del STANAG 4586 y en los posteriores Apartados de este proyecto.

#### **4.1.2. Control de Misión en el Estándar JAUS**

El Cumplimiento de JAUS (JAUS Compliance) se define como la comprobación de que el tráfico de mensajes entre los elementos del sistema (subsistemas, nodos y componentes) cumple con la especificación de RA (Arquitectura de Referencia).

##### **4.1.2.1. Nomenclatura de JAUS**

En el lenguaje de JAUS, se utilizan una serie de términos para delinear la posición en la jerarquía global del sistema y por lo tanto deben ser bien entendidos. Estos términos describen los diferentes niveles de la arquitectura.

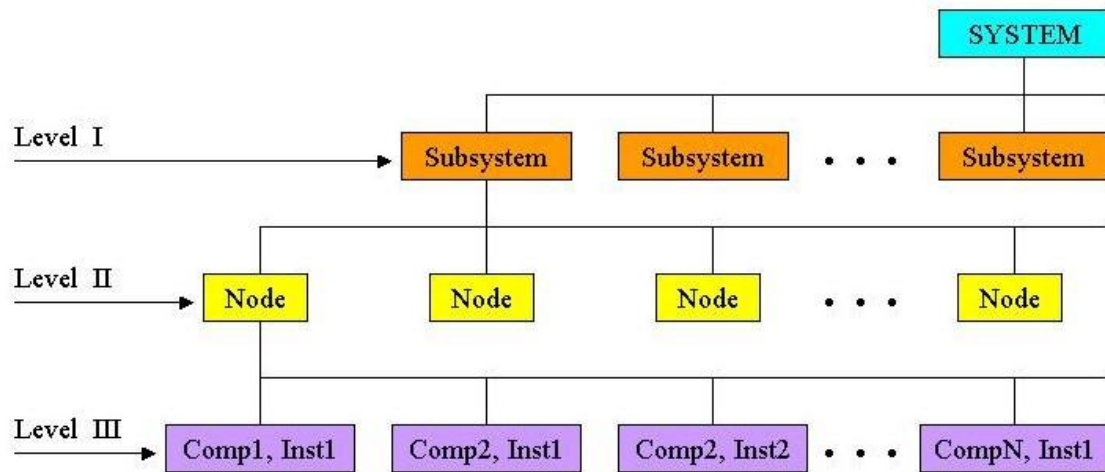
- **Sistema:** Un sistema es una agrupación lógica de subsistemas. La definición del sistema proporciona una agrupación funcional para la capacidad plenamente robótica o sin tripulación. Este grupo incluye a todos los subsistemas de interfaz humana y Subsistemas No Tripulados comunes con aplicaciones robóticas y no tripuladas.
- **Subsistema:** Un subsistema realiza una o más funciones de Sistema No Tripulado, como una entidad única localizada en el marco del Sistema. Un subsistema deberá proporcionar una o más comandos de comunicación y capacidades de control. Un subsistema móvil deberá ejecutar los comandos de la movilidad como una sola unidad y mantener un centro de gravedad definido relativo a todas las articulaciones y payloads.



- Nodo: Un nodo define una capacidad de procesamiento distinta dentro de un subsistema. Un nodo mantiene un conjunto de funciones coherentes y proporcionará un componente administrador de nodo para gestionar los flujos y controles de tráfico de mensajes JAUS.
- Componente: Un componente proporciona una capacidad funcional única para el Sistema No Tripulado. Los mensajes JAUS se definen con respecto a estas capacidades de manera que se proporciona el contexto en el mando y control. Un componente JAUS reside por completo dentro de un nodo JAUS.
- Instancia: La duplicación y redundancia de los componentes JAUS es proporcionada por Instancias de Componentes. Todos los componentes son únicamente especificados usando los identificadores de Subsistema, Nodo, Componente y de Instancia.
- Mensaje: Un mensaje de JAUS está compuesto de cabecera del mensaje y datos asociados a campos.

#### **4.1.2.2. Topología de JAUS**

El tráfico de mensajes sólo consistirá en mensajes JAUS especificados en la RA. Los mensajes JAUS admitidos son los mensajes que ha puesto en marcha un elemento de la RA. Por tanto, JAUS tiene una arquitectura basada en mensajes y que se presta bien a las pruebas de conformidad. Se definen tres niveles de cumplimiento entre los elementos. Los tres niveles de cumplimiento son: Nivel I - Inter-subsistema, Nivel II - Inter-nodal, y Nivel III – Inter-componente, como se muestra gráficamente en la Figura 13. La verificación se puede realizar de forma independiente en cualquiera de los tres niveles. El cumplimiento de un nivel no interfiere en el cumplimiento en otro nivel.



**Figura 13: Niveles de la topología de JAUS**

### CUMPLIMIENTO DE NIVEL I-INTER-SUBSISTEMA

Aborda las necesidades entre los subsistemas (es decir, Robot a Robot, Robot a Controlador o Controlador a Controlador). El propósito de Nivel I es de soportar la interoperabilidad de los subsistemas.

### CUMPLIMIENTO DE NIVEL II-INTER-NODAL

Aborda el cumplimiento de los requisitos entre los nodos (es decir, payload a payload, payload a controlador de a bordo.) El propósito de Nivel II es soportar la interoperabilidad de los nodos.

### CUMPLIMIENTO DE NIVEL III-INTER-COMPONENTE

Se ocupa del cumplimiento de los requisitos entre los componentes (es decir, componente a componente). El objetivo de nivel III es soportar la reutilización de código fuente software.

### CUMPLIMIENTO DE NORMAS

El cumplimiento de las normas se define como sigue:

- Todos los mensajes soportados se enumeran explícitamente para el cumplimiento de JAUS
- Todos los mensajes soportados de forma explícita indicarán la versión de la RA

- Todos los mensajes soportados siguen las convenciones de mensaje JAUS, definiciones, formatos y normas tal como se define en la RA
- Todos los mensajes de Informe soportados responderán a los mensajes de Consulta correspondientes
- Todos los mensajes de Notificación de Sucesos soportados deberán responder a los correspondientes mensajes de Event Setup.

Para más información, véase la referencia de bibliografía [2].

## 4.2. TT&C

El subsistema TT&C supervisa y controla todos los otros sistemas del UAV, transmite el estado de los sistemas al segmento de control sobre el terreno (GCS), recibe, y procesa las instrucciones del segmento de control. Los componentes de telemetría incluyen sensores para determinar el estado de los diversos componentes, transmisores y antenas para proporcionar los datos para el segmento de control e incluso los propios datos.

Este Apartado corresponde pues, con el paquete WP3200 del proyecto GEMA, donde el autor se focalizó en el uso de la pila de mensajes definidos en el STANAG 4586, junto con el uso de mensajes TT&C de redes de baja tasa de datos definidos en el STANAG 4660.

### 4.2.1. Mensajes TT&C STANAG 4586

El STANAG 4586 es considerado crucial para la reducción de complejidad en las operaciones de mando y control. Fue creado para tratar los interfaces estándar de los sistemas de control de los UAS, y en su segunda edición se conceptualizó la interoperabilidad entre uno o varios puestos de control, UAS y sus cargas, el mando y control, comunicación, y los nodos C4I.

Las cinco áreas de interoperabilidad definidas en el STANAG 4586 son las siguientes:

- **Nivel 1:** Recepción indirecta de datos relacionados con UAVs
- **Nivel 2:** Recepción directa de datos ISR y otros datos, donde “directa” se refiere a la recepción de los datos procedentes del UAV por el UCS cuando tiene comunicación directa con el UAV.
- **Nivel 3:** Control y seguimiento de la carga útil del UAV, además de la recepción directa de datos ISR y otros datos.
- **Nivel 4:** Control y seguimiento del UAV menos el lanzamiento y la recuperación.
- **Nivel 5:** Control y seguimiento del UAV (nivel 4), añadiendo el lanzamiento y la recuperación.

En los mensajes definidos por el STANAG 4586, independientemente del tipo de vehículo, hay ciertas piezas de información que se transmitirán regularmente desde el vehículo, al sistema de control, como la posición, el estado general del vehículo, el estado de operación, etc. Los sistemas

de control también tendrán una serie de comandos comunes y solicitudes del vehículo aéreo, tales como comandos de operación o los de carga útil (*payload*). En esta Subapartado, se definirá pues, el conjunto de estructuras de mensaje común para la comunicación a través del DLI.

Más adelante se muestran los mensajes definidos por el STANAG 4586, los cuales vienen identificados por distintas propiedades. La primera propiedad es la etiqueta *Push/Pull*. Los mensajes *Push* se comunican periódicamente o basándose en algún evento que no requiera una solicitud del resultado en el envío de un mensaje. Los mensajes *Pull* son mensajes que se comunican en respuesta a una solicitud.

La segunda propiedad *Source*, identifica la entidad de la que el mensaje se emite (CUCS o VSM). La tercera propiedad en la Tabla del Apéndice A es el LOI definido anteriormente. La cuarta propiedad es la máxima latencia admisible medida en ms (*Allowable Max Latency*), la cual define la demora de transporte máxima entre los interfaces HCI y DLI.

Todos los mensajes DLI comunes, se transmitirán a través de un puerto configurado para comunicaciones a través de multidifusión UDP (multicast). La multidifusión UDP permite que varios procesos (VSM y CUCSs) se comuniquen entre sí con una sola dirección IP y un número de puerto. Dado que UDP no ofrece garantía de entrega, los mensajes que requieran acuse de recibo deberán ser respondidos mediante el *Message Acknowledgement* (Mensaje #1400). Los mensajes designados como mensajes tipo *Push* pueden comunicarse sin la exigencia de acuse de recibo. Esto permite la transmisión de *streaming* de datos (como los datos del estado del vehículo periódicos) para los que la retransmisión no es necesaria ni deseada. Los mensajes designados como mensajes tipo *Pull* son las respuestas a las solicitudes y el mensaje es en sí mismo un acuse de recibo. La multidifusión UDP de estos mensajes tipo *Pull* permite que múltiples CUCSs estén sincronizados entre sí y con múltiples VSMs mediante la monitorización de transacciones solicitud/respuesta para vehículos y *payloads* que son controlados por otros CUCSs. Sin embargo, el acuse de recibo de una solicitud generado por un mensaje de tipo *pull* puede ser requerida si la respuesta se retrasa, y constituye un problema. En tales casos, los *Message Acknowledgement Configuration* (Mensaje #1401) se utilizarán para cumplir con los requisitos para los casos de dicho acuse de recibo.

A continuación se especifican los mensajes necesarios para el TT&C definidos por el STANAG 4586 (Ver Tabla 3). Se consideran como tales, los mensajes del 1 al 1500 (no se consideran los mensajes de IFF para comunicaciones con ATC, ya que se encuentran fuera del enfoque de este proyecto):

New Msg #	Old Msg #	Description	Push/Pull	Source	LOI			Allowable Max Latency (msec)
					2	3	4 or 5	
<b>SYSTEM ID MESSAGES (Section 4.1.1)</b>								
1	2	CUCS Authorisation Request	Push	CUCS	Y	Y	Y	2,000
2-19	-	Reserved		CUCS				
20	1	Vehicle ID	Push/Pull	VSM	Y	Y	Y	1,000
21	65	VSM Authorisation Response	Push/Pull	VSM	Y	Y	Y	2,000
22-39	-	Reserved		VSM				
<b>FLIGHT VEHICLE COMMAND AND STATUS MESSAGES (Section 4.1.2)</b>								
40	47	Vehicle Configuration Command	Push	CUCS	-	-	Y	2,000
41	62	Loiter Configuration	Push	CUCS	-	-	Y	2,000
42	10	Vehicle Operating Mode Command	Push	CUCS	-	-	Y	1,000
43	11	Vehicle Steering Command	Push	CUCS	-	-	Y	1,000
44	25	Air Vehicle Lights	Push	CUCS	-	-	Y	500
45	72	Engine Command	Push	CUCS	-	-	Y	500
46	16	Flight Termination Command	Push	CUCS	-	-	Y	500
47	-	Relative Route/Waypoint Absolute Reference Message	Push	CUCS	-	Y	Y	1,000
48	-	Mode Preference Command	Push	CUCS	-	-	Y	2000
49 – 99	-	Reserved		CUCS				
100	3	Vehicle Configuration	Pull	VSM	-	-	Y	10,000
101	5	Inertial States	Push	VSM	Y	Y	Y	1,000
102	6	Air and Ground Relative States	Push	VSM	-	-	Y	1,000
103	7	Body-Relative Sensed States	Push	VSM	-	-	Y	200
104	8	Vehicle Operating States	Push/Pull	VSM	-	-	Y	1,000
105	9	Engine Operating States	Push/Pull	VSM	-	-	Y	500
106	63	Vehicle Operating Mode Report	Push/Pull	VSM	-	-	Y	2,000
107	71	Vehicle Lights State	Push	VSM	-	-	Y	500
108	64	Flight Termination Mode Report	Push/Pull	VSM	-	-	Y	2,000
109	-	Mode Preference Report	Push	VSM	-	-	Y	2000

**Tabla 3: Mensajes STANAG 4586**

Los mensajes de estado de los subsistemas son utilizados para obtener la información del estado mediante las pantallas halladas en el CUCS. La información no es detallada, simplemente debe proporcionar al CUCS un resumen de los datos generales mediante la utilización de una consola con códigos de color (verde = nominal, rojo = precaución, negro = fallido o fuera de servicio). En los eventos de precaución, los mensajes de estado de la configuración específica pueden proporcionar información detallada del diagnóstico.

New Msg #	Old Msg #	Description	Push/Pull	Source	LOI			Allowable Max Latency (msec)
					2	3	4 or 5	
110	-	From-To-Next Waypoint States	Push	VSM	Y	Y	Y	2000
111 - 199	-	Reserved		VSM				
<b>PAYLOAD COMMAND AND STATUS MESSAGES (Section 4.1.3)</b>								
200	26	Payload Steering Command	Push	CUCS	-	Y	-	200
201	31	EO/IR/Laser Payload Command	Push	CUCS	-	Y	-	1,000
202	32	SAR Payload Command	Push	CUCS	-	Y	-	1,000
203	28	Stores Management System Command	Push	CUCS	-	Y	-	1,000
204	33	Communications Relay Command	Push	CUCS	-	Y	-	1,000
205	30	Payload Data Recorder Control Command	Push	CUCS	-	Y	-	1,000
206	49	Payload Bay Command	Push	CUCS	-	Y	-	2,000
207		Terrain Data Update	Push	CUCS	Y	Y	-	2,000
208-299	-	Reserved		CUCS				
300	4	Payload Configuration	Push/Pull	VSM	Y	Y	-	1,000
301	23	EO/IR - Configuration State	Pull	VSM	Y	Y	-	200
302	50	EO/IR/Laser Operating State	Push/Pull	VSM	Y	Y	-	2,000
303	24	SAR Operating State	Pull	VSM	Y	Y	-	2,000
304	27	Stores Management System Status	Pull	VSM	Y	Y	-	1,000
305	34	Communications Relay Status	Pull	VSM	Y	Y	-	1,000
306	29	Payload Data Recorder Status	Pull	VSM	Y	Y	-	1,000
307	48	Vehicle Payload/Recorder Configuration	Pull	VSM	-	Y	-	2,000
308	54	Payload Bay Status	Pull	VSM	-	Y	-	2,000
309-399	-	Reserved		VSM				
<b>DATA LINK MESSAGES (Section 4.1.4)</b>								
<b>DATA LINK COMMAND AND STATUS MESSAGES (Section 4.1.4.1)</b>								
400	38	Data Link Set Up Message	Push	CUCS	Y	Y	Y	1,000
401	66	Data Link Control Command	Push	CUCS	Y	Y	Y	2,000
402	68	Pedestal Configuration Message	Push	CUCS	Y	Y	Y	2,000
403	70	Pedestal Control Command	Push	CUCS	Y	Y	Y	2,000
404	-	Data Link Assignment Request	Push	CUCS	Y	Y	Y	2,000
405-499	-	Reserved		CUCS				
500	17	Data Link Configuration/Assignment Message	Pull	VSM	Y	Y	Y	1,000
501	39	Data Link Status Report	Pull	VSM	Y	Y	Y	1,000
502	67	Data Link Control Command Status	Push	VSM	Y	Y	Y	2,000
503	69	Pedestal Status Report	Push	VSM	Y	Y	Y	2,000
504-599	-	Reserved		VSM				
<b>DATA LINK TRANSITION MESSAGES (Section 4.1.4.2)</b>								

New Msg #	Old Msg #	Description	Push/Pull	Source	LOI			Allowable Max Latency (msec)
					2	3	4 or 5	
600	12	Vehicle Data Link Transition Coordination	Push	CUCS	-	Y	Y	1,000
601-699	-	Reserved		CUCS				
700	14	Handover Status Report	Pull	VSM	-	Y	Y	1,000
701-799	-	Reserved		VSM				
<b>MISSION MESSAGES (Section 4.1.5)</b>								
800	15	Mission Upload Command	Push	CUCS	-	-	Y	1,000
801	41	AV Route	Push/Pull	CUCS/VSM	-	-	Y	2,000
802	56	AV Position Waypoint	Push/Pull	CUCS/VSM	-	-	Y	2,000
803	58	AV Loiter Waypoint	Push/Pull	CUCS/VSM	-	-	Y	2,000
804	59	Payload Action Waypoint	Push/Pull	CUCS/VSM	-	Y	Y	2,000
805	60	Airframe Action Waypoint	Push/Pull	CUCS/VSM	-	-	Y	2,000
806	61	Vehicle Specific Waypoint	Push/Pull	CUCS/VSM	-	-	Y	2,000
807-899	-	Reserved		CUCS				
900	53	Mission Upload/Download Status	Push	VSM	-	Y	Y	2,000
901-999	-	Reserved		VSM				
<b>SUBSYSTEM STATUS MESSAGES (Section 4.1.6)</b>								
1000	21	Subsystem Status Request	Push	CUCS	Y	Y	Y	1,000
1001	22	Subsystem Status Detail Request	Push	CUCS	Y	Y	Y	1,000
1002-1099	-	Reserved		CUCS				
1100	19	Subsystem Status Alert	Push	VSM	Y	Y	Y	1,000
1101	20	Subsystem Status Report	Pull/Push	VSM	Y	Y	Y	1,000
1102-1199	-	Reserved		VSM				
<b>GENERAL CONFIGURATION MESSAGES (Section 4.1.7)</b>								
1200	43	Field Configuration Request	Push	CUCS	Y	Y	Y	2,000
1201	55	Display Unit Request	Push	CUCS	Y	Y	Y	2,000
1202	42	CUCS Resource Report	Push	CUCS	Y	Y	Y	2,000
1203	13	Configuration Complete	Push	VSM	Y	Y	Y	2,000
1204-1299	-	Reserved		CUCS				
1300	44	Field Configuration Integer Response	Pull	VSM	Y	Y	Y	2,000
1301	45	Field Configuration Double Response	Pull	VSM	Y	Y	Y	2,000
1302	52	Field Configuration Enumerated Response	Pull	VSM	Y	Y	Y	2,000
1303	46	Field Configuration Command	Push	VSM	Y	Y	Y	2,000
1304	-	VSM Services Report Message	Pull	VSM	Y	Y	Y	2,000
1305-1399	-	Reserved		VSM				
<b>MISCELLANEOUS MESSAGE TYPES (Section 4.1.8)</b>								



New Msg #	Old Msg #	Description	Push/Pull	Source	LOI			Allowable Max Latency (msec)
					2	3	4 or 5	
1400	40	Message Acknowledgement	Pull	CUCS/VSM	Y	Y	Y	1,000
1401	51	Message Acknowledge Configuration	Push	CUCS/VSM	Y	Y	Y	2,000
1402	57	Schedule Message Update Command	Push	CUCS/VSM	Y	Y	Y	2,000
1403	18	Generic Information Request	Push	CUCS/VSM	Y	Y	Y	1,000
1404-1499	-	Reserved						
<b>IFF COMMAND AND STATUS MESSAGE TYPES (Section 4.1.9)</b>								
1500	35	IFF Code Command	Push	CUCS	-	-	Y	1,000
1501	36	IFF Ident (Squawk) Command	Push	CUCS	-	-	Y	1,000
1502-1599	-	Reserved		CUCS				
1600	37	IFF Status Report	Push/Pull	VSM	-	-	Y	1,000
1601-1699	-	Reserved		VSM				
<b>PRIVATE MESSAGES (Section 4.2)</b>								
2000-2399		VSM-Specific Private Message	Push/Pull	VSM-Specific	(1)	(1)	(1)	1,000

**Tabla 4 (cont): Mensajes STANAG 4586**

Para una mayor información acerca del contenido de cada uno de los mensajes expuestos anteriormente, así como los campos, rangos, unidades, etc., véase el STANAG 4586 en la cita de Bibliografía [3].

#### **4.2.2. Mensajes TT&C de IC2DL - STANAG 4660**

El objetivo del STANAG 4660 es la especificación de características, parámetros e interfaces para los enlaces de baja tasa de datos. Se considera baja tasa hasta 1Mb/s. Para los enlaces de alta tasa de datos, se considera el STANAG 7085.

El STANAG 4660 ha sido desarrollado definiendo todo el sistema mediante ISO/IEC 7498 con el modelo de OSI. Se establece la integridad de los C&C y el DLI comprendiendo un canal de transmisión de telemetría y un enlace ascendente de comandos de control de la plataforma, la trayectoria, los equipos de misión y la comunicación de voz ATC. Todavía no se ha definido si se necesita un ancho de banda en el enlace de datos para la transmisión de los datos del sensor. Para una mayor información acerca del STANAG 4660, véase el Apartado 4.3.

#### 4.2.2.1. Tipos de Datos en el STANAG 4660

Los tipos de datos que pueden transmitir mediante el STANAG 4660 son los siguientes:

- CCS (*Command, Control and Status*), usado por el sensor de control durante la misión. Protocolo: UDP. Nivel aplicación.
- CCS usado por el vehículo de control en el aire durante la misión y en la navegación de las fases del vuelo. Protocolo: UDP. Nivel de aplicación.
- CCS usado por el vehículo de aire de control durante las fases de despegue y aterrizaje. Protocolo: UDP. Nivel de aplicación.
- Comunicación de voz digital entre la estación tierra (GCS, *Ground Control Station*) y el vehículo de control de aire. Formato: voz digital.
- Datos de los sensores. Protocolo: UDP. Nivel de aplicación.
- CCS mediante el DLI. Protocolo: UDP. Tipo: CSI (*Control & Status*)

Por lo tanto, nos encontramos con un sistema que posee dos tipos de enlace de datos:

- *UDP*. Para la conexión de enlace ascendente, la aplicación CUCS/DL-VSM transmite datos CCS (incluidos mensajes STANAG 4586) y/o datos de sensores a través de UDP/IP, por ejemplo Ethernet, a la terminal de datos terrena IC2DL (GDT) que recibe a través de su interfaz Ethernet.

Para la conexión de enlace descendente, el subsistema de aviónica envía datos a la ADT que tiene una aplicación que formatea los datos recibidos y los transmite por el aire en un *timeslot* pre-asignados. El GDT recupera datos del *timeslot* pre-asignado adecuado y la aplicación GDT reordena los datos basados en la tabla de asociación (incluidos los de propiedad intelectual necesarios basados en la información) en formato UDP/IP/Ethernet para la entrega a la UCS.

El flujo de mando, control y mensajes de estado a través de las capas definidas en OSI se muestra en la Figura 14.

- *ATC para la voz digital*. El *streaming* digital se transmite y recibe en *timeslots* pre-asignados, tanto en el GDT como ADT (*Air Data Terminal*). Para optimizar la utilización del ancho de banda del canal, la voz puede ser mezclada con otros datos en los *timeslots* pre-asignados. El flujo de voz digital ATC (*Air Traffic Control*) se muestra en la Figura 15.

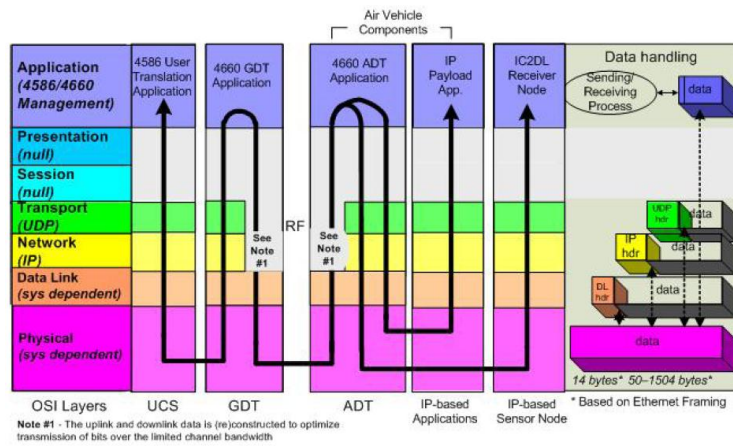


Figura 14. Flujo de mando y control para UDP.

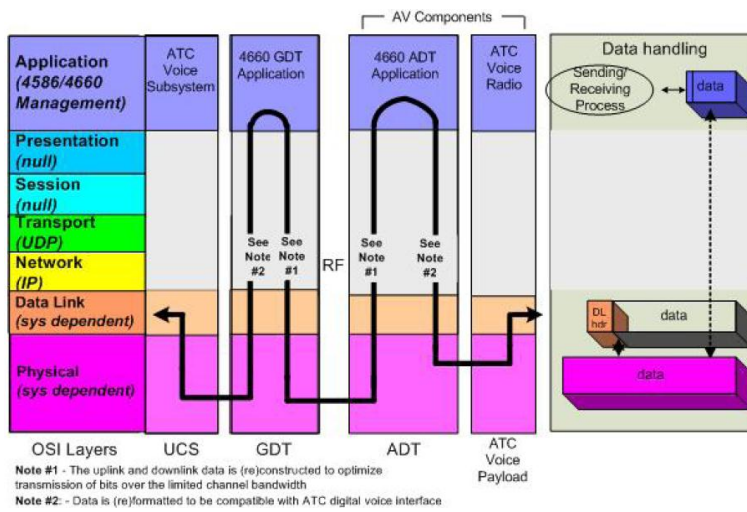
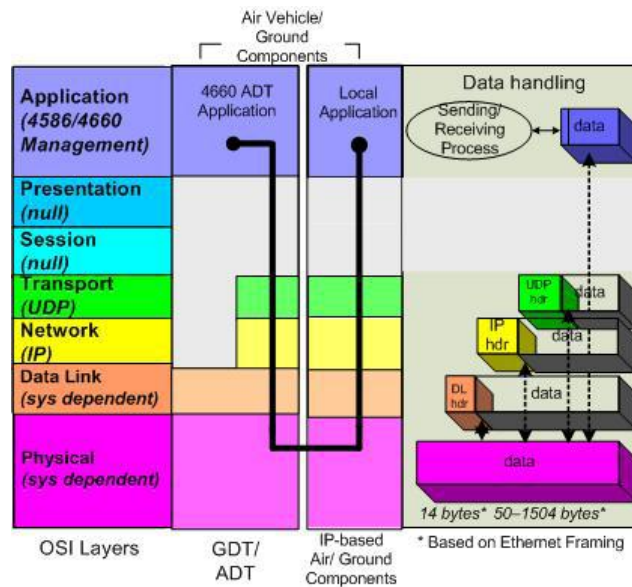


Figura 15. Flujo de mando y control ATC.



**Figura 16. Terminal local de control y estado de flujo de datos.**

Además, para garantizar fiabilidad al sistema se aportan mensajes de control y estado. Para ello, se dispone de una interfaz CSI basada en IP. Estos mensajes de estado se envían a través de la interfaz aire hacia el UCS a través del enlace de datos. El flujo de control y datos de estado se muestra en la Figura 16.

#### 4.2.2.2. Mensajes TT&C de IC2DL

En la tabla siguiente, se presentan los mensajes de control y estado para el enlace de datos utilizando el sistema planteado por el STANAG 4586.

DATA LINK COMMAND AND STATUS MESSAGES								
400	38	Data Link Set Up Message	Push	CUCS	Y	Y	Y	1,000
401	66	Data Link Control Command	Push	CUCS	Y	Y	Y	2,000
402	68	Pedestal Configuration Message	Push	CUCS	Y	Y	Y	2,000
403	70	Pedestal Control Command	Push	CUCS	Y	Y	Y	2,000
404	-	Data Link Assignment Request	Push	CUCS	Y	Y	Y	2,000
405	-	IC2DL Frequency Configuration	Push	CUCS/VSM	Y	Y	Y	2,000
406	-	IC2DL General Configuration Command	Push	CUCS/VSM	Y	Y	Y	2,000
407	-	IC2DL Circuit Allocation	Push	CUCS/VSM	Y	Y	Y	2,000
408	-	IC2DL Circuit to Timeslot	Push	CUCS/VSM	Y	Y	Y	2,000
409	-	IC2DL TDMA Port Configuration	Push	CUCS/VSM	Y	Y	Y	2,000
410	-	IC2DL IP MAC Configuration	Push	CUCS/VSM	Y	Y	Y	2,000
411	-	IC2DL Command	Push	CUCS/VSM	Y	Y	Y	2,000
412	-	IC2DL Logical Port Priority	Push	CUCS/VSM	Y	Y	Y	2,000
413	-	IC2DL Join Command	Push	CUCS/VSM	Y	Y	Y	2,000
414	-	IC2DL Spreading Configuration	Push	CUCS/VSM	Y	Y	Y	2,000
415	-	IC2DL Profile Command	Push	CUCS/VSM	Y	Y	Y	2,000
416-499	-	Reserved		CUCS				
500	17	Data Link Configuration/Assignment Message	Pull	VSM	Y	Y	Y	1,000
501	39	Data Link Status Report	Pull	VSM	Y	Y	Y	1,000
502	67	Data Link Control Command Status	Push	VSM	Y	Y	Y	2,000
503	69	Pedestal Status Report	Push	VSM	Y	Y	Y	2,000
504	-	Reserved	-	-	-	-	-	-
505	-	IC2DL Frequency Configuration Report	Push/Pull	IC2DL	Y	Y	Y	2,000
506	-	IC2DL General Configuration Report	Push/Pull	IC2DL	Y	Y	Y	2,000
507	-	IC2DL Circuit Allocation Report	Push/Pull	IC2DL	Y	Y	Y	2,000
508	-	IC2DL Circuit to Timeslot Report	Push/Pull	IC2DL	Y	Y	Y	2,000
509	-	IC2DL TDMA Port Configuration Report	Push/Pull	IC2DL	Y	Y	Y	2,000
510	-	IC2DL IP MAC Configuration Report	Push/Pull	IC2DL	Y	Y	Y	2,000
511	-	IC2DL Report	Push/Pull	IC2DL	Y	Y	Y	2,000
512	-	IC2DL Logical Port Priority Report	Push/Pull	IC2DL	Y	Y	Y	2,000
513	-	IC2DL Join Report	Push/Pull	IC2DL	Y	Y	Y	2,000
514	-	IC2DL Node Range	Pull	IC2DL	Y	Y	Y	2,000
515	-	IC2DL Profile Report	Push/Pull	IC2DL	Y	Y	Y	2,000
516	-	IC2DL Circuit Buffer Send Status	Push/Pull	IC2DL	Y	Y	Y	2,000
517	-	IC2DL Circuit Buffer Receive Status	Push/Pull	IC2DL	Y	Y	Y	2,000
518-599	-	Reserved		VSM				

**Tabla 5: Tabla de mensajes de estado y comandos de enlace de datos**

Para una mayor información acerca del contenido de cada uno de los mensajes expuestos anteriormente, así como los campos, rangos, unidades, etc., véase el STANAG 4660 en la cita de bibliografía [4].

### 4.3. Comunicaciones y Redes

Las comunicaciones establecidas entre los UAVs y el CUCS se basan en dos enlaces de datos, de los cuales posteriormente se derivarán diferentes redes:

- Enlace de datos de alta integridad de tasa baja (LDRDL), cuyos objetivos son soportados por el STANAG 4660 mediante el IC2DL. La función del IC2DL es proveer de:
  - Uplink de comando y control para múltiples UAVs
  - Downlink de datos de sensores de banda estrecha limitada, como pueden ser EO/IR, ESM y EW.
  - Comunicaciones por voz digital para propósitos de ATM
  - Capacidad de red para soportar comunicaciones con hasta 5 nodos
  
- Enlace de datos de alta integridad de tasa alta (HDRDL), el cual presta servicios de vídeo de corto alcance y difusión de telemetría siendo capaz de transmitir voz digital al Control de Tráfico Aéreo (ATC). Los requerimientos del Enlace de Datos de Alta Tasa de Datos de UAV son soportados por el enlace ISR especificado en el STANAG 7085, el cual es el estándar recomendado para el enlace de datos de banda ancha de UAVs.

#### 4.3.1. Redes para Enlaces de Tipo HDRDL

En el STANAG 7085, se establecen normas de interoperabilidad para 3 clases de downlink de Sistemas de Imágenes Primarios: Enlaces Analógicos, Enlaces Digitales Punto a Punto, y Enlaces Digital Broadcast.

Los enlaces de datos establecidos en el STANAG 7085 pueden manejar cualquier tipo de datos (por ejemplo STANAG 7023, 4545, o GMTI), y puede funcionar en diferentes configuraciones, incluyendo dos modos de comunicación (half o full duplex).

Por motivos de seguridad y de confidencialidad, el STANAG 7085 no será comentado en este proyecto y por tanto las redes para enlaces de tipo HDRDL, no serán tratadas en profundidad, al contrario que las redes para enlaces de tipo LDRDL.

### 4.3.2. Redes para Enlaces de Tipo LDRDL

IC2DL ha sido desarrollado como una pequeña red de comunicaciones que conecta a los diferentes nodos del sistema. La red de IC2DL proporciona comunicaciones cercanas a tiempo real, de datos entre nodos terminales de usuario, por ejemplo, UAVs, GCS, TAC Party, y RVTs, en la misma red.

En estas redes, hay dos tipos de nodos: activos y pasivos. Los nodos activos transmiten y reciben datos, mientras que los pasivos sólo reciben los datos sin conocimiento. IC2DL puede tener la capacidad para soportar 5 nodos activos, incorporando el sistema de TDMA. De esta manera, TDMA con las frecuencias del sistema y las restricciones de rango de operación, es lo que limita el número de nodos activos.

El sistema IC2DL realiza las funciones de gestión de red, priorización de procesamiento de datos, asignación de nodos, los *timeslots* para TDMA y los datos de mapeo. En el enfoque de TDMA en IC2DL, existen 3 tipos diferentes de nodos activos: *Master*, *Relay*, y Esclavo.

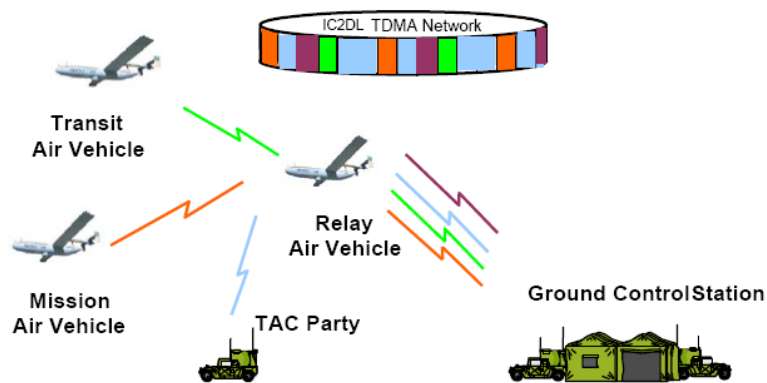


Figura 17: Ejemplo de Red IC2DL

**Nodo *Master*.** Es el responsable de transmitir TSMs (*Time Synchronisation Messages*) periódicamente para la sincronización. Sólo debe haber un único nodo *Master* activo en cualquier momento dado.

**Nodo *Relay*.** Se define como un nodo utilizado para transmitir mensajes a través de la red. Al igual que el nodo *Master*, también transmite TSMs periódicamente. La diferencia está en que un nodo *Relay* se sincroniza con el nodo *Master*.

**Nodo Esclavo.** No son nodos *Masters* o *Relays* pero usan dichos nodos para sincronizarse y unirse a la red.

**Nodo Pasivo.** No son nodos *Masters*, *Relays* o esclavos, y usan el nodo *Master* y/o nodo *Relay* para sincronizarse, pero no se unen a la red.

#### 4.3.2.1. Interacciones entre Nodos

Cada nodo de la red se configura mediante una serie de *timeslots* de transmisión y recepción, junto con los parámetros necesarios de configuración de la capa física, a fin de permitir la sincronización ya sea con el nodo *Master* o el nodo de *Relay*. Dicha sincronización es necesaria para soportar la transmisión en un nodo que no puede recibir del nodo *Master*, pero puede recibir desde el nodo de *Relay*.

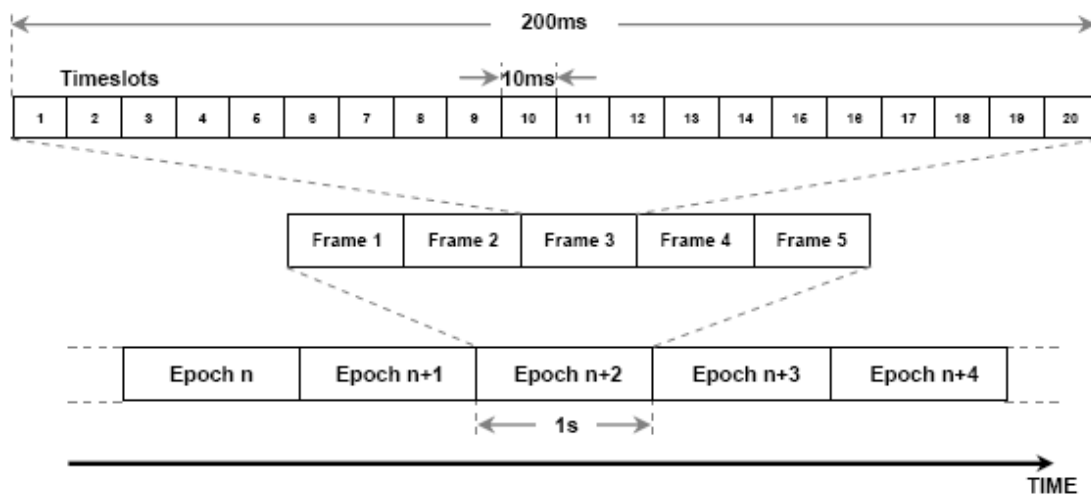
Una vez sincronizado un nodo, a excepción de los nodos Pasivos, se considera que dicho nodo pertenece a la red y puede tener la capacidad de solicitar y obtener *timeslots* de la red a través de los mecanismos de asignación de *timeslots*.

Los intervalos de tiempo dentro de la estructura TDMA ofrecen oportunidades de comunicación de comando, control y estado, comando y control de sensores, datos del sensor, y voz digital entre los nodos de la red, ya sea directamente o por medio de un relé UAV. Los *timeslots* se asignarán a los nodos de red en función de los parámetros de configuración programados en los nodos de IC2DL. La Figura 17 ilustra un ejemplo de configuración de red TDMA que presenta un enlace de transferencia de imágenes de GCS a TAC *Party* a través de un UAV Relay.

#### 4.3.2.2. TDMA. Timeslots

Cada intervalo de tiempo en el protocolo de TDMA IC2DL tiene un periodo de 10 ms. Un grupo de 20 ranuras de tiempo contiguas se denomina “marco”, el cual tiene un periodo de 200 ms. Un grupo de 5 marcos contiguos se denomina “época”, la cual tiene un periodo de 1 s. La Figura 18 ilustra estas definiciones temporales.





**Figura 18. Definición de Elementos Temporales en IC2DL**

#### 4.3.2.2.1. Programación de *Timeslot*

El nodo de IC2DL permite la programación de *timeslot* a través de la interfaz de comando y estado (CSI). Estos mensajes se definen en el STANAG 4586.

Cada nodo IC2DL se sincroniza con el nodo *Master* o el nodo *Relay* IC2DL designado a través del proceso de sincronización de la red.

#### 4.3.2.2.2. Asignación de Timeslot

La red IC2DL utiliza mensajes del STANAG 4586 para la asignación de *timeslots*. Los mensajes utilizados son el Mensaje #407 y #408.

#### 4.3.2.2.3. Asignación de Almacenamiento de Timeslot

El nodo IC2DL debe aceptar y almacenar al menos 3 perfiles de actividad de *timeslots* independientes en memoria interna no volátil con el almacenamiento de asignaciones de actividades de *timeslots* y un canal de entrada o de salida de datos asociados. Cada perfil deberá incluir:

- La asignación de *timeslots* para cada uno de los 100 *timeslots* definidos como una época.

- La asignación de circuito entre los nodos activos.
- El tipo de datos y la asignación de puertos lógicos al circuito.

#### 4.3.2.2.4. Transmisión de Timeslots

Un nodo de IC2DL es capaz de transmitir en cada oportunidad de transmisión de *timeslot* asignada. El número máximo de *timeslots* para transmitir es 95 (derivado de 100 *timeslots* por época – 4 *timeslots* usados para TSM - 1 *timeslot* de Unión de Red). Los TSMs se transmiten en el primer *timeslot* del primero de los cuatro marcos de una época, y en orden ascendente. El *timeslot* de Unión a Red será el primer *timeslot* del quinto marco de una época.

#### 4.3.2.2.5. Recepción de Timeslots

En la recepción surge lo mismo que en la transmisión, el nodo IC2DL es capaz de recibir en cada *timeslot* asignado, siendo 95 el número máximo de *timeslots* recibidos. Los TSMs son recibidos en el primer *timeslot* de los cuatro primeros marcos de una época.

Los TSMs son recibidos en orden ascendente y el *timeslot* de Unión a Red es el primer *timeslot* del quinto marco de la época.

#### 4.3.2.2.6. Timeslots sin asignar

El nodo IC2DL ignora los datos de aplicación en *timeslots* no asignados.

#### 4.3.2.2.7. Timeslots de Transmisión de Relay

Al nodo *Relay* de IC2DL debe ser capaz de ser asignar un *timeslot* “transmitir *Relay*” en cada oportunidad de asignación de *timeslots* y retransmitir los “Mensaje-a-*Relay*” recibidos durante los *timeslots* “transmitir *Relay*”. El tiempo de separación entre el final del *timeslot* recibido cuando el “Mensaje-a-*Relay*” ha sido recibido y el inicio del *timeslot* “transmitir *Relay*” cuando este

“Mensaje-a-Relay” es retransmitido, es denominado como el *Relay-offset*. Este será un ajuste configurable (número entero de *timeslot*) y su valor mínimo será de dos *timeslots*.

#### 4.3.2.2.8. Timeslots de Sincronización de Red

El nodo IC2DL debe poder transmitir o recibir información de sincronización de la Red en *timeslots* dedicados para la sincronización de la red. Estos *timeslots* son utilizados por el nodo *Master* y los nodos *Relay* para transmitir el TSM.

#### 4.3.2.2.9. Timeslots de Unión a la Red

Los nodos utilizan *timeslots* de “Unión a Red” para enviar un mensaje TSR (*Time Synchronisation Request*) al nodo *Master* o al *Relay*. Los nodos utilizarán este mensaje TSR para:

- Unirse a una red y solicitar asignaciones de *timeslots*
- Solicitar asignación adicional de *timeslots*
- Salir de la red
- Renunciar a *timeslots*

El nodo *Master* o *Relay* utiliza el *timeslot* de “Unión a Red” para enviar mensajes TSAs (*Time Synchronisation Acknowledgement*) para responder a los TSRs anteriores. Los mensajes TSR y TSA se definirán más tarde en el Subapartado 4.3.2.7.

Los *timeslots* de “Unión a Red” soporta la transmisión de comando de Unión a Red del STANAG 4586. Este comando es enviado a través del aire para solicitar *timeslots* para un nodo particular a partir del nodo *Master*. Existe un *timeslot* de “Unión a Red” por época que se reparte entre todos los nodos de la red.

Dicho *timeslot* sólo se produce una vez durante cada época, por lo que si éste es utilizado por dos o más nodos al mismo tiempo da lugar a colisiones, tales que el mensaje no puede ser decodificado por el receptor, de modo que se da un temporizador de retransmisión relacionado con el mensaje TSR. Cuando el temporizador de TSR llega a 0, el nodo lleva a cabo un *backoff* aleatorio (hasta X segundos) para evitar colisiones constantes por unir los nodos. El tiempo de *backoff* determina

cuántos segundos hay que esperar desde el momento inicial a retransmitir el TSR.  $T_{inicial}$  es la marca de tiempo para transmitir TSR.

$$T_{Backoff} = T_{inicial} + RAND(x)$$

Además, dependiendo de la tasa de datos configurada en la capa física, los *timeslots* de la capa de enlace varían con el tamaño del *payload* que puede ser transportado.

#### 4.3.2.3. Circuitos

Un circuito define la ruta del mensaje desde el origen al nodo de destino. Si es necesario, los circuitos se pueden pasar a través de un nodo *Relay*. Por lo tanto, cada definición de circuito incluye como mínimo: el número del NID (*Node Identification*) de origen, hasta 4 NIDs sumideros (*sink*), un NID de retransmisión opcional y el *offset* de retransmisión asociado. El *offset* de retransmisión define el número de *timeslots* entre el *timeslot* del mensaje recibido y el *timeslot* de retransmisión al nodo de destino.

Las redes IC2DL pueden soportar hasta 16 circuitos diferentes definidos por el usuario, que se definen en un mensaje *Circuit Allocation*. La función de dicho mensaje, es asignar el circuito definido por el usuario al NID origen y al destino. Los circuitos son mapeados a los *timeslots* por el usuario a través del circuito de *Timeslot Allocation Message*. Este mensaje define una distribución de circuito para toda una época (100 *timeslots*). Son necesarios varios mensajes para establecer circuitos múltiples para un nodo. El contenido de este mensaje es conocido por todos los nodos de la red. La combinación de este mensaje y el número de *timeslot* actual permite a cada nodo local determinar su actividad en cada *timeslot* (Transmitir, Recibir, o Inactivo). El contenido del mensaje *Circuit to Timeslot Allocation* se repite continuamente por los TSMs.

Como ejemplo, la Figura 19 muestra el contenido del mensaje *Circuit to Timeslot Allocation*. Se muestra un escenario típico de UAVs con un UCS (GCS) (designado como el *Master*) y tres UAVs. Los UAVs 1 y 2 están dentro del alcance LOS del GCS. El UAV 3 está fuera del alcance de la UCS, pero se comunica en la red a través del UAV 2 que actúa como nodo *Relay*. Todos los nodos de la red son identificados por su número NID único.

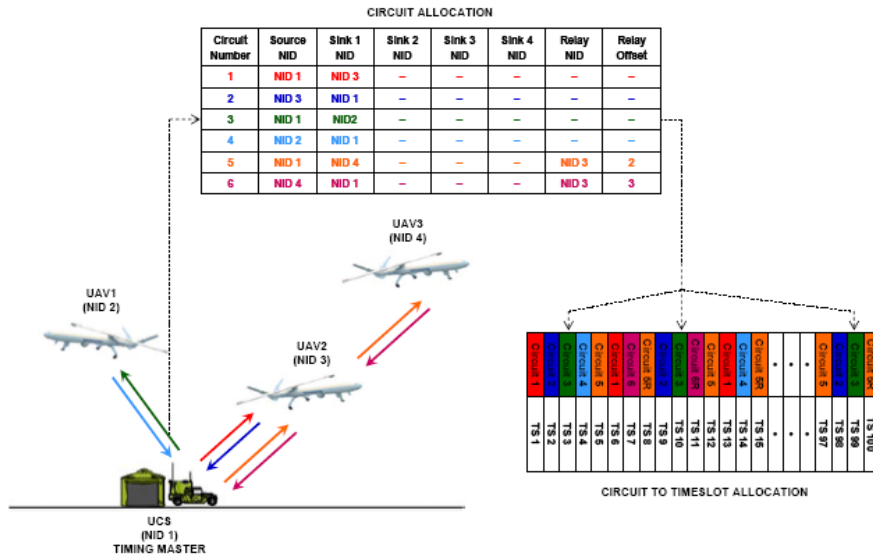


Figura 19. Ejemplo del Establecimiento de Circuitos

#### 4.3.2.4. Estados del Enlace de Datos

La capa de enlace de datos IC2DL realiza diversas tareas para asegurar el control de acceso múltiple distribuido de una forma que depende de la autonomía de operación de cada nodo. La operativa de cada nodo de la red dependerá del tipo de nodo. Un nodo puede inicialmente ser configurado como un tipo particular (*Master*, *Relay* y esclavo) y puede pasar a cualquier otro tipo.

Los estados de los nodos que se presentan en las redes IC2DL son los siguientes:

- **Inactivo.** El estado Inactivo es activado en un nodo sin energía o tras un error de inicialización del software IC2DL.
- **Parado (*Idle*).** El estado Parado se produce después de conectar un nodo IC2DL y por tanto, el software de la capa de *Data Link* IC2DL es inicializado en el nodo. En el estado Parado, el nodo IC2DL no mantiene ningún temporizador activo, no se transmite, y no se recibe datos o voz. Los mensajes de error se entregarán a los protocolos de capas superiores. En el estado de Parado, el nodo IC2DL está a la espera de la configuración.
- **Estado activo del nodo Master.** El estado activo del *Master* sólo es aplicable a un nodo *Master* y sólo un nodo en la red es capaz de ser un nodo *Master*. Una vez en el estado activo, dicho nodo transmite TSMs en los *timeslots* dedicados en base a la configuración de red.

- **Estado activo del nodo Relay.** El estado activo del *Relay* sólo es aplicable a un nodo *Relay*. Una vez en el estado activo del *Relay*, dicho nodo transmite TSMs en los *timeslots* dedicados en base a la configuración de red.
- **Estado activo del nodo Slave.** El estado activo del *Slave* sólo es aplicable a los nodos *Slave*. Una vez que un nodo *Slave* se sincroniza a la red, dicho nodo enviará mensajes de datos en *timeslots* asignados en base a la configuración de red.
- **Estado Pasivo.** El estado Pasivo es aplicable a los nodos Pasivos, así como a los otros tipos de nodo (*Master*, *Relay*, y *Slave*). Una vez en estado Pasivo, el nodo Pasivo sólo recibe en *timeslots* asignados en base a la configuración de red.

Los estados y transiciones de los nodos se especifican en el siguiente diagrama:

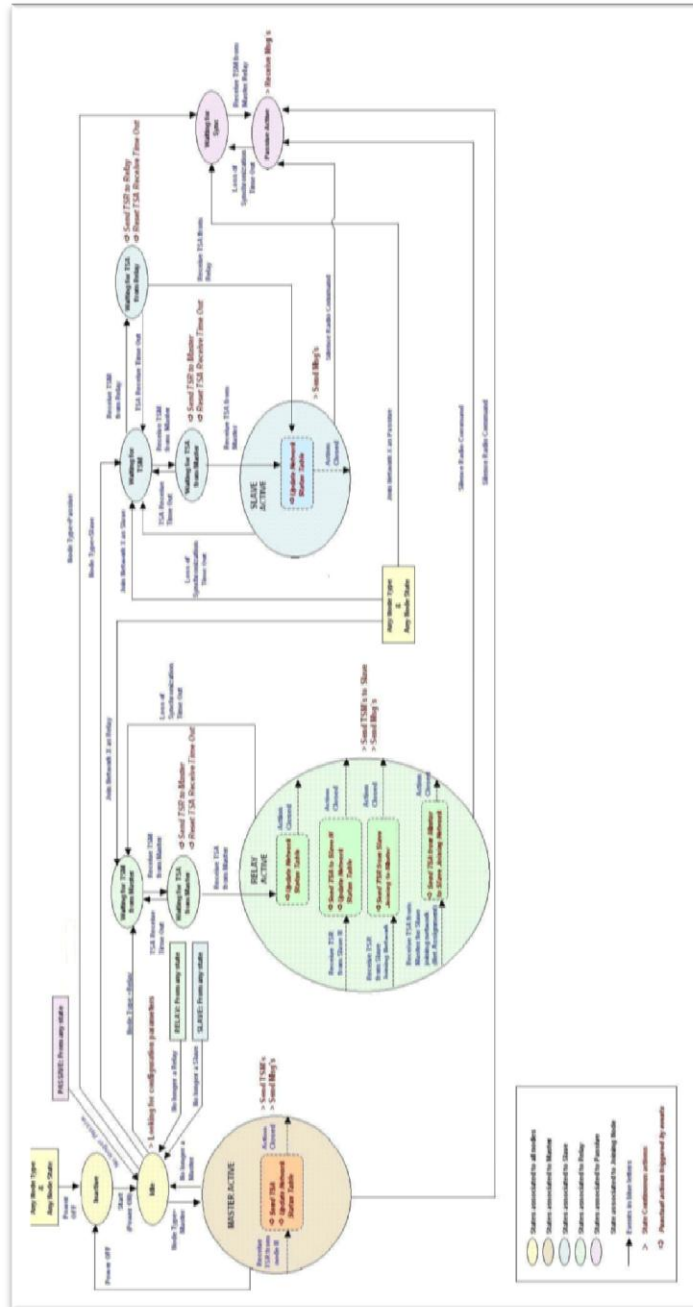


Figura 20: Estados y Transiciones de los Nodos IC2DL

#### 4.3.2.5. Sincronización de red

Los nodos utilizarán el tiempo en el que reciben un TSM e ID de Mensaje, Número de Época y Descripción del Circuito contenido en el TSM para sincronizar su reloj interno y determinar su *timeslot* y disposición de marco con uno de sus nodos de referencia (*Master* o *Relay*).

El ID del Mensaje se utiliza para identificar el marco cuando el TSM ha sido recibido (el TSM 1 se transmite en el marco 1 de una época, el TSM 2 se transmite en el marco 2, el TSM 3 se transmite en el marco 3 y el TSM 4 se transmite en el marco 4).

El Número de Época también se utiliza para determinar la época y ajuste de *timeslot* con uno de los nodos de referencia (*Master* o *Relay*).

La Descripción del Circuito se utiliza para determinar si el nodo de recepción del TSM está conectado al nodo *Master*, ya sea directamente o a través de un nodo *Relay*.

Por otro lado, el nodo *Relay* se sincroniza con el nodo *Master*. Los nodos *Slave* se sincronizan con:

- El nodo *Master* si de acuerdo a la descripción del circuito, tiene que conectarse directamente con el nodo *Master*. Por tanto, los TSMs recibidos del nodo *Relay* serán ignorados.
- El nodo *Relay* si de acuerdo a la configuración del circuito, tiene que conectarse con el nodo *Master* a través de este nodo de *Relay*. Por tanto, los TSMs recibidos del nodo *Master* serán ignorados.

Los nodos Pasivos y los nodos de unión a red se sincronizan en el nodo *Master* o en el *Relay* con los TSMs mejor recibidos.

Una vez sincronizado el temporizador del *timeslot* y el marco del nodo sincronizado, se determina el temporizador del *timeslot* y el marco del nodo de referencia con un desplazamiento máximo igual al tiempo de propagación.

Los TSMs se transmitirán en el principio exacto de los *timeslots* de sincronización. Los *timeslots* de sincronización son el primer *timeslot* de los marcos 1, 2, 3 y 4 de cada época.

Cuando no hay un nodo *Relay* en una red, el nodo *Master* deberá utilizar cada *timeslot* de sincronización para enviar TSMs. Cuando hay un nodo *Relay* en una red, el nodo *Master* deberá utilizar los *timeslots* de sincronización de las épocas pares para enviar TSMs y el nodo *Relay* deberá utilizar los *timeslots* de sincronización de las épocas impares para enviar TSMs.

#### 4.3.2.5.1. Pérdida de Sincronización



La pérdida de sincronización se produce para cualquier nodo activo que no recibe TSMs en 1 minuto. Este evento provoca múltiples transiciones de estado.

#### 4.3.2.6. *Proceso de Unión a la Red*

El nodo de Unión requiere el conocimiento previo de la red IC2DL. Los parámetros de red IC2DL necesarios son los siguientes:

- Configuración de frecuencia (Mensaje #405 - STANAG 4586).
- Tasa de datos que puede soportar cada ranura (Mensaje #406 - STANAG 4586).
- Semillas de PN (Mensaje #406 - STANAG 4586)

El nodo *Master* tiene un NID de asignación de dirección IP para el nodo de Unión con el fin de procesar de manera adecuada los mensajes de datos. El nodo de Unión debe haber recibido al menos 1 TSM antes del proceso de Unión a Red, a fin de conocer el estado de la red TDMA destino y permitir el proceso de sincronización de red. Por tanto, una vez que el nodo de Unión recibe un TSM, envía los mensajes #507 y #508 del STANAG 4586 en base a la información del TSM hacia la aplicación de usuario en el equipo *host* conectado a la terminal IC2DL. Con la información de estado de red, la aplicación de usuario hace su solicitud de adhesión enviando el mensaje #413 del STANAG 4586 a través de la interfaz externa CSI. Esto provoca un proceso de Unión a Red que consiste en los siguientes pasos (véase la Figura 21):

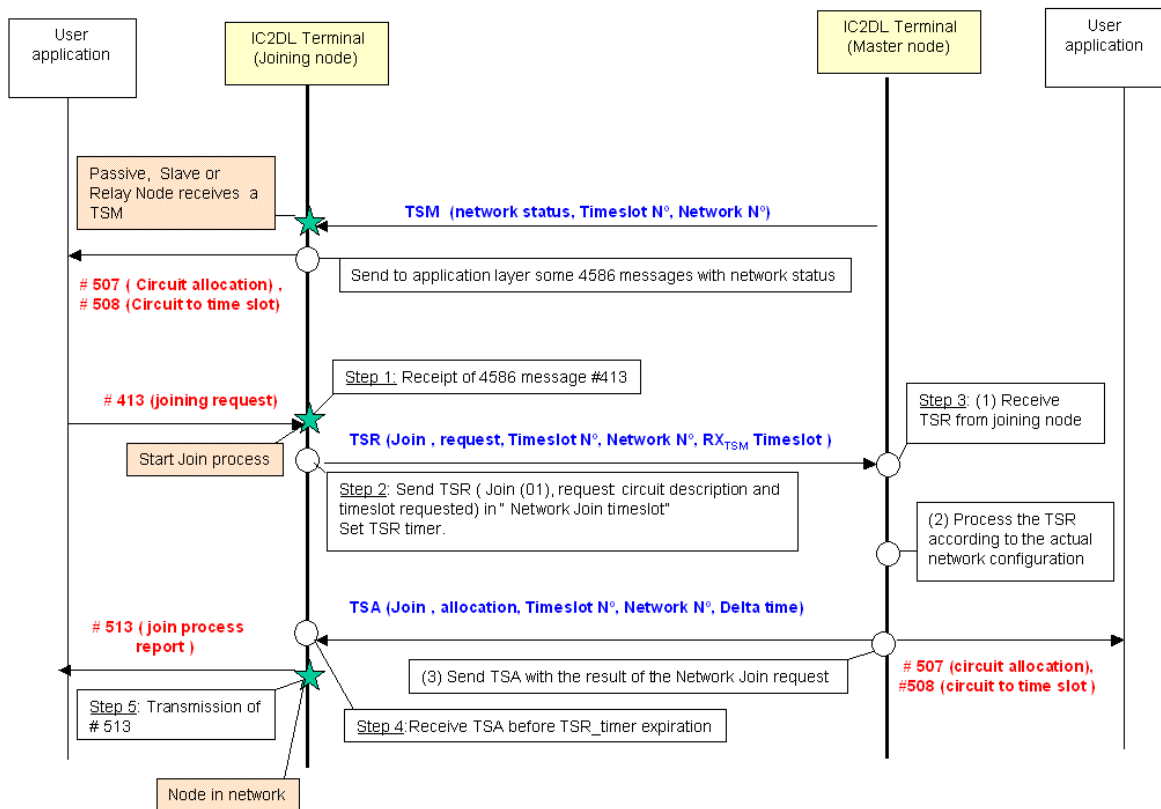
- **Paso 1:** El nodo de Unión recibe un mensaje #413 del STANAG 4586, *Network Join Command*, con las ubicaciones del circuito y los *timeslots* que son solicitados.
- **Paso 2:** El nodo de Unión transmite un mensaje TSR (*Time Synchronisation Response*) con el conjunto de indicadores de ingreso, la descripción del circuito, y los *timeslots* especificados. El TSR también incluye la información de sincronización de la red (transmisión y recepción de marcas de tiempo y recepción de época y *timeslot*), que permite la sincronización de la red en paralelo con la unión a red.
- **Paso 3:** El nodo *Master* recibe el TSR con la petición de unión y procesa el TSR según la configuración de la red actual (el éxito o el fracaso se basa en el *offset* del circuito, nodo, y/o retransmisión). El nodo *Master* transmite un mensaje TSA que incluye la solicitud de unión a red.

Si el TSR fue recibido por el nodo Relay en lugar de por nodo Master, el nodo Relay retransmitiría el TSR al nodo Master, y esperaría la recepción de un TSA del nodo Master. Una vez que el nodo Relay recibió el TSA, retransmitiría el TSA al nodo de unión.

- **Paso 4:** El nodo de Unión espera la recepción de un TSA, el cual habría permitido el indicador de ingreso, las descripciones de circuito asignado, los *timeslots* asignados, así como el NID correspondiente al nodo de unión (que es conocido originalmente por el *Master* solamente).

Si el TSA no se recibe dentro de la caducidad del temporizador de TSR, se asume que está perdido y el nodo de unión realiza un *backoff* aleatorio para retransmitir el TSR en el *timeslot* de unión a la red. El *backoff* aleatorio será  $T_{Back} = T_{Original} + RAND(X)$ , donde  $T_{Original}$  es la marca de tiempo de la transmisión más reciente de TSR y X es un valor configurado que representa el número máximo de segundos de *backoff*. El procedimiento de *backoff* aleatorio es para evitar colisiones en el *timeslot* de unión a red compartido porque hay sólo 5 por época.

- **Paso 5:** Una vez recibido el TSA, el nodo de Unión se convierte en un nodo *Slave* o *Relay*, dependiendo de la información de configuración. Además, las cuestiones de unión a un nodo trata con el Mensaje #513 del STANAG 4586 a través de la interfaz externa CSI para informar a las aplicaciones de usuario del éxito de un proceso de unión.



**Figura 21: Proceso de Unión a la Red**

#### 4.3.2.6.1. Tiempo Activo Tracking

Los nodos IC2DL llevarán a cabo un seguimiento en tiempo de los mensajes entrantes y de los mensajes de tiempo de red para asegurar que el tiempo local se mantiene sincronizado con el maestro de tiempo de red.

#### 4.3.2.7. Mensajes de la Capa de Enlace IC2DL

En la Tabla 5 se muestra los mensajes que IC2DL utiliza en la capa de enlace, los cuales presentan una cabecera común para mensajes de voz y datos e incluyen la información de estado de la red. El uso de los diferentes mensajes proporciona capacidades de sincronización para escenarios con *GPS denied* a la red IC2DL y también incluye información de asignación de *slots* y circuitos para toda la red.

ID mensajes	Nombre Mensaje	Descripción
01	Mensajes comunes cabecera	
02	Time Synchronisation Message 1 (TSM)	Descripción de circuitos 1-4
03	Time Synchronisation Message 2 (TSM)	Descripción de circuitos 5-8
04	Time Synchronisation Message 3 (TSM)	Descripción de circuitos 9-12
05	Time Synchronisation Message 4 (TSM)	Descripción de circuitos 13-16
06	Time Synchronisation Response Message (TSR)	
07	Time Synchronisation Acknowledgement Message (TSA)	

**Tabla 6. Estructura de Mensajes IC2DL.**

En la Tabla 6 se muestra los Mensajes TSM, en la Tabla 7 los Mensajes TSR y en la Tabla 8 los TSA. Estos Mensajes están asociados a los Mensajes mencionados en la Tabla 5. En la Tabla 9 se indica la cabecera común.

Campo Index	Campo	Valores	# bits
01	Id mensaje	0-15	4
02	Número épocas	0-1048575	20
03	Longitud mensajes	Campo fijado para TSM	15
04	Flag Master/Relay	Master (0) o Relay(1)	1
05	NID 1 estado	4 valores (desconocido, slave, relé, master)	2
06	NID 2 estado	4 valores (desconocido, slave, relay, master)	2
07	NID 3 estado	4 valores (desconocido, slave, relé, master)	2
08	NID 4 estado	4 valores (desconocido, slave, relay, master)	2
09	NID 5 estado	4 valores (desconocido, slave, relay, master)	2
10	Descripción circuito	Mensaje #2 = circuito 1..4 Mensaje #3 = circuito 5..8 Mensaje #4 = circuito 9..12 Mensaje #5 = circuito 13..16	92
11	Asignación Timeslot para el circuito	Mensaje #2 = circuito 1..4 Mensaje #3 = circuito 5..8 Mensaje #4 = circuito 9..12 Mensaje #5 = circuito 13..16	100
12	Reservados		16 bits

13	Campo usuario		8 bits
14	Checksum		16
Longitud total			283

**Tabla 7. Mensajes TSM (Id = 02, 03, 04, 05).**

Campo index	Campo	Valores	# Bits
01	Id mensaje	0-15	4
02	Longitud mensajes	Campo fijado para TRS (x bytes)	15
03	Flan Relay/Slave	Slave (01) o relay (10) o desconocido (11)	2
04	Flag de unión/abandono	Unión (01) o Abandono (10) o no unión ni abandono (00)	2
05	Identificador único	0-65K asignación de número aleatorio para mensaje previo (TSR)	16
06	NID asignado	0-15 NOTA: solamente para uso	3
07	Descripción de circuitos asignados	NOTA: solamente usado para respuesta de unión	23
08	Timeslots asignados	Timeslot requeridos (100). NOTA: Solamente usados para respuesta de unión	100
09	Reservados		16
10	Campo usuario		8
11	Checksum		16
Longitud total			204

**Tabla 8. Mensajes TSR (Id = 06).**

Campo Index	campo	Valores	# bits
01	Id mensaje	0-15	4
02	Longitud mensaje	Longitud fijada para TSM (x bytes)	
03	Flag Relay/Slave	Slave (0) o Relay (1)	1
04	Unión/Abandono Flag respuesta	Unión (01) o abandono (10), no unión o no abandono (00)	2
05	Único identificador	0-65k asignación de número aleatorio para el mensaje previo (TSR)	16
06	NID Asignado	1-5	3
07	Descripción del circuito asignado	Nota: únicamente usado en respuestas de unión	23

08	Timeslots asignados	Respuesta Timeslots (100) Nota: usado en respuestas de unión	100
09	Reservado		16
10	Campo def. usuario		8
11	Checksum		16
Longitud total			204

**Tabla 9. Mensajes TSA (Id = 07).**

Campo Index	Campo	Valores	# bits
01	Id mensaje	0-15	4
02	Longitud payload	0-16727	15
03	Número Circuito	1-16	4
04	Estado NID	4 valores (desconocido (00), slave (01), relay (10), master (11))	2
05	Port 1	Port A:=00 Port B:=01 Port C:=10	2
06	Port 1 longitud de datos		15
07	Port 1 revasamiento datos		1
08	Port 1 datos	Los datos agregados no pueden exceder la carga útil	
09	Port 2	Port A:=00 Port B:=01 Port C:=10	2
10	Port 2 longitud de datos		15
11	Port 2 revasamiento de datos		1
12	Port 2 datos	Los datos agregados no pueden exceder la carga útil	
13	Port 3	Port A:=00 Port B:=01 Port C:=10	2
14	Port 3 longitud de datos		15
15	Port 3 revasamiento de datos		1
16	Port 3 datos	Los datos agregados no pueden exceder la carga útil	
17	Tiempo de red		32
18	Checksum		16

Tabla 10. Cabecera común de mensajes.

### 4.3.2.8. Capa de Red

IC2DL no envía direcciones UDP/IP, pero simula un *pipe* de datos UDP / IP, entregando *frames* de un nodo de origen a un destino como cualquier otra red. El uso de direcciones UDP/IP suministradas localmente por el enlace de datos, creadas por el *host*, permite la transmisión transparente de UDP/IP a través del enlace de datos. La tasa de datos actual que puede ser soportada por los enlaces de datos es altamente dependiente de la puesta en marcha del *host* del enlace de datos.

La Figura siguiente ilustra el proceso de transferencia de datos para datos de usuario de una unidad a otra unidad usando IC2DL.

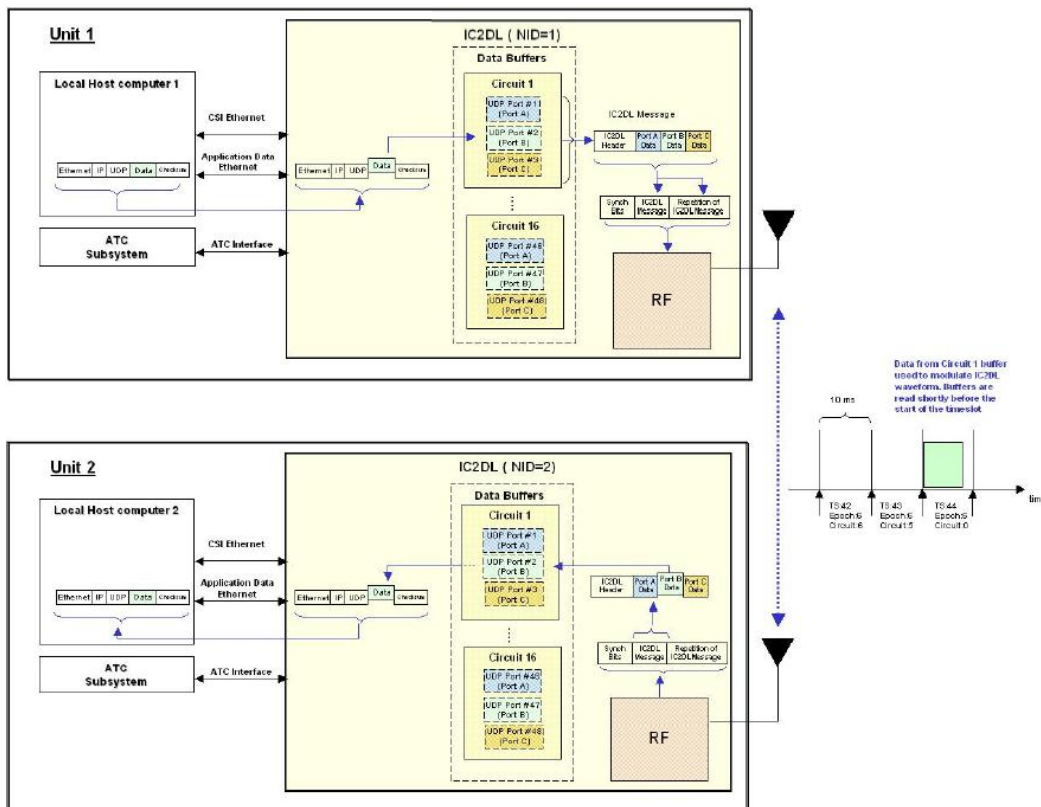


Figura 22. Transmisión de datos de usuario.

#### 4.3.2.8.1. Implementación del Sistema

El usuario dispone de 16 circuitos separados, cada uno de los cuales describe una ruta de transferencia de datos desde un nodo fuente al nodo destino usando el número de identificación del nodo IC2DL (NID).

El computador *host* del nodo de origen (por ejemplo, el Nodo 1) envía *frames* UDP/IP a través de Ethernet de datos al IC2DL local (NID 1). El nodo local IC2DL tiene a su vez, una serie de búferes de transmisión de datos que se utilizan para almacenar los datos del *payload* UDP/IP de usuario hasta que es transmitido en la siguiente oportunidad de circuito. Hay 16 grupos de 3 búferes de datos, un grupo asociado a cada tipo de circuito y 3 búferes por tipo de circuito para almacenar los *payloads* para tres tipos de datos definidos por el usuario: Puerto A, Puerto B y Puerto C.

Los paquetes UDP/IP propagan la pila UDP/IP para quitar los encabezados y *footers* del *frame*, dejando sólo los datos de *payload* en la capa de aplicación. Los encabezados y *footers* del *frame* son descartados ya que el ancho de banda de IC2DL no es suficiente para soportar la transmisión completa de los paquetes UDP/IP.

El número de puerto UDP del paquete se utiliza para dirigir el *payload* del paquete entrante al buffer de datos de transmisión IC2DL apropiado, utilizando el número de puerto asignado. La asignación de circuito es conocido por todos los nodos que utilizan el circuito. Como ejemplo, en la Tabla 10 se muestra la asignación de número de puerto, que ofrece un mapeado uno-a-uno definido por el usuario entre los números de puerto UDP de *frames* entrantes y el buffer de datos asociado.

UDP Port #	IC2DL Buffer
1 (User Assigned)	Circuit 1, Port A, IP Address
2 (User Assigned)	Circuit 1, Port B, IP Address
3 (User Assigned)	Circuit 1, Port C, IP Address
4 (User Assigned)	Circuit 2, Port A, IP Address
.	.
.	.
.	.
48 (User Assigned)	Circuit 16, Port C, IP Address

Tabla 11. Asignación de puertos UDP.



El IC2DL escribe continuamente *payloads* de paquetes UDP/IP entrantes a los búferes de datos dependientes del número de puerto UDP.

Independientemente a este proceso, se halla el tiempo de *timeslot* TDMA. Poco antes de la oportunidad de transmisión de circuito, el IC2DL lee los datos de los búferes asociados a ese circuito y genera un mensaje IC2DL combinando los tres bloques de tipo de datos de acuerdo a la división predefinida que se define en la descripción del circuito. También se incluye una cabecera de red en el mensaje. Este mensaje se utiliza para modular la forma de onda IC2DL, que luego se envía en el aire al *timeslot* asignado.

Tras la transmisión, IC2DL envía mensajes de transmisión UDP/IP al *host* local, utilizando cada uno de los números de puerto UDP asociados para informar al usuario que los búferes asociados a ese circuito están vacíos, y sobre el número de *timeslots* previos a la oportunidad siguiente de transmisión en ese circuito.

IC2DL sólo envía los últimos datos escritos a los búferes previos a la oportunidad de obtención de circuito. El usuario es libre para actualizar el búfer, tanto como sea apropiado, antes de la transmisión de los datos mediante el añadido de datos sin sobrescribir los existentes.

En el nodo de destino (por ejemplo, Nodo 2), la *waveform* IC2DL es recibida y procesada. El nodo receptor escribe los datos recibidos a los búferes de recepción adecuados en función del número de circuito.

Cada componente de datos se encapsula en su propio paquete reconstruido UDP/IP y se envía al *host* local utilizando los números de puerto UDP como los de la Tabla 11.

La reconstrucción de paquetes IP requiere establecer la dirección IP basada en la asignación IP del equipo *host*. Como parte del proceso de planificación de misiones, la dirección IP es únicamente especificada para el nodo.

El campo de *checksum* será de 16 bits en complemento a uno del complemento de la suma de todas las palabras de 16 bits en la cabecera.

#### 4.3.2.8.2. Formato de Datos de la *Waveform*

Los datos de aplicación que figuran en un *slot* deben utilizar el formato que se muestra a continuación:

App Len	Port	Port Len	Ov	Port Data	Port	Port Len	Ov	Port Data	Port	Port Len	Ov	Port Data	Chk
---------	------	----------	----	-----------	------	----------	----	-----------	------	----------	----	-----------	-----

**Figura 23. Formato de mensaje de datos de aplicación.**

**Longitud de aplicación (*App Len*)** es 2 bytes y es el número de bytes que excluye tanto la *App Len* y la suma de comprobación (*Chk*)

**Puerto (*Port*)** es de 7 bits y define cuál de los tres puertos lógicos se asocia con la *Port Len* y *Port Data* que sigue a continuación.

- 0 = Puerto A
- 1 = Puerto B
- 2 = Puerto C
- 3 = N/A

**Overrun (*Ov*)** es un bit que indica que algunos de los datos del puerto no se han enviado.

**Puerto de datos (*Port Data*)** es los datos de la aplicación real que figuran en el buffer de enlace de datos.

***Chk*** incluye todos los bytes anteriores a excepción de la len bytes de Aplicación.

Si no hay datos presentes para enviar a un puerto lógico dado, el puerto, *Port Len*, y *Ov* no se incluirán en el mensaje de aplicación de *waveform* (*Waveform Application Message*). Si los datos estuvieron presentes en el puerto lógico, los datos del Puerto, *Port Len*, y *OV* deben ser colocados en el mensaje de aplicación de forma de onda.

El orden de los datos del puerto lógico en el mensaje de aplicación de *waveform* está determinado por el Mensaje #412 de la interfaz externa.

Una vez que el mensaje de aplicación de forma de onda se construye, los datos de puerto lógico que no tuvieran cabida en el mensaje se desechan y no serán almacenados en buffer para consecuentes transmisiones. Los datos se descartan a fin de garantizar la entrega a tiempo de los datos de aplicación y una latencia predecible a expensas de la pérdida potencial de datos.

## 4.4. Gestión de Datos

Este Apartado corresponde pues, con el paquete WP3400 del proyecto GEMA, y se centra en el concepto de Gestión de Datos (o en inglés, Data Management), basándose en el tratamiento de los múltiples tipos de datos encontrados en el payload del UAV. Al contrario que en el proyecto GEMA, en esta tesis únicamente se dará una breve introducción a los STANAGs que se ocupan de recopilar, procesar, almacenar y enviar datos del payload.

Los datos de payload pueden contener información sobre radares tipo SAR (Synthetic-Aperture Radar), SLAR (Side-Looking Airborne Radar) y MTI (Moving Target Indication), u otros tipos de sensores como IR (InfraRed) o Electro-ópticos. Además es posible la recolección de imágenes y su posterior transformación en formato NSIF (STANAG 4545), además de MPEG-2 para imágenes en movimiento (STANAG 4609), etc. La utilidad y recolección de dichos datos es vital para la navegación y el cumplimiento de la misión encomendada al UAV.

El proceso de recolección de Datos y el posterior envío al Segmento Tierra se puede observar en la siguiente Figura:

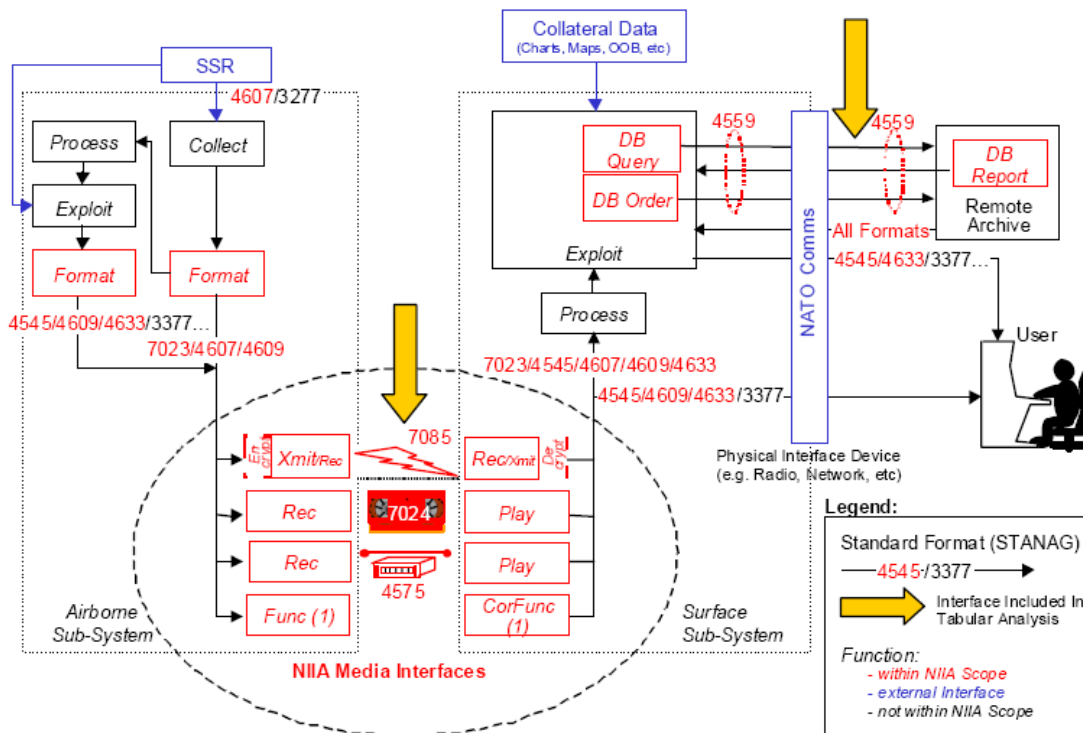


Figura 24: Interoperabilidad entre STANAGs

Como se observa en la Figura, mientras que las interfaces del STANAG 4586 son obligatorias para permitir la interoperabilidad de Comando y Control de UAVs, los estándares de interfaz ISR (Intelligence, Surveillance, Reconnaissance) siguientes se requieren para hacer frente a las interfaces entre las diversas arquitecturas horizontales y verticales de misiones ISR, que incluyen el uso de datos provenientes de múltiples sensores y el almacenamiento consecuente:

- STANAG 3809 - Estándar de Intercambio de Información Geográfica de Datos de Elevación de Terreno Digitales (DTED)
- STANAG 4545 - Formato de Imágenes Secundarias
- STANAG 4559 - Interfaz de Biblioteca de Imágenes Estándar (NSILI)
- STANAG 4575 - Interfaz de Almacenamiento de Datos Avanzada (NADSI)
- STANAG 4607 - Formato de Datos GMTI (Ground Moving Target Indicator)
- STANAG 4609 - Estándar de Imágenes en Movimiento Digitales
- STANAG 4633 - Formato de Mensaje Común ELINT, Electronic Intelligence (ECMF)
- STANAG 5500 - Sistema de Formato de Texto del Mensaje (FORMETS) ADatP-3 Build 11
- STANAG 7023 - Estándar de Datos de Imágenes Primarias de Reconocimiento Aéreo
- STANAG 7024 - Imágenes de Reconocimiento Aéreo (Digital Tape Storage)
- STANAG 7074 - Estándar de Intercambio de Información Geográfica Digital (DIGEST versión 2.1)
- STANAG 7194 - Catálogo de Mensaje (NMC) - APP-11 (edición 1)

Mientras que la Figura 24 establece la conectividad y se identifica el uso de cada estándar en el flujo funcional de los datos, por otro lado, no se proporciona un panorama completo de la conectividad de cada interfaz. Las interfaces entre el segmento aéreo y el segmento terreno (o de otro segmento aire) y las salidas del segmento terrestre se definen como los interfaces críticos para la interoperabilidad. La Tabla 11 muestra cómo las interfaces específicas se asignan en contra del modelo de interfaz ISO de siete capas.

ISO Layer	Data Link				Wideband Tape	Advanced Data Storage	CD-ROM Transfers	Image Library
	Direct Connection		Network Connection					
7. Application Layer	Note: The NIIA assumes that applications are available that provide application layer interoperability for most interfaces.							
6. Presentation Layer	4545/4607/4633 [*1]	7023	4545/4607/4633	7023	4545/4607/4633/7023	4545/4607/4633/7023	4545/4607/4633/7023	4559 4545 (4607/7023)
5. Session Layer	Not Rqd.	Not Rqd.	Netwrk Proto. [TBD]	Netwrk Proto. [TBD]	Not Required	4575	Not Required	4559
4. Transport Layer								
3. Network Layer	7085	7085	7085	7085	7024 [*2]	4575	ISO 9660	Defined By Communications Network(s) Being Used
2. Data Link Layer								
1. Physical Layer								
Notes:	Protocol not explicitly defined in current NIIA.					Protocol not required for this configuration.		
	*1: STANAGs 4545 and 4607 include most aspects of Presentation Layer. *2: Wideband tape applications do not require management layers – only physical layers.							

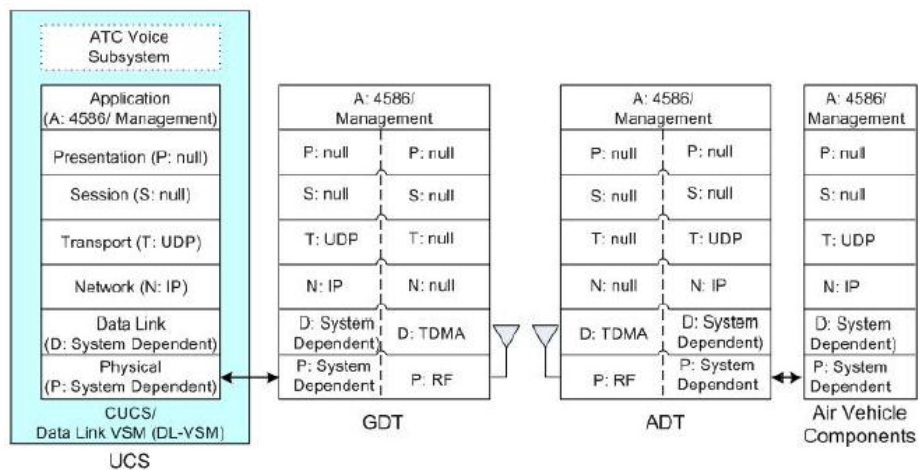
**Tabla 12: Modelo ISO en el tratamiento de Datos**

En la Tabla anterior, se puede observar que en algunos casos más de dos estándares son necesarios. En otros casos, los estándares no son necesarios para capas específicas. Por ejemplo, el Enlace de Datos de Conexión Directa proporciona el protocolo necesario para establecer y mantener la conexión sin sobrecarga adicional. No obstante, limitan la capacidad del enlace para hacer otras conexiones. Nótese, sin embargo, que la configuración utilizando el STANAG 7023 es más robusta, incluidos algunos de la capa de sesión, debido a los campos de sincronización que permiten el restablecimiento del enlace. Para la configuración de la red de Enlace de Datos, hay que tener en cuenta que el período de sesiones y las capas de transporte no están definidos en ninguna de las normas existentes. Los programas actuales que usan esta configuración de Enlace de Datos han adoptado diferentes protocolos comerciales para estas capas, que, desgraciadamente, hacen implementaciones incompatibles de los enlaces.

De acuerdo con las especificaciones para la gestión de flotas masivas de UAVs en operaciones civiles, no es necesario información de tipo ELINT por tanto, se omitirá el uso del STANAG 4633 y con ello el STANAG 4545 (Formato de imágenes secundarias NATO). De este modo, la capa de presentación, según se muestra en la Tabla 12, estará constituida por el STANAG 7023 en caso de ser utilizado junto al STANAG 7085 en el Enlace de Datos de alta integridad de tasa alta (HDRDL), así como en Cintas de Banda Ancha, Almacenamiento de Datos Avanzados, CD-ROMs y Librerías de Imágenes (junto con el STANAG 4559 en este último). Las capas Física, Enlace de Datos y Red

en enlaces HDRDL vendrán determinadas por los protocolos descritos en el STANAG 7085. Sin embargo en Almacenamiento de Datos Avanzados, las capas Física, Enlace de Datos, Red, Transporte y Sesión vienen determinados por las especificaciones dadas en el STANAG 4575.

Por otro lado, los Enlaces de Datos de alta integridad de tasa baja (LDRDL), no han sido incluidos en la Tabla 12, debido a que el STANAG 4660 es de reciente incorporación. Sin embargo, tal y como se ha visto en el punto 4.3.2, los enlaces IC2DL no poseerán Capa de Presentación como se observa en la Figura 25, cubriendo únicamente a través del estándar OSI las capas Física, Enlace de Datos, Red y Transporte.



**Figura 25: Pila de protocolos en enlaces LDRDL**

## 4.5. Estaciones Terrenas

Las estaciones de control de UAVs actuales pueden ser terrestres (GCS, *Ground Control Station*), marítimas (SCS, *Ship Control Station*) o aéreas (ACS, *Airbone Control Station*). En este Apartado, al igual que en el paquete WP3500 del Proyecto GEMA, únicamente se referenciará a las estaciones terrestres, dando una panorámica global de los subsistemas que componen a dichas estaciones. Por otro lado, al contrario que en el paquete WP3500 del Proyecto GEMA, no se tratará la problemática asociada al Control de la Supervisión Humana llevada a cabo en las estaciones terrenas.

### 4.5.1. Elementos de Estaciones de Control Terrenas

La GCS es la interfaz hombre-máquina con el Vehículo Aéreo No Tripulado (UAVs) del sistema. De esta manera, los operadores pueden "hablar" a la aeronave a través del sistema de comunicaciones de enlace ascendente con el fin de establecer el perfil de vuelo o para controlar el payload de la aeronave. El avión devolverá información e imágenes a los operadores a través de las comunicaciones de enlace descendente, ya sea en tiempo real o bajo comandos. La información suele incluir datos de las cargas útiles (*payloads*), información sobre la situación de los subsistemas de la aeronave, la altitud y velocidad, e información de la posición.

El lanzamiento y la recuperación de la aeronave puede ser controlado desde la GCS o desde un satélite que estará en comunicación con la estación principal de control vía radio o por cable.

La GCS contendrá un número de subsistemas, requeridos para lograr su funcionamiento general. Esto dependerá del alcance y tipo de misiones previstas y las características de los UAV(s) que operará. En general, los subsistemas serán los siguientes:

- **Subsistema de control de vuelo de UAV:** El control de vuelo puede ser realizado de manera automática o en tiempo real de manera manual. Para el primer caso, es posible encontrar comandos como realizar hover sobre un punto seleccionado, ascender a una determinada altitud, etc. En todos los casos será conveniente la muestra de los datos gráficamente a través de una GUI.
- **Subsistema de *payload*:** Reconoce y ajusta el *payload* instalado en el UAV, además de controlarlo. Incluye también *displays* para visualizar los datos recibidos y el estado de los *payloads* instalados.

- **Subsistemas de comunicaciones:** Controla el enlace de comunicaciones entre la GCS y el UAV, y controla además el despliegue/reducción de mástiles de antenas, el cambio de frecuencias, etc. El control de dichos elementos suele ser visualizado a través de pantallas o *displays*.

#### 4.5.2. GCS de mini-UAVs

Las GCS de aeronaves mini-UAVs suelen ser de tipo “*man-portable*” con un sistema de comunicaciones y una antena embarcados en un maletín. Como ejemplo en la realidad encontramos la GCS del *Desert Hawk III*, el cual incorpora una interfaz gráfica de usuario (GUI) y cuenta con un ordenador portátil con pantalla táctil, permitiendo a los operadores introducir con facilidad *waypoints* en un mapa. El *Desert Hawk III* también utiliza datos digitales de elevación del terreno (DTED) con contornos del terreno para una garantía adicional del cumplimiento de la misión. La información DTED, se carga en el UAV en el momento del lanzamiento, previniendo la pérdida de enlaces, y situaciones de NLOS.



**Lockheed Martin's Desert Hawk III  
Unmanned Aircraft (UAS)**

**Credit: Lockheed Martin**

**Figura 26: Desert Hawk III**

#### 4.5.3. GCS de Sistemas de UAVs de Corto Alcance

En estos sistemas, el avión suele ser lanzado mediante una rampa o es de tipo VTOL. Los requisitos y las capacidades de ambos sistemas serán en general similares, a excepción de los aspectos específicos del control durante el lanzamiento y la recuperación.



El GCS para los sistemas de corta alcance, por lo general, será móvil y alojado dentro de un vehículo todo-terreno. En la Figura 27 se observa dos UAVs VTOL cuyas GCS son móviles: Cybaero Apid-60 y Sprite.

En el Sprite sueco, se observa en la parte trasera del vehículo, un mástil de radio direccional neumático, el cual lleva las antenas para las dos frecuencias de radio utilizadas para comunicarse con la aeronave, y una antena DGPS montada en el techo. Al igual que con todos los GCS móviles, el vehículo está equipado con conectores de chasis que se bajan una vez que el vehículo está en el lugar deseado para operar. Estos son necesarios para estabilizar el vehículo para evitar la "oscilación" bajo la influencia del viento o de los operadores moviéndose en todo el interior del vehículo. Se requiere del mismo modo, una base estable para las antenas de haz estrecho de manera que se mantenga con precisión el azimut y la elevación.



**Figura 27: GCSs de Cybaero Apid-60 y Sprite**

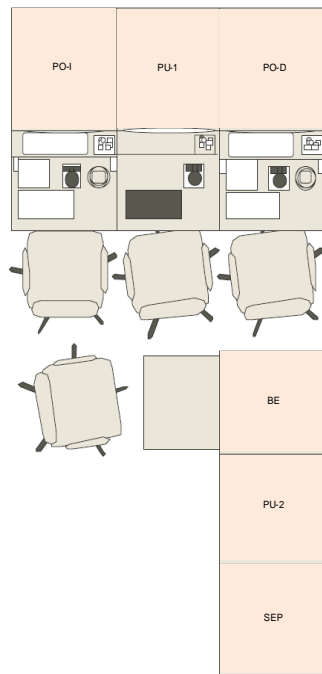
#### **4.5.4. GCS de Sistemas de UAVs MALE y HALE**

Un sistema MALE emplea normalmente una GCS móvil, ya sea en un vehículo motor o en un remolque para que pueda ser convenientemente posicionado en relación con la pista de aterrizaje. En la Figura 28 (a), se muestra una GCS en forma de vehículo para el Sistema del UAV Hermes 450, y el interior de la estación se muestra en la Figura 28 (b).



**Figura 28: (a) GCS UAV Hermes 450 (b) Interior de GCS UAV Hermes 450**

El equipo será generalmente similar al contenido en una GCS de corto alcance, pero, teniendo en cuenta el tiempo de servicio de los operadores, se puede proporcionar un alojamiento más amplio e interfaces de operador-sistema mejoradas (pantallas grandes, controles específicos, etc). Puede ser necesario un aumento de miembros de la tripulación, especialmente para las cargas de pago de la aeronave que sean más complejas de manejar.



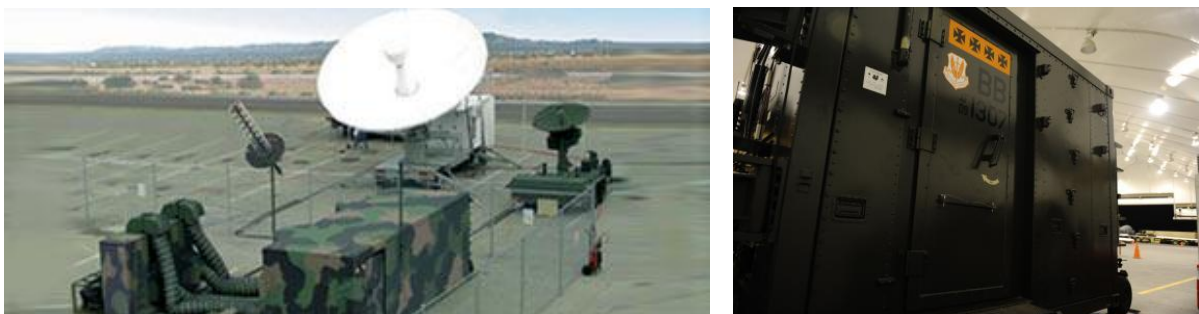
60

**Figura 29: Planta del Interior de GCS UAV Hermes 450**

El sistema HALE del Global Hawk emplea dos Comandos en Tierra/Elementos de control. Se trata del Sistema o Elemento de Lanzamiento y Recuperación (Launch and Recovery System-LRS), y el Elemento de Control de la Misión (MCE). Una visión externa de ambos se muestra en la Figura 30.

El LRE contiene un equipamiento similar al de las GCS de corto alcance, pero con la radio de largo alcance, de modo que permite el control directo del operador en la aeronave durante el lanzamiento y recuperación, y dirige y supervisa el vuelo de la aeronave con capacidad para 200 millas náuticas (370 km) hacia su área de explotación prevista. En esa distancia o cercanías, la aeronave se adquiere por el MCE, para el control durante la mayor parte de la misión. El LRE está diseñado para ser desplegado rápidamente y se ajusta en dos *pallets* que pueden ser portados dentro de un avión de transporte táctico.

El MCE utilizará las comunicaciones por satélite en cuanto el UAV esté fuera de su línea de visión, es decir, más allá de la línea de visión (BLOS). A diferencia del LRE, el MCE puede controlar más de un UAV al mismo tiempo. También contiene más equipos de comunicación, ya que puede actuar como un centro de mando, recibiendo y transmitiendo información desde y hacia otras agencias de inteligencia. El MCE está instalado en un trailer de 20 m de largo y, aunque es desplegable, no es tan sencillo como la LRE.



**Figura 30: Launch and Recovery System-LRS y MCE del Global Hawk**

## 4.6. Escenarios Propuestos

En este Apartado se verán dos ejemplos de escenarios que fueron acordados por las empresas participantes en el proyecto GEMA, en los cuales se aplicarán los conocimientos adquiridos en los Apartados anteriores. Como se ha citado anteriormente, no es la intención del autor de este Proyecto citar todos los aspectos y detalles citados en GEMA, sino subrayar las ideas más importantes aportadas por el autor en el proyecto GEMA.

### 4.6.1. Vigilancia Marítima

En este escenario se plantea una flota heterogénea de UAS monitorizando una zona costera, en el cual el control de misión se realiza simultáneamente desde 3 estaciones (dos en mar y una en tierra). Los UAS participantes, repiten un patrón de búsqueda con un cierto intervalo de tiempo entre ellos y se comunican entre sí mediante radio enlaces de comunicaciones para ejecutar acciones coordinadas. A continuación, se muestra en la Figura 31, un esquema gráfico del escenario.



**Figura 31: Escenario de Vigilancia Marítima**

#### 4.6.1.1. Descripción del Escenario

El escenario operacional se demostrará en una misión simulada con:

- Número de vehículos aéreos: 8.
- Número de estaciones de control: 3, una terrestre y dos marinas (barco).
- Número de operadores: 3, uno en cada estación.
- Espacio aéreo utilizado: inicialmente definido E.
- Extensión de la zona de búsqueda: 100 km<sup>2</sup>.
- Duración de la misión: 120 minutos.

#### 4.6.1.2. *Objetivos del Escenario*

##### **Operacionales:**

Los objetivos operacionales necesarios para desempeñar el escenario descrito son los siguientes:

- Llegar a la zona de interés y monitorizar continuamente una extensión geográfica.
- Mantener un patrón de movilidad heterogéneo observando acontecimientos.
- Estaciones de control con comunicación continua y LOS.
- UAS que cambian dinámicamente de estación de control, manteniendo interoperabilidad y la sincronización de información en el segmento terrestre.

##### **Principales:**

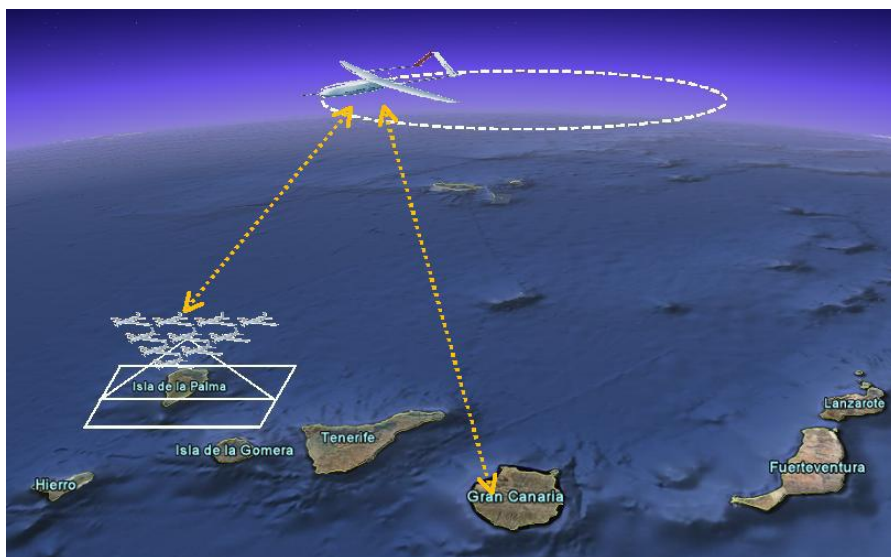
- Interoperabilidad en control y monitorización de la flota heterogénea basado en el STANAG 4586.
- Establecimiento de distintas rutas y patrones de movilidad, según la mecánica de vuelo de cada vehículo de la flota.
- Demostración de la capacidad *Sense and Avoid* en la gestión de la flota heterogénea y sus acciones de coordinación entre el segmento de vuelo y terrestre.
- Correcta monitorización en cuanto a cobertura geográfica y tiempo de la zona elegida.

#### 4.6.2. *Apoyo/Rescate en Zona Inhóspita/Inaccesible*

En este escenario se presupone que se ha detectado un evento de interés en una zona de difícil acceso o inhóspita. Por tanto, es necesaria una evaluación rápida y detallada del evento, y una

monitorización de su posible evolución, a la vez que se transmiten los datos a múltiples entidades. Para ello, se asigna una flota de UASs, que deben mantenerse coordinados y en comunicación abierta frente a posibles intermitencias de sus enlaces. El control de misión se realiza desde 2 estaciones que no están interconectadas entre sí. En la Figura 32, se pone de ejemplo un escenario donde diversos UAS se comunican a través de otro vehículo de mayor capacidad con la estación de control.

Los vehículos pueden despegar y aterrizar de manera automática o manejadas por el operador, usando un aeródromo convencional. La ruta es generada automáticamente por el UCS y programada en los UAS, permitiendo ser modificada en tiempo real por el operador.



**Figura 32: Escenario de Apoyo/Rescate en Zona Inhóspita/Inaccesible**

#### **4.6.2.1. Descripción del Escenario**

El escenario operacional se demostrará en una misión simulada con:

- Número de vehículos aéreos: indeterminado, mínimo 3
- Número de estaciones de control: 2, terrestres.
- Número de operadores: 2, uno en cada estación.
- Espacio aéreo utilizado: G.
- Extensión de la zona de inhóspita: 100 km<sup>2</sup>.
- Duración de la misión: A determinar.

#### 4.6.2.2. *Objetivos del Escenario*

##### **Operacionales:**

- Llegar a la zona de interés y realizar un examen detallado.
- Mantener una posición de espera observando acontecimientos.
- Servir de repetidor de comunicación entre los diferentes puntos de control.
- Gestionar el posible retardo e intermitencia en los enlaces de comunicación.

##### **Principales:**

- Interoperabilidad en el control y monitorización de la flota heterogénea basado en el STANAG 4586.
- Establecimiento de distintas rutas y patrones de movilidad, según la mecánica de vuelo de cada vehículo en la flota.
- Demostración de la utilidad de protocolos para la gestión de comunicaciones y el intercambio de información, con posibilidad de retardo e intermitencia en comunicaciones intravehiculares y con las estaciones de control.
- Correcta monitorización en cuanto a cobertura geográfica y tiempo de la zona elegida.

#### 4.6.3. **Implementación de los Escenarios**

Los dos escenarios planteados anteriormente poseen cierto grado de similitud en cuanto a la arquitectura global del sistema, interfaz DLI entre VSM y CUCS, fases de vuelo y tratamiento de emergencias, se refieren. De esta manera, ambos escenarios serán tratados conjuntamente a lo largo de este Subapartado, y las peculiaridades de cada escenario, serán tratadas de manera individual en el punto en que se correspondan.

La implementación de ambos escenarios, se llevará a cabo, mediante el uso de los STANAG 4586, tal y como se especifica en los objetivos principales de ambos escenarios. Adicionalmente se tendrá en cuenta el uso de otros STANAGs, para la interoperabilidad entre varios UAS:



- **STANAG 4660** - Enlace de Datos de Mando y Control Interoperables para Sistemas no Tripulados (IC2DL)
- **STANAG 7085** – Enlace de Datos Interoperables para Sistemas de Imágenes
- **STANAG 3809** - Estándar de Intercambio de Información Geográfica de Datos de Elevación de Terreno Digitales (DTED)
- **STANAG 4545** - Formato de Imágenes Secundarias
- **STANAG 4559** - Interfaz de Biblioteca de Imágenes Estándar (NSILI)
- **STANAG 4575** - Interfaz de Almacenamiento de Datos Avanzada (NADSI)
- **STANAG 4607** - Formato de Datos GMTI (Ground Moving Target Indicator)
- **STANAG 4609** - Estándar de Imágenes en Movimiento Digitales
- **STANAG 4633** - Formato de Mensaje Común ELINT, Electronic Intelligence (ECMF)
- **STANAG 5500** - Sistema de Formato de Texto del Mensaje (FORMETS) ADatP-3 Build 11
- **STANAG 7023** - Estándar de Datos de Imágenes Primarias de Reconocimiento Aéreo
- **STANAG 7024** - Imágenes de Reconocimiento Aéreo (Digital Tape Storage)
- **STANAG 7074** - Estándar de Intercambio de Información Geográfica Digital (DIGEST versión 2.1)
- **STANAG 7194** - Catálogo de Mensaje (NMC) - APP-11 (edición 1)

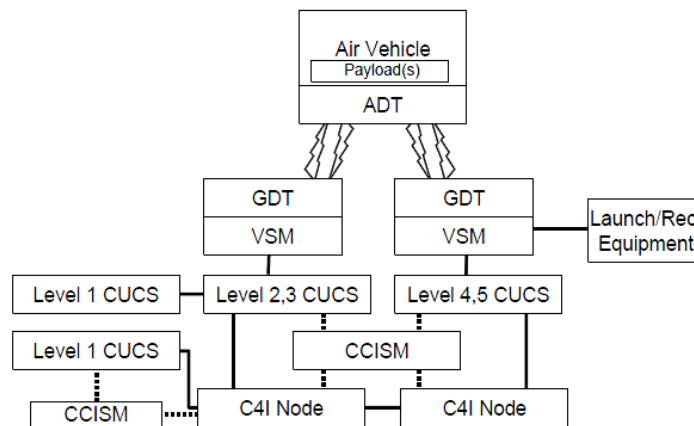
Debido a que este Proyecto se centra en el Control de Misión de múltiples UAVs, únicamente vamos a tratar en los escenarios con el STANAG 4586, STANAG 4660 y STANAG 7085, dejando pendiente para otros proyectos el resto de estándares.

El STANAG 7085 únicamente será referenciado para el uso de enlaces de alta tasa de datos, sin embargo por su carácter de documento clasificado, no será tratado ampliamente en este Proyecto. De esta manera, el enlace tratado en profundidad corresponderá con el IC2DL tratado en el STANAG 4660, tal y como se vio en Apartados anteriores.

#### **4.6.3.1. *Arquitectura de los Sistemas***



La Figura 33, muestra una posible configuración de un sistema compatible con el STANAG 4586, aplicable a los escenarios propuestos.



**Figura 33: Arquitectura del Sistema con STANAG 4586**

Los bloques más importantes incluyen:

- Varias **UCS** de LOI (Nivel de Interoperabilidad) de 1 a 5. En el siguiente Subapartado, serán comentados los niveles utilizados.
- Nodos **C4I**, que actúan como canales de información para la coordinación y la difusión de datos, incluidos los requisitos y las especificaciones de planificación de misión. Estos nodos, pueden ser vistos dentro del panorama de los escenarios escogidos, como bases centrales situadas a lo largo del país donde se encontrarán los altos mandos civiles o militares.

La interfaz entre el CUCS y el nodo C4I correspondiente se denomina CCISM, la cual puede estar físicamente ubicada con el CUCS o con el nodo C4I. Sus funciones son las siguientes:

- Enrutamiento y conversión de señales de vídeo de la VSM al nodo C4I
- Soporte de voz digital, usando protocolos "voz sobre IP"
- Soporte para dispositivos de almacenamiento de vídeo y voz
- Conversión de vídeo digital del UCS en el formato de vídeo analógicos adecuado para el sistema C4I particular
- Uno o varios **VSMs**, ubicados en la plataforma UAV de manera que se obtiene el sistema presentado en la Fig. 34:

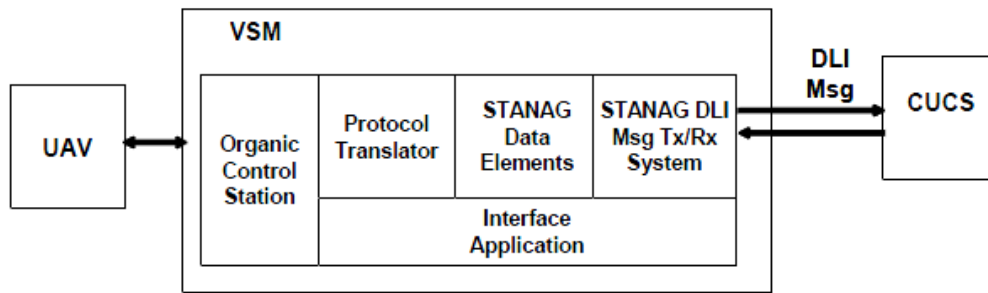


Figura 34: Esquema de Comunicaciones entre UAV y CUCS

Dichos VSMs serán responsables de las siguientes funciones:

- Gestión de las interacciones de control en tiempo real con el o los UAVs
  - Traducción de datos utilizados por el núcleo (DLI) a las representaciones específicas del vehículo y viceversa
  - Actuación como repositorio y servidor de datos y métodos específicos del vehículo
  - Empaquetado y desempaquetado de datos del enlace de datos para optimizar el ancho de banda de transmisión cuando sea necesario
  - Gestión de interfaces necesarias para controlar y supervisar la operativa del enlace de datos (o los enlaces de datos)
  - Análisis de los datos del enlace, para presentar datos del *payload* de un UAV, a un sistema de explotación de tierra compatible con la Arquitectura de Interoperabilidad de Inteligencia, Vigilancia y Reconocimiento (ISR) OTAN (NIIA), tal y como se especifica en el STANAG 7085.
  - Facilita el cumplimiento del STANAG 4660, actuando como puente entre los formatos y protocolos de datos estándares de DLI, y un vehículo aéreo determinado.
  - Proporcionamiento los requisitos de visualización en tiempo real en la UCS
- Uno o varios **CDTs** que consisten en el hardware y el software de comunicaciones asociado con el lado de la UCS del enlace de datos
  - Equipos especiales necesarios para las operaciones de lanzamiento y recuperación (**LRSs**)

- Terminales de Datos del Vehículo (**VDT**) que consisten en el hardware y el software de comunicaciones asociado con el lado UAV del enlace de datos
- Uno o varios **UAVs**, incluyendo sus cargas útiles

#### 4.6.3.1.1. Implementación de la Arquitectura de la UCS según el LOI

En el Subapartado 4.2.1 se definieron los cinco niveles de interoperabilidad que se describen en el STANAG 4586. Un UCS puede ser compatible para cualquier combinación de LOIs o para todos los niveles. Por ejemplo, un UCS puede ser compatible para LOIs 1, 2, 3, 4, y 5 por su sistema nativo (como por ejemplo, el UAV Predator), y LOIs 2, 3 (recepción directa de datos de carga útil, así como el control y seguimiento de vehículos aéreos no tripulados cargas útiles ) con otro UAV (por ejemplo, el UAV francés Sperwer).

Para este proyecto, se tomarán UAVs de Clase I: pequeños (*smalls*), Clase II: tácticos y Clase III: (MALE), tal y como se describen en la Tabla 1 de éste proyecto. Más información sobre los posibles UAVs candidatos para los escenarios planteados, puede ser vista en el Apéndice A. Según las características de dichos UAVs, se implementarán arquitecturas de niveles de interoperabilidad 1, 2, 3, 5 ó 1, 2, 3, 4, en función de la capacidad de despegue/aterrizaje que posean.

A continuación se muestran las diferentes arquitecturas para los niveles escogidos de interoperabilidad:

- **Arquitectura para nivel 1 de interoperabilidad:**

Por definición, una UCS que posee un nivel 1 de interoperabilidad es capaz sólo de recepción indirecta, muestra en pantalla, y distribución (si es necesario) de los datos secundarios post-procesados.

Una UCS de nivel 1 recibe datos mediante la interfaz CCI (ver STANAG 4586, Apéndice B2), a través de otras UCSs o nodos C4I.

En ambos escenarios se plantearán UCSs de nivel 1 como pueden ser sistemas de memoria (CD-ROM, memorias *flash*) o pequeñas estaciones alejadas del área de misión (*palms, laptops*), donde únicamente se buscará la recepción, muestra y reenvío de los datos de los payloads de UAVs. Dichas estaciones se pueden interconectar con la transmisión de otra UCS o nodo C4I a

través de una interfaz física (por ejemplo, cobre, fibra o radio enlace de radiofrecuencia (RF)). Sin embargo, estas estaciones no serán tenidas en cuenta por el número de estaciones especificado en cada escenario, ni por la red de nodos formada a partir del STANAG 4660.

- **Arquitectura para niveles 2 y 3 de interoperabilidad:**

Una UCS de nivel 2 debe tener la capacidad para recibir los datos en bruto del UAV, procesar dichos datos en formatos compatibles, y si es necesario, difundirlos a través de la red de comunicaciones a otras UCS o nodos C4I. Esto implica que la UCS de nivel 2 tiene al menos un enlace de datos de sólo-recepción y contiene los servicios necesarios para recibir, formatear y visualizar imágenes y datos del UAV (en conformidad con los STANAG 4545, 4607, 4609 o 7023).

Una UCS de nivel 2 también debe ser capaz de emitir los comandos adecuados para controlar el elemento CDT del enlace de datos para llevar a cabo funciones tales como la selección de canales de comunicación y el apuntando de la antena.

Además de todas las capacidades para el nivel 2, la UCS de nivel 3 debe tener la capacidad para controlar los sistemas de *payload* a bordo del UAV. Esto implica que la UCS de nivel 3 debe estar conectada a un enlace de datos bidireccional y contienen no sólo los servicios necesarios para el formato y muestra de imágenes, y datos del UAV, sino también las funciones de soporte necesarias para el control del *payload* durante la ejecución de la misión.

El estado del AV especificado por el DLI, el estado del CDT, el control del CDT, el estado de la carga útil y los mensajes de control de *payload*, deben aplicarse al nivel 3.

En los escenarios propuestos, se va a plantear el uso de UCSs de nivel 2 y 3, mediante RVTs (Remote Video terminal):

- En el escenario de Vigilancia Marítima puede darse el caso de que exista alguna de las 3 estaciones de control previstas cuyo único propósito sea la recepción de datos de estado de *payload* y UAV, y el control de los *payloads* ubicados en los UAVs. La arquitectura propuesta será establecer la estación terrestre con LOI 4 o 5, dependiendo de los UAVs definidos en la misión, y las estaciones marítimas con LOI 2, 3, de modo que debido al tamaño de los RVTs, sea fácil la integración en lanchas rápidas de interceptación de objetivos (veáse Figura 35).



**Figura 35: UCS embarcada en una lancha rápida**

- En el escenario de Apoyo/Rescate en Zona Inhóspita/Inaccesible también puede ser útil el uso de RVTs con las mismas funcionalidades que en el escenario anterior, en alguna de las dos UCS terrestres. De nuevo, la arquitectura propuesta será el uso de un RVT por uno o un grupo de individuos pertenecientes a un grupo de salvamento que accedan a la zona de objetivo orientados por las imágenes retransmitidas por el RVT. Debido a la miniaturización de estos dispositivos es posible que el operador de la UCS se halle tanto en movimiento a pie como dentro de un vehículo terrestre (veáse Figura 36).



**Figura 36: UCS en formato RVT portable o montado en un Vehículo Terrestre**

- **Arquitectura para nivel 4 y 5 de interoperabilidad:**

Una UCS de nivel 4 debe tener la capacidad para controlar el vuelo del UAV. Esto implica que el nivel 4 UCS debe estar conectado a un enlace de datos bidireccional y contener las

funciones de soporte necesarias para el control de trayectoria de vuelo del vehículo durante la ejecución de la misión, excluyendo las operaciones de lanzamiento y recuperación.

La intención del STANAG 4586 es integrar la funcionalidad en el UCS, de dirigir la trayectoria de vuelo del vehículo en un contexto de no tiempo real, que generalmente supone un nivel de autonomía en la AV. La clave para lograr este tipo de control es proporcionar al operador controles y *displays* que no dependan de los servicios de baja latencia. Por ejemplo, un piloto automático que estabilice y dirija el vehículo puede recibir los comandos de *heading*, velocidad, altitud a la frecuencia que desea. Una vez recibidas, el piloto automático ejecuta los comandos tan pronto como sea posible, dada la seguridad de vuelo y las consideraciones propias de la maniobrabilidad del vehículo y el diseño del piloto automático. Dado que el control directo se proporciona de manera autónoma por el piloto automático a bordo, no hay ningún requisito de latencia en tiempo real.

Al igual que en el caso de la coordinación del control del *payload* en el nivel 3, en un sistema de nivel 4, el trabajo y coordinación de traspaso o *handover* del control del UAV se gestiona a través de los nodos C4I o a través del UAV.

Además de las capacidades para el nivel 4, una UCS de nivel 5 debe tener la capacidad para llevar a cabo operaciones de lanzamiento y recuperación. Esto implica que la UCS de nivel 5 debe estar conectada a un enlace de datos bidireccional y contener toda la gama de servicios necesarios para controlar todos los aspectos de funcionamiento del vehículo.

En los escenarios propuestos, se va a plantear el uso de UCSs de nivel 4 y 5. Como se ha citado anteriormente, el escenario constará de UAVs de Clase I: pequeños (*smalls*), Clase II: tácticos y Clase III: MALE, de modo que para ambos escenarios se considerará al menos una UCS como las que se citó en el Subapartado 4.5.4 (siendo el resto UCS de LOI 2 y 3, como se describieron anteriormente).

La UCS propuesta tendrá un sistema LRE incluido en la UCS, que dependerá del UAV utilizado. Para el caso de mini-UAVs el LRE consistirá simplemente en el lanzamiento a mano, y recuperación mediante paracaídas, como se observa en la Figura 37. Para los UAVs tácticos de ala rotatoria, y los UAV MALE, se prevé el uso de una base aérea terrestre o en fragata, siendo necesario para los primeros un pequeño espacio para el despegue vertical (AVTOL) mientras que para los segundos será imprescindible una pista taxi o principal como los aviones con tripulación (véase Figura 37).



**Figura 37: UCS de LOI 4 y 5**

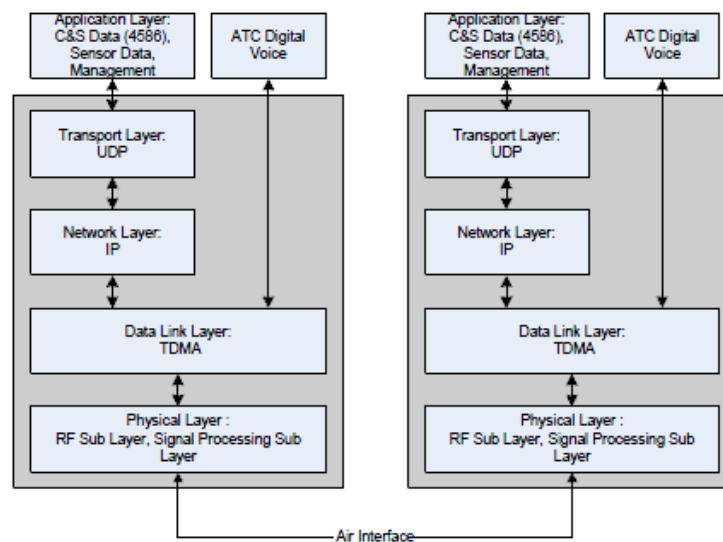
#### **4.6.3.2. Enlaces de Comunicaciones y Redes**

Como se citó anteriormente, los enlaces para las comunicaciones en los escenarios de interoperabilidad entre múltiples UAVs son:

- Enlace de datos de alta integridad de tasa baja (LDRDL) cuyos objetivos son soportados por el STANAG 4660 mediante el IC2DL.
- Enlace de datos de alta integridad de tasa alta (HDRDL), cuyos requisitos son compatibles con el STANAG 7085, el cual especifica el enlace ISR y es el estándar recomendado para el enlace de datos de banda ancha de UAVs. Por su carácter de documento clasificado, no será tratado en este Proyecto.

##### **4.6.3.2.1. Funcionalidades del Enlace IC2DL**

Hay dos clases de información transportada sobre las conexiones IC2DL: voz digital y datos de aplicación. Utilizando el modelo OSI como referencia, la aplicabilidad de cada capa de un sistema de IC2DL se muestra en la Figura 38.



**Figura 38: Flujo de Datos IC2DL**

Dados los dos tipos de clases de información y los protocolos usados en los Apartados 4.2 y 4.3, se encuentran las siguientes características para la red IC2DL:

- **Soporte para múltiples UAVs:** La red IC2DL tiene soporte para la operación de múltiples UAVs cuyas transmisiones pueden ser separadas por asignaciones en frecuencia, asignaciones de ranuras de transmisión, o combinaciones de ambos.

Para los escenarios propuestos no se especifica las frecuencias utilizadas dando por supuesto el uso de las clásicas en el mundo de UAS como son: VHF y UHF para canales de bajo ancho de banda. Dentro de estas bandas de frecuencia se realizarán las dos separaciones citadas para la transmisión además de suponer un gran espacio para la transmisión de imágenes del *payload* de los UAVs a las UCS.

- **Despegue y aterrizaje asistido (ATOL Mode):** La red IC2DL soporta la funcionalidad del enlace de datos para lanzamiento y recuperación primario para un solo UAV. Este modo puede ser soportado por una conexión dedicada, digital, half-duplex y de baja latencia.

Este enlace será único y característico para cada UAV y deberá ser definido en la fase de Pre-Vuelo en ambos escenarios.

- **Capacidad de hacer de nodo Relay (Relé):** La red IC2DL proveerá de una función de retransmisión a un UAV en misión, que esté más allá de la línea de visión de la estación de control.



En ambos escenarios, se planteará la posibilidad de establecer al menos un UAV como nodo Relay de tal manera que se usará como retransmisor de la información.

- **Escalabilidad:** La red IC2DL soportará hasta cinco nodos activos.

Esta característica supone una restricción en sí misma para ambos escenarios (especialmente el de Vigilancia Marítima que contaba con al menos 6 UAVs) ya que establece un tope de UAVs a controlar por esta red. De esta manera, si se desea tener en el aire un mayor número de UAVs dentro de la red, se plantean dos posibilidades:

- i) Proveer de varias subredes dentro de la misma misión (con un máximo de 5 UAVs en cada subred)
- ii) Uno o varios UAVs deberán permanecer en estado Pasivo, al menos un tiempo en cada misión, equivaliendo a una planificación por parte de la red acerca de la entrada y salida de UAVs en ella.

En los escenarios propuestos, se limitará el número de UAVs en 4 unidades, dejando para futuro proyectos la ampliación de dicho número.

- **Adaptabilidad:** La red IC2DL posee la capacidad de que los nodos puedan unirse a la red en vuelo, así como los nodos cambiar su uso de la red durante el vuelo, igualmente. Los nodos unidos a la red, deben tener la capacidad de solicitar y obtener acceso a la red para las aplicaciones de: datos, sensores, o voz.

Esta funcionalidad será determinante en los casos de emergencia de pérdidas de UAVs especialmente en el nodo Relay o el nodo Master.

- **Control de Integridad de Red:** La red IC2DL promueve la posesión de un backup de la arquitectura del nodo Master para proporcionar y mantener la integridad de la red cuando el nodo Master deja de estar disponible por cualquier motivo. La capa de Aplicación gestionará la reasignación de los nodo(s) según sea necesario, para asegurar que la red tiene un único nodo Master.

Esta funcionalidad será clave en los escenarios en caso de emergencia por pérdida del enlace con el Nodo Master.

- **Minimizar la auto-interferencia:** La red IC2DL posee una coordinación de la capa de aplicación para la programación de las transmisiones en el tiempo (la asignación de frecuencia se lleva a cabo por la capa física).

- **Soporte para múltiples tipos de datos:** La red IC2DL apoyará el uso de múltiples circuitos lógicos que sean transparentes el uno al otro, para la transmisión simultánea de múltiples tipos de datos (por ejemplo, CCS, datos del sensor, y voz digital).

En este proyecto únicamente se tratará con los mensajes CCS dejando el diseño de datos del sensor y voz digital a la referencia usada por los STANAGs citados en el Apartado 4.4.

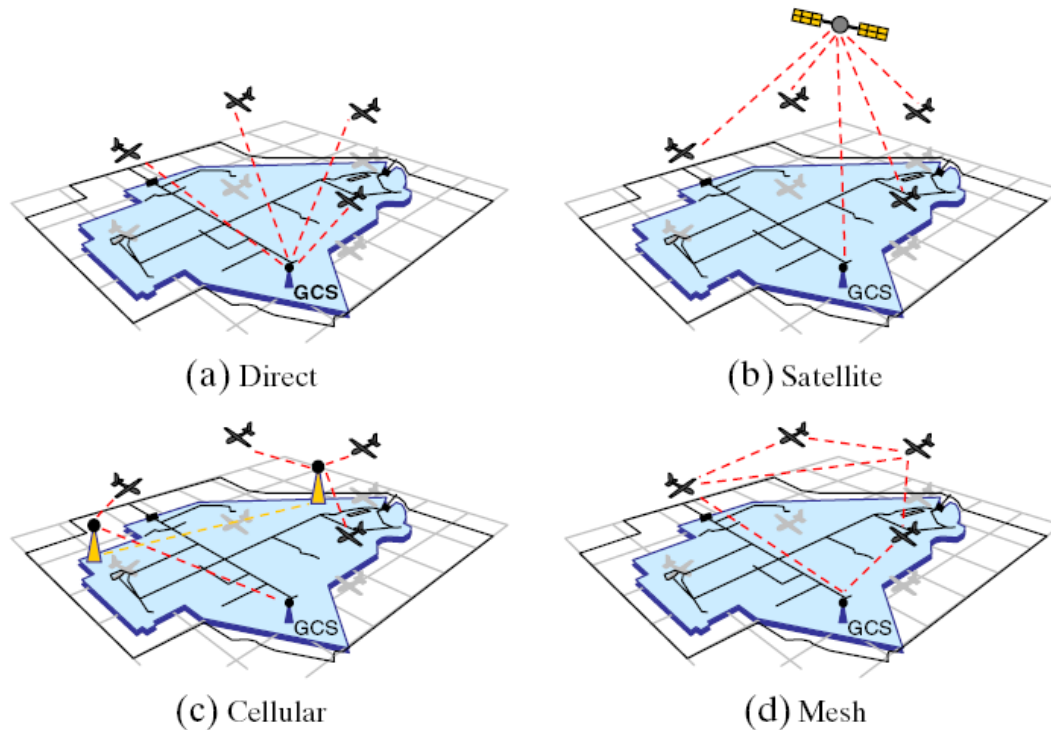
#### 4.6.3.2.2. Operación de Nodos IC2DL

Como se citó en el Subapartado 4.3.2, en las redes IC2DL bajo el uso de TDMA se utilizarán cuatro tipos de nodos, que también se encontrarán en los escenarios propuestos.

- 1) **Nodo Master:** En ambos escenarios se planteará la existencia de un solo Nodo Master situado en la estación de tierra o en el caso de Vigilancia Marítima, en una fragata. El Nodo Master, se encargará de transmitir los Mensajes de Sincronización de Tiempo (TSM) periódicamente para la sincronización con los nodos Relays y Esclavos (ver TSM en 4.3.2.7).
- 2) **Nodo Relay:** El nodo Relay se utiliza para retransmitir mensajes a través de la red y transmitir TSMs periódicamente para sincronizarse con el nodo Master. En ambos escenarios se planteará la necesidad de poseer un nodo Relay constituido por un UAV de tipo MALE, que vuele a más altura que el resto para poseer un amplio rango de visión cubriendo el área de misión del escenario.
- 3) **Nodo Esclavo:** Los nodos Esclavos utilizan al nodo Master y/o Relay para sincronizar y adherirse a la red. En ambos escenarios encontraremos nodos de este tipo, generalmente formados por UAVs de tipo mini o táctico, que son únicamente capaces de cubrir una zona del área de misión y que se sincronizan y comunican con la red a través de la GCS (Nodo Master) o con el UAV MALE (Nodo Relay). También serán considerados nodos Esclavos las UCS restantes cuando haya más de una en un escenario cualquiera de los propuestos.
- 4) **Nodo Pasivo:** Es posible encontrar en ambos escenarios RVTs actuando como UCS de LOI 2 y 3, como se citó anteriormente, que en la red IC2DL actuarán como nodos Pasivos, de modo que, se sincronizan a la red pero no se unen a ella. De otro modo, puede decirse que son nodos receptores de información.

#### 4.6.3.2.3. Arquitectura de Comunicaciones

Existen cuatro arquitecturas básicas de comunicación que serán tenidas en cuenta en los escenarios de Vigilancia Marítima y Apoyo/Rescate en Zona Inhóspita/Inaccesible: Enlaces Directos, Satelitales, Celulares o Redes de Mallas (Ver Figura 39).



**Figura 39: Diferentes Arquitectura de Comunicaciones**

Las situaciones más habituales para el enlace IC2DL en ambos escenarios, implican enlaces Directos (Figura 39 (a)) entre la UCS y los UAVs. Dichos enlaces son dedicados entre la estación GCS y el UAV y constituyen la arquitectura más simple posible. Por otro lado, definen una arquitectura centralizada en las estaciones GCS, las cuales necesitan estar en permanente comunicación con LOS (Line-Of-Sight). Los relieves y obstrucciones pueden bloquear la señal, de tal modo que, para distancias mayores, el UA necesitará transmisores de alta potencia, antenas directivas o un ancho de banda significativo para soportar downlinks de alta tasa de datos. Por otro lado los *handovers* entre UCSs serán de alta complejidad como será visto posteriormente en el punto 4.6.3.5.

Para los UAVs de tipo MALE que sirvan para realizar tareas de Relay en ambos escenarios, es posible encontrar capacidades satelitales que provean de una mayor cobertura que los Enlaces

Directos. Sin embargo, para aplicaciones de alta tasa de datos, es necesario antenas directivas voluminosas con tamaño, peso y coste inapropiado, y es posible que los enlaces sufran altos retrasos en la señal debido a la distancia entre GCS/UA-Satélite.

En el caso en que se usara una arquitectura como en los teléfonos móviles para ambos escenarios, nos encontraríamos con una red Celular. Los Enlaces Celulares se refieren a una infraestructura de torretas para downlink similar a la infraestructura de telefonía móvil ubicada actual. Este tipo de arquitecturas se hallan fuera del objetivo del proyecto.

Finalmente, en el caso en que los UAVs de los escenarios sean altamente autónomos, y tengan comunicación avión-avión, entonces se tendrá Enlaces de tipo Malla. Para los escenarios propuestos no se contemplarán dichas comunicaciones, alejándose esta arquitectura del objetivo del proyecto.

#### 4.6.3.2.4. Uso de TDMA

Cada *timeslot* en el protocolo TDMA de IC2DL tiene una duración de 10 ms, un "marco" de 200 ms (20 *timeslots* contiguos), y una "época" de 1s (5 marcos contiguos). De esta manera obtenemos el siguiente esquema:

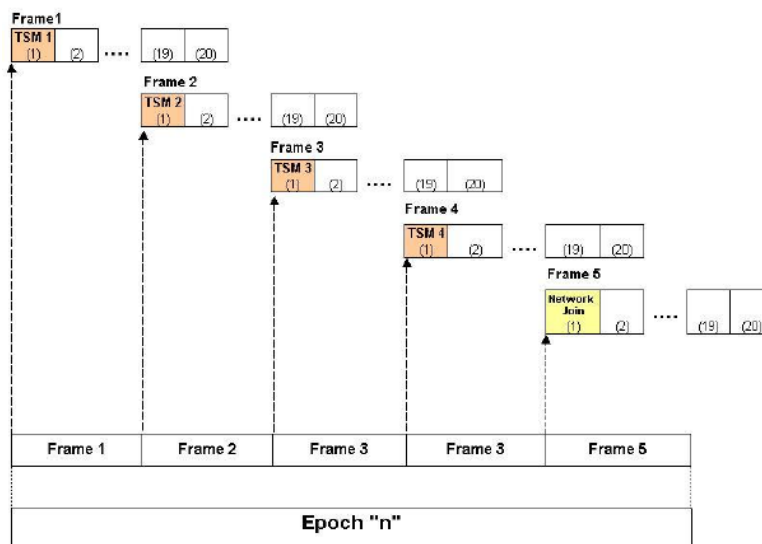


Figura 40: Uso de TDMA en el STANAG 4660

Según el esquema anterior y lo expuesto en el punto 4.3.2.2, se obtienen una serie de observaciones a tener en cuenta en los escenarios propuestos:

- Se puede alterar la tasa de datos de los diferentes circuitos, aumentando o disminuyendo el número de *timeslots* asignados a los circuitos particulares dentro de una época. La tasa de datos se incrementa con la asignación de más *timeslots* en el circuito en particular.
- Los circuitos que incluyen retransmisiones requieren dos *timeslots* para comunicar los mensajes del NID origen hasta el NID de destino final.
- Las latencias máximas se encuentran definidas en la siguiente Tabla:

Maximum Latency	
Launch and Recovery	50-100ms
Air Vehicle C2(non-L/R)	1 second
Sensor C2	200ms
Voice <sup>4</sup>	30ms

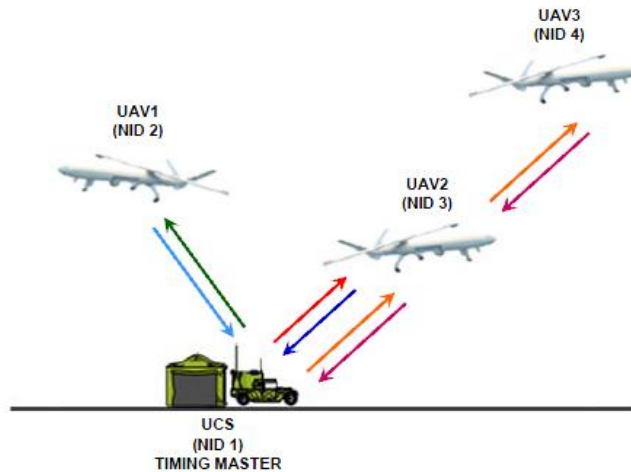
**Figura 41: Máximas Latencias en STANAG 4660**

La latencia referente al C2 del UAV viene determinado por el tiempo entre épocas suponiendo que el *timeslot* continúa en la misma posición.

#### 4.6.3.2.5. Circuitos IC2DL

Como se citó en 4.3.2.3, un circuito define la ruta del mensaje desde el nodo origen al nodo o nodos destino(s). IC2DL puede soportar hasta 16 circuitos diferentes definidos por el usuario, con hasta 5 nodos activos en la red.

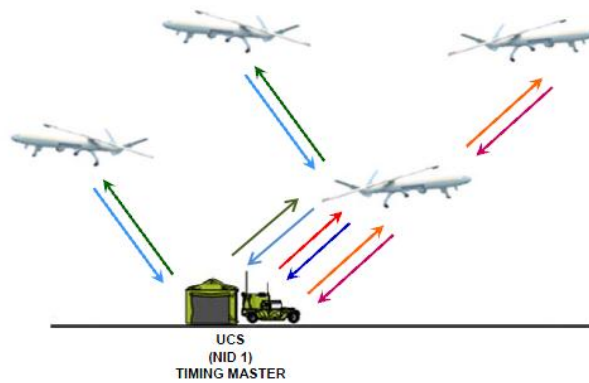
Los circuitos planteados para el sistema (como por ejemplo, el de la Figura 42), estarán focalizados a enlaces Directos, tal y como se citó en 4.6.3.2.3. De este modo no se considerarán circuitos ni comunicaciones entre diferentes UAVs, salvo en el caso de ser nodo Relay. Dichas comunicaciones si podrían tenerse en cuenta en un ambiente en el cual fuera necesario capacidades “*Sense&Avoid*” para evitar colisiones entre ellos o con aviones de Espacio No Segregado. Sin embargo para facilitar el esquema del escenario propuesto solo se considerarán Enlaces Directos dejando en manos del Autopiloto cualquier tarea de emergencia, pérdida del enlace, o posible colisión con otros UAVs.



**Figura 42: Esquema de Circuito en STANAG 4660**

Como ejemplo de sistema para ambos escenarios, vamos a considerar lo siguiente:

- Existirá una UCS de LOI 4,5 terrestre la cual tendrá un número de identificación (NID) 1. El resto de nodos, se comunicarán con dicha UCS mediante Enlaces Directos a través de circuitos de transmisión como recepción. La comunicación de la UCS de LOI 4,5 con otras posible UCSs de LOI 2,3 o el nodo C4I se realizará utilizando la interfaz CCI, la cual se halla fuera del ámbito de éste proyecto.
- El número mínimo de circuitos para los escenarios previstos es 2, que coincide con el caso en que sólo se poseen dos nodos activos (UCS de LOI 4,5 y un UAV).
- El número máximo de circuitos para ambos escenarios dependerá de:
  - Número de nodos de Plataformas No Tripuladas (UAVs), suponiendo que únicamente la red es capaz de soportar 5 nodos activos y por tanto, la suma de UAVs con UCS activas no puede superar la cifra de 5 unidades.
  - Número de estaciones terrestres activas. Los UCS de LOI 2,3 que permanezcan en modo pasivo, sólo reciben en timeslots asignados en base a la configuración de red. De esta manera únicamente escuchan la red pero no se unen a ella y por lo tanto no se crean circuitos nuevos.



**Figura 43: Circuitos para los Escenarios Planteados**

- Conviene tener en cuenta, que un alto número de circuitos implica incrementar la complejidad de la red, por tanto hay que optimizar el uso de múltiples UAVs con el mínimo número de circuitos. De esta manera, a modo de diseño, se tomará como modelo el escenario planteado en la Figura 43, donde sólo se tendrá una UCS actuando como nodo activo.
- Una manera de minimizar el número de circuitos, es minimizar el número de UAVs operando como Nodos Relays.

#### 4.6.3.2.6. Estados del enlace de datos IC2DL

Los estados de los nodos (ver punto 4.3.2.4), dependerán de la configuración que se les quiera otorgar en la misión. Como se ha citado en el punto anterior, el Nodo Master corresponderá con la UCS de LOI 4,5. El estado activo del nodo Master, le vendrá dada a dicha UCS desde el comienzo de la misión (pasando previamente por el estado Inactivo y Parado, hasta que la configuración es finalizada) y no variará a lo largo de ésta.

Las UCS restantes de LOI 2,3 no cambiarán tampoco de estado, siempre serán Nodos Pasivos y permanecerán en este estado toda la misión.

Los nodos restantes, los UAVs, variarán de estado dependiendo de las condiciones del escenario:

- Estado Inactivo, por el cual el Nodo está apagado por encontrarse fuera del escenario de misión o por un error de inicialización de SW de IC2DL. En cualquier caso, se

considerará en ambos escenarios que el nodo estará en este estado hasta que el Nodo Master está configurado y en plenas garantías de funcionamiento.

- Estado Parado (*Idle*), en el cual el Nodo está encendido e inicializando el SW de IC2DL. Como se describió en el punto 4.3.2.4, en este estado el nodo no es capaz de transmitir ni recibir ningún dato o voz. De esta manera, el nodo se encuentra esperando a ser configurando.

En este estado, el nodo o UAV, puede encontrarse en pista, o en la rampa de lanzamiento del sistema L/R, para en breve ser puesto en el aire.

- Estado activo del nodo Slave, el cual será el estado de los UAVs desde que despegan del sistema L/R, hasta que aterrizan. Como se describió en el punto 4.3.2.4, en este estado, los nodos esclavos son capaces de enviar mensajes de datos en *timeslots* asignados en base a la configuración de red.
- Estado activo del nodo Relay, el cual será el estado de los UAVs con capacidad de retransmitir, desde que despegan del sistema L/R, hasta que aterrizan. Como se describió en el punto 4.3.2.4, en este estado, los Nodos Relays son capaces de enviar TSMs en *timeslots* asignados en base a la configuración de red. De esta manera tienen poder para activar o desactivar el circuito a través del cual se realiza la retransmisión.

#### 4.6.3.3. *Diseño de la interfaz DLI*

Es necesaria una interfaz de datos bidireccional para proporcionar una vía de comunicación entre el VSM y el CUCS para transmitir mensajes DLI entre los dos componentes. El STANAG 4586 impone el requerimiento de que el CUCS use multidifusión UDP (*multicast*) para la transmisión de los mensajes DLI genéricos y se prevé la opción del uso de TCP/IP ó UDP/IP para la transmisión de los displays remotos de vehículos específicos entre el CUCS y VSM.

El protocolo de multidifusión UDP, requiere la especificación de una dirección IP y un puerto. Puede ser agregado un servicio al archivo de servicios que identifica los puertos UDP que se utilizarán entre el CUCS y el VSM.

Por ejemplo en un sistema UNIX podemos tener los siguientes servicios:

<b>Service_name</b>	<b>Port/protocol</b>
---------------------	----------------------



CucsMulticast	52000/udp	Multicast from CUCS
VsmMulticast	52001/udp	Multicast from VSM

Hay un requisito adicional para identificar la dirección IP *multicast* para la conexión: En muchas configuraciones de red, el rango de direcciones IP disponibles para la multidifusión UDP se limita a estar entre 224.0.0.0 y 239.255.255.255. Tanto la descripción de la dirección de multidifusión del CUCS como la dirección de multidifusión del VSM, deben ser especificadas por una combinación de dirección IP y número de puerto (por ejemplo 233.16.14.28:52000). La determinación de las direcciones de multidifusión (*multicast*) adecuadas y los puertos UDP, es en última instancia una tarea de la administración de red .

Cuando el VSM está en el aire, el ID del vehículo será el ID de VSM, y el ID del vehículo lo más probable es también el número pintado en el vehículo (*tail number*). Además, sólo habrá un VSM por UAV.

#### 4.6.3.3.1. Estándar de distribución de mensajes

El STANAG 4586 divide la lista de STANAG 4586 Mensajes DLI por su fuente, CUCS o VSM, y por combinación lógica. La recepción de los mensajes erróneos, o mensajes no soportados por una LOI específica, no debe provocar efectos adversos ya sea en el CUCS o VSM.

El STANAG 4586 utiliza un enfoque de “*message passing*” para proporcionar comunicaciones inter-procesos. Dicho STANAG, define un sistema para el transporte de estos mensajes, para asegurar una correcta entrega de los mensajes, gestionar la asignación de recursos, y proporciona una definición estándar de cómo los datos van a ser formateados y empaquetados.

#### **Mensaje de Envoltura (*Message Wrapper*)**

El STANAG define un *Message Wrapper* necesario para la transmisión de los mensajes DLI. El *wrapper* se utiliza para direccionar los mensajes al destino correcto, y verificar su correcta recepción. A continuación, se muestran los campos que contiene el *Message Wrapper*:

- *Documento de Definición de Interfaz*: Es una cadena terminada en cero, que corresponde a la revisión del documento STANAG 4586.

- *Identificador de Instancia de Mensaje*: Es un identificador único para el *wrapper* y los tipos de mensaje DLI.
- *Longitud del Mensaje*: Es el número de bytes en el cuerpo del mensaje, excluyendo la cabecera.
- *ID de Stream*: Capacidad futura.
- *Número de Secuencia de Paquete*: Fue creado con la intención de proveer la capacidad de enviar un mensaje DLI particionado en múltiples paquetes, si existía una limitación en la longitud de transmisión de datos máximo. Este campo no debe ser utilizado finalmente, ya que el mensaje no debe ser enviado en varios paquetes.
- *Datos del Mensaje*: Se compone de uno de los mensajes definidos en el STANAG 4586.
- *Checksum*: Se lleva a cabo de tal manera que se toma el *wrapper* del mensaje completo y los datos del mensaje, con exclusión de la propia suma de comprobación (*Checksum*).

La tabla siguiente es un ejemplo de un mensaje DLI envuelto en la estructura del *wrapper* (Mensaje # 1, CUCS Authorization Request):

Wrapping Element	Message section	Size (bytes)	Content	Formatted content (Hex)
IDD		10 (NULL Terminated)	"2.0"	32 2e 30 00 00 00 00 00 00 00
Msg Instance Id		4	751	00 00 02 ef
Msg Type		4	1	00 00 00 01
Message Length		4	31	00 00 00 1f
Stream ID		4	-1	ff ff ff ff
Packet Seq. #		4	-1	ff ff ff ff

<b>Message Data</b>	Timestamp	8	0.1234	3f bf 97 24 74 53 0e f3
	Vehicle ID	4	10.8.1.167	0a 08 01 a7
	CUCS ID	4	10.12.0.4	0a 0c 00 04
	Vehicle Type	2	11	00 0b
	Vehicle Sub Type	2	2	00 02
	Data link ID	4	10.12.0.1	0a 0c 00 01
	Requested LOI	1	3	03
	Controlled Station	4	0x00000004	00 00 00 04
	Controlled Station Mode	1	1	01
	Wait for Data link Trans. Msg.	1	0	00
<b>Checksum</b>		4	3738	00 00 0e 9a
<b>Total length</b>		<b>65</b>		

**Figura 44: Ejemplo de Estructura del Wrapper para el Mensaje #1**

#### 4.6.3.4. Fases de vuelo

Para las diferentes Fases de Vuelo que se establecen en un UAV se envían/reciben diferentes mensajes del STANAG 4586 para acomodarse al LOI impuesto por los diseñadores.

Dentro de los escenarios propuestos se tomará para los diferentes UCS/UAVs las siguientes direcciones IP de ejemplo:

Nombre_Servicio	Dirección IP
UCS 1 (LOI 4,5, Nodo Master):	172.16.14.1
UCS 2 (LOI 2,3):	172.16.14.2
UCS 3 (LOI 2,3):	172.16.14.3
UAV 1 (Nodo Relay, UAV MALE):	172.16.14.10
UAV 2 (Nodo esclavo 1):	172.16.14.11
UAV 3 (Nodo esclavo 2):	172.16.14.12
UAV 4 (Nodo esclavo 3):	172.16.14.13

El número de UAVs en el aire viene determinado por el máximo número de nodos activo en la red IC2DL (según el STANAG 4660 son cinco). Las UCS de LOI 2,3, tendrán la función de nodos pasivos (receptores de información y datos).

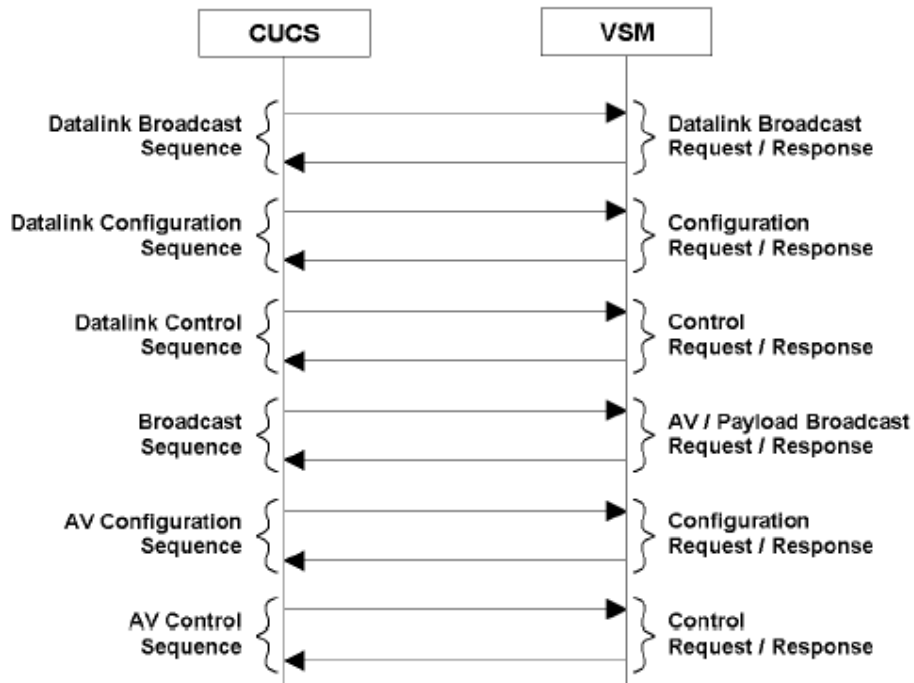
A continuación se mostrarán los mensajes de la Tabla 3, referentes a su uso en cada una de las siguientes fases.

#### 4.6.3.4.1. Pre-Vuelo

Durante la fase de pre-vuelo, se realizarán las siguientes acciones comunes para todos los UAVs planteados en los escenarios y para cualquier LOI establecida:

- **Cumplimiento de los procedimientos ATC:** Previamente al vuelo, el ATC debe tener conocimientos de:
  - Plan de vuelo, llevado a cabo por cada uno de los UAVs dentro de los escenarios
  - Plan de emergencia, de cada uno de los UAVs dentro de los escenarios
  - Espacio aéreo utilizado (Segregado o No Segregado)
- **Conocimiento de información meteorológica**
- **Previsión de combustible** para la misión a realiza, teniendo en cuenta las posibles emergencias de cada escenario
- **Ejecución de la misión en simuladores**
- **Uso de *checklists*, y preparación de un *logbook***

Una vez que el UAV (tanto de ala fija como rotatoria), se halla en pista (taxiing) o en la rampa del sistema L/R, entonces se inicia la secuencia de conexión entre el VSM y el CUCS. El CUCS primero debe descubrir un VSM, un vehículo aéreo ( UAV) o un enlace de datos, en la red a fin de solicitar datos de configuración del VSM/ UAV/Enlace de datos, y entonces debe solicitar una conexión a supervisar y/o controlar una VSM/ UAV/Enlace de datos, y/o una carga útil (*payload*). El siguiente diagrama muestra la secuencia de mensajes necesarios (transacciones) para el descubrimiento, configuración y el proceso de conexión del VSM/ UAV/Enlace de datos.



**Figura 45: Secuencia de descubrimiento, configuración y conexión del VSM/ UAV/Enlace de datos**

A continuación, se irá mostrando más en detalle cada uno de las peticiones/respuesta citados en la Figura anterior.

- **Descubrimiento, Configuración y Conexión del Enlace de Datos:**

A modo de descripción, en primer lugar, el CUCS debe conocer o determinar la conexión del Enlace de datos. Como se ha citado anteriormente a lo largo del proyecto, se considerarán dos tipos de enlaces: Enlace de datos de alta integridad de tasa baja (LDRDL), basado en el STANAG 4660, y, el Enlace de datos de alta integridad de tasa alta (HDRDL), basado en el STANAG 7085.

- *Descubrimiento, Configuración y Conexión de ambos Enlace de Datos:*

La Figura 46 siguiente, muestra de manera más detallada las tres primeras secuencia de mensajes de la Figura 45, para el caso de Enlaces de Datos HDRDL y LDRDL:

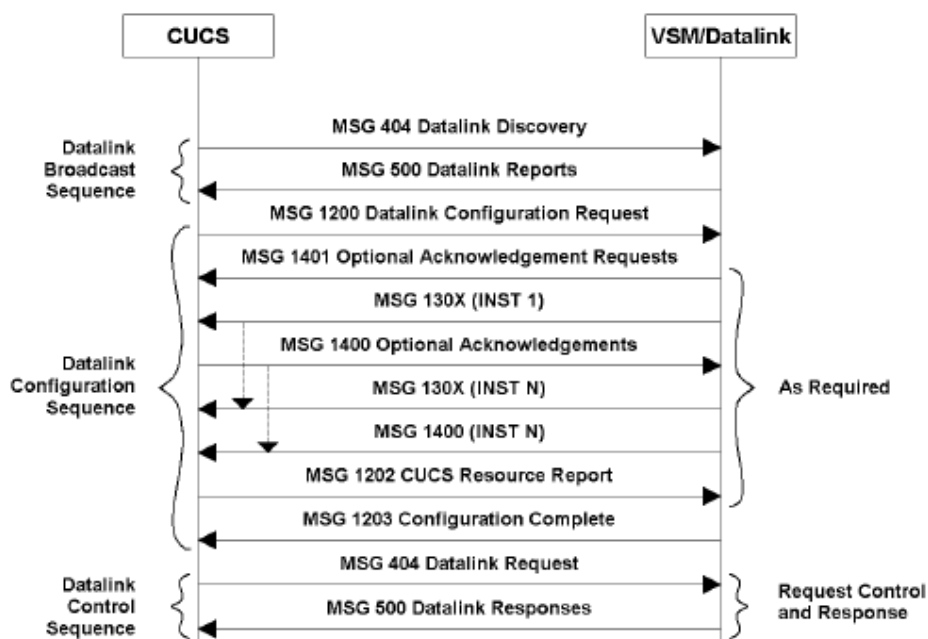


Figura 46: Secuencia para el Descubrimiento, Configuración y Conexión de ambos Enlace de Datos

En el caso en que se conozca el ID del Enlace de Datos, el CUCS solicitará información de configuración del Enlace de Datos al VSM y posteriormente realizará una solicitud de conexión. En el caso de que el ID del Enlace de Datos sea desconocido, el CUCS transmitirá el Mensaje #404, en el modo de difusión (*broadcast*) para determinar posibles conexiones a enlaces de datos.

[Ver Mensaje #404 en Apéndice C]

El Mensaje #500, es esperado en el VSM/Enlace de Datos, como respuesta al Mensaje de Solicitud de *Broadcast* del CUCS.

[Ver Mensaje #500 en Apéndice C]

Posteriormente, se selecciona una respuesta de las posibles del Enlace de Datos (VSM), y el CUCS transmite o bien el Mensaje #1200, o bien el Mensaje #1202 si se utilizan pantallas remotas (*remote displays*) para controlar el enlace de datos. En el caso de los escenarios propuestos se enviará el Mensaje #1200 puesto que no se contempla el uso de control mediante *remote displays*, ya que todo el control estará centralizado en la UCS de LOI 4/5.

Tras el Mensaje #1200, el VSM/Enlace de Datos podrá solicitar que el CUCS certifique todas las respuestas de configuración transmitidas (Mensajes de la serie #130X), mediante el envío del Mensaje #1401 solicitado al CUCS:

- Mensaje #1300, *Field Configuration Integer Response*

- Mensaje #1301, *Field Configuration Double Response*
- Mensaje #1302, *Field Configuration Enumerated Response*
- Mensaje #1303, *Field Configuration Command – Static parameters*

El CUCS responderá a cada uno de los mensajes de configuración transmitidos por el VSM/Enlace de Datos usando el Mensaje #1400. La recepción del Mensaje # 1203, completa la configuración.

Desde este entonces, el Mensaje #404, puede ser transmitido a la VSM del CUCS para solicitar el control de la configuración de Enlace de Datos. El VSM responderá a la solicitud de control mediante el Mensaje #500, para garantizar que la solicitud es aplicable.

Una vez que el CUCS tiene el control de la configuración, la siguiente secuencia tiene paso, para la configuración de los parámetros de comunicaciones y pedestales de ambos tipos de Enlaces de Datos:

CUCS	VSM
<b>Message #400: Data Link Setup Message -&gt;</b> <b>Message #402: Pedestal Configuration Message-&gt;</b> <b>Message #401: Data Link Control Command -&gt;</b> <b>Message #403: Pedestal Control Command</b>	
	<b>&lt;- Message #502: Data Link Control Command Status</b> <b>&lt;- Message #501: Data Link Status Report</b> <b>&lt;- Message #503: Pedestal Status Report</b>
<b>Message #1: CUCS Authorization Request -&gt;</b> Vehicle/Payload Control Request	
	<b>&lt;- Message #21: VSM Authorization Response</b> Control Response

**Figura 47: Secuencia para la Configuración de Parámetros del Enlace de Datos**

De esta manera, los mensajes implicados en la anterior secuencia son los siguientes:

- Mensaje #400, *Data Link Set Up Message*

Se utiliza para establecer los parámetros necesarios para la operación de ambos Enlaces de Datos.

Los Enlaces de Datos requieren un código PN y un código de frecuencia para operar, que será definido en este Mensaje.

- Mensaje #401, *Data Link Control Command*

Este Mensaje es utilizado por el CUCS para enviar comandos a los componentes del Equipo de Comunicaciones de cada Enlace de Datos. El mensaje ofrece la posibilidad de establecer el estado (modo) del Enlace de Datos, seleccionar el tipo de antena, y seguridad de comunicación si es necesaria.

- Mensaje #402, *Pedestal Configuration Message*

Este Mensaje proporciona la posibilidad de seleccionar la ubicación de la Antena CDT (*Control Data Terminal*) en el CUCS y transmitir esta información al VSM.

Al encontrarse el VSM en el UAV, éste Mensaje puede ser transparente para el UAV.

- Mensaje #403, *Pedestal Control Command*

Los *offsets* de los ángulos de azimut y elevación se envían continuamente del CUCS a la VSM/Enlace de datos.

Al encontrarse el VSM en el UAV, éste Mensaje puede ser transparente para el UAV.

- Mensaje #502, *Data Link Control Command Status*

Este mensaje se envía de la VSM a la CUCS, proporcionando un informe de la situación de los parámetros de Enlace del Datos correspondientes al Mensaje #401.

- Mensaje #501, *Data Link Status Report*

Este Mensaje se utiliza para informar del estado de los equipos de comunicaciones, la antena que se utiliza, los parámetros de comunicación, la calidad del enlace descendente, e informa sobre la presencia de equipos de seguridad de las comunicaciones y su estado.

Por tanto, este Mensaje informa sobre los parámetros inicializado en el Mensaje #400 y sobre los parámetros del Mensaje #402.



- Mensaje #503, *Pedestal Status Report*

Reporta el estado del pedestal configurado mediante los Mensajes #402 y #403. Al encontrarse el VSM en el UAV, éste Mensaje puede ser transparente para el UAV.

*[Ver Mensajes #400, #401, #402, #403, #502, #501, #503 en Apéndice C]*

- *Configuración y Conexión propios del Enlace de Datos LDRDL:*

Durante la puesta a punto Enlace de Datos LDRDL, debe ser enviado el Mensaje #405, desde el UCS al Enlace de Datos para asignar los canales de frecuencia adecuados. El Mensaje #505 puede ser solicitado para interrogar al Enlace de Datos acerca de los canales que están actualmente asignados. La selección de los canales de transmisión determinará tanto la tasa de datos máxima como la repetición de datos que el Enlace de Datos puede soportar. Para permitir al usuario solicitar el Mensaje #505, el Enlace de Datos debe soportar el Mensaje #1403. Ambos Mensajes #405 y #505 pueden ser enviados varias veces para definir completamente la configuración de la frecuencia.

*[Ver Mensajes #405 y #505 en Apéndice C]*

La tasa de datos que puede soportar cada ranura y la semilla PN a utilizar, pueden ser solicitadas por medio del Mensaje #406. El enlace de datos utilizará éste en el cálculo de cómo se asignan los datos en el canal de RF. El Mensaje #506, puede ser solicitado para informar de la tasa de datos requerida y real, datos de usuario y semilla PN. Si el número de canales RF no soporta la tasa de datos requerida, se informa que la tasa real será menor que la tasa de datos requerida. Para permitir al usuario solicitar este Mensaje, el Enlace de Datos debe soportar el Mensaje #1403.

*[Ver Mensajes #406 y #506 en Apéndice C]*

Para realmente enviar/recibir datos, el Enlace de Datos debe estar configurado para conocer qué datos de circuito lógico son recibidos/transmitidos, a través de qué nodos. El Mensaje #407, se utiliza para definir el nodo origen de los datos (transmisor) y el nodo destino (receptor). Este mensaje también se utiliza para definir el offset del slot de retransmisión. Este mensaje sólo puede configurar un circuito lógico a la vez y puede tener que enviarse varias veces para configurar

completamente un enlace de datos. De igual manera, el Mensaje # 407 también puede usarse para liberar la asignación de un circuito entre los nodos origen y destino. El Mensaje #507, puede ser solicitado para determinar la configuración del circuito actual. Si se define más de un circuito, se enviarán múltiples Mensajes #507 para definir plenamente la asignación. Para permitir al usuario solicitar este Mensaje, el Enlace de Datos debe soportar el Mensaje #1403.

*[Ver Mensajes #407 y #507 en Apéndice C]*

Además de la asignación de circuitos lógicos a nodos, también se debe definir la asignación de circuitos a *timeslots* por medio del Mensaje #408. Este mensaje permite que el circuito sea asignado a uno o más de los 100 *timeslots* definidos por la forma de onda de TDMA. Hay un número limitado de *timeslots* que se reservan para la gestión del Enlace de Datos y no pueden ser utilizados por el usuario. El Mensaje #508 puede ser requerido para determinar el circuito actual asignado en un *timeslot*. Para permitir al usuario solicitar este mensaje, el enlace de datos debe soportar el Mensaje #1403.

*[Ver Mensajes #408 y #508 en Apéndice C]*

Con la asignación a nodos y *timeslots* definida, el Mensaje #409 se utiliza para definir el puerto origen UDP/Voz digital de los datos. Este mensaje también permite tres clases de datos que se definen para un circuito que permita el establecimiento de prioridades de aplicación de datos. Si es necesario, definir más de un circuito y/o más de una clase de datos, este mensaje deberá ser enviado múltiples veces. El Mensaje #509 puede ser requerido para determinar la configuración actual del puerto del Enlace de Datos. Si se define más de una asignación a un puerto, entonces se enviarán múltiples Mensajes #509 para definir por completo la asignación. Para permitir al usuario solicitar este mensaje, el enlace de datos debe soportar el Mensaje #1403.

*[Ver Mensajes #409 y #509 en Apéndice C]*

El Mensaje #410 se utiliza para definir una dirección IP o MAC para cada nodo del Enlace de Datos. Todos los mensaje UDP se enviarán/recibirán desde esta dirección. El Mensaje #510 se usa para de igual modo, para dar información sobre la asignación de la dirección actual. Para permitir al usuario solicitar este mensaje, el Enlace de Datos debe soportar el Mensaje #1403.

*[Ver Mensajes #410 y #510 en Apéndice C]*

El Mensaje #412, permite al usuario definir la prioridad de las clases de datos definidos en el Mensaje #409, de modo que, si todos los datos no caben en un slot de un circuito determinado, el Enlace de Datos adaptará los datos en el slot, en el orden dado por este mensaje y descartará los

datos que no caben. Por otro lado, el Mensaje #512 puede ser requerido para determinar la prioridad actual de un circuito lógico dado.

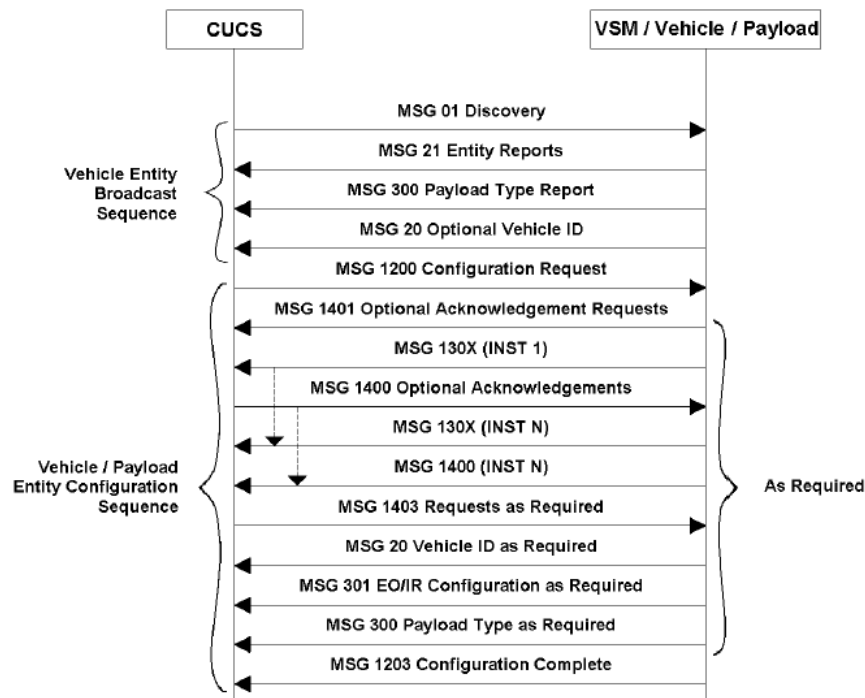
*[Ver Mensajes #410 y #510 en Apéndice C]*

Para permitir que la configuración del Enlace de Datos sea rápida, el Mensaje #415 permite al *host* definir un perfil que contiene toda la configuración del Enlace de Datos. Al definir un perfil, este mensaje impide al host proporcionar datos sobre el perfil de la configuración actual del Enlace de Datos. Mientras el mensaje puede soportar hasta 64 perfiles, el STANAG sólo requiere 3 y los adicionales son específicos del Enlace de Datos. El Mensaje #515 puede ser solicitado por el host para determinar el estado actual del perfil.

*[Ver Mensajes #415 y #515 en Apéndice C]*

- **Descubrimiento, Configuración del Vehículo Aéreo:**

El siguiente diagrama muestra una secuencia de mensajes más detallada para el descubrimiento y el proceso de configuración del VSM/Vehículo:



**Figura 48: Secuencia de Descubrimiento y Configuración del VSM/Vehículo**

En el caso de que la ID del Vehículo/VSM ID, el CUCS solicitará información de configuración del Vehículo al propio Vehículo/VSM y posteriormente realizará una solicitud de conexión. En el

caso de que la ID del Vehículo/VSM ID sea desconocida (el caso concreto de inicio de los escenarios propuestos), el CUCS transmitirá el Mensaje #01, en modo *broadcast* para descubrir las conexiones posibles a Vehículos/VSM. El campo de “*LOI Requerida*”, determinado por el CUCS, para filtrar la búsqueda a un LOI concreto, donde “*Sin Especificar*” indica que todas os LOIs son tratados igualmente. Los campos “Tipo de vehículo” y “Subtipo de Vehículo” del Mensaje #01 filtran un tipo específico de vehículo, con “0” indicando no identificado (“*Sin Especificar*”).

[Ver Mensaje #1 en Apéndice C]

Una vez recibido el Mensaje #1, el VSM transmite el Mensaje #21, a la CUCS solicitante. El VSM rellenará el ID de CUCS, tal y como se recibió en el Mensaje #01 y especificará igualmente el campo ID de Vehículo/ID VSM. En la actualidad, debido a limitaciones del STANAG 4586, el VSM/Vehículo, debe transmitir un Mensaje #300 inmediatamente después de la transmisión de Mensaje #21, con el fin de identificar el tipo de *payload* situado en la estación reportada.

[Ver Mensaje #300 en Apéndice C]

A través del Mensaje #21, el vehículo respondió a la solicitud del CUCS a través de un Enlace de Datos LDRDL, por lo tanto en esta situación, la ID del Vehículo reportado y el ID de Enlace de Datos utilizados para la solicitud, están unidos. A partir de este momento, todas las comunicaciones (solicitudes de configuración, los mensajes de control y de estado) a este Vehículo, obviamente, irán a través de dicho Enlace de Datos.

[Ver Mensajes #20 y #21 en Apéndice C]

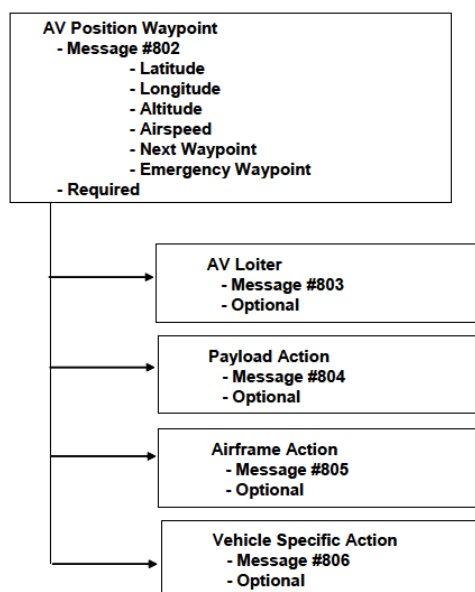
Finalizada la respuesta del VSM a través del Mensaje #20, el CUCS realiza una petición de configuración que puede abarcar datos de *payload*, Vehículo Aéreo o determinadas funcionalidades. Este proceso continúa como se sigue:

- Transmisión del Mensaje #1200 del CUCS al VSM:
  - El Vehículo/VSM si lo desea, puede transmitir el Mensaje #1401 a la CUCS para solicitar el acuse de recibo por parte del CUCS
  
- Respuesta del Vehículo/VSM con el Mensaje de Respuesta de Configuración requerido:
  - *Field Configuration Integer Response* (Mensaje #1300)
  - *Field Configuration Double Response* (Mensaje #1301)
  - *Field Configuration Enumerated Response* (Mensaje #1302)

- *Field Configuration Command* (Mensaje #1303)

- Definición la misión y los *waypoints* por los que el UAV pasará, a través de los Mensajes de STANAG 4586:

El Mensaje #802, es el mensaje base para definir *waypoints* de misión y el resto de Mensajes #80X deben hacer referencia a este mensaje. Para cada *waypoint*, puede haber un mensaje sobre el *loiter* (Mensaje #803), el *payload* (Mensaje #804), la estructura o fuselaje (Mensaje #805) y/o el vehículo específico (Mensaje #806) vinculado a ese *waypoint*. El campo “Número de *waypoint*” es el vínculo que une a cada uno de los mensajes entre sí (ver Figura 49). Sólo el Mensaje #802 es obligatorio para la creación de una misión, ya que define la secuencia de *waypoints* dentro de la misión, el resto de Mensajes #80X son opcionales por cada punto de control basado en lo que es apoyado por el VSM / UAV.



**Figura 49: Características Conjuntas de Mensajes de Misión**

La misión se carga desde el CUCS a la VSM como una serie de *waypoints* individuales sobre la base del Mensaje #802. Los *waypoints* de Misión se pueden cargar a la VSM en cualquier orden ya que el Mensaje #802 identifica el “Número de *waypoint*” que está siendo cargado en el mensaje y también se identifica en la secuencia del mensaje el “Siguiete *waypoint*”. Los “Número de *waypoint*” no tienen que ser contiguos dentro de una misión, sin embargo se recomienda que se pongan de manera continua.

El Mensaje #800 y #900, se utiliza para controlar el total de la subida, de la descarga y del almacenamiento de una misión entre el CUCS y VSM/ UAV. El Mensaje #801, es utilizado

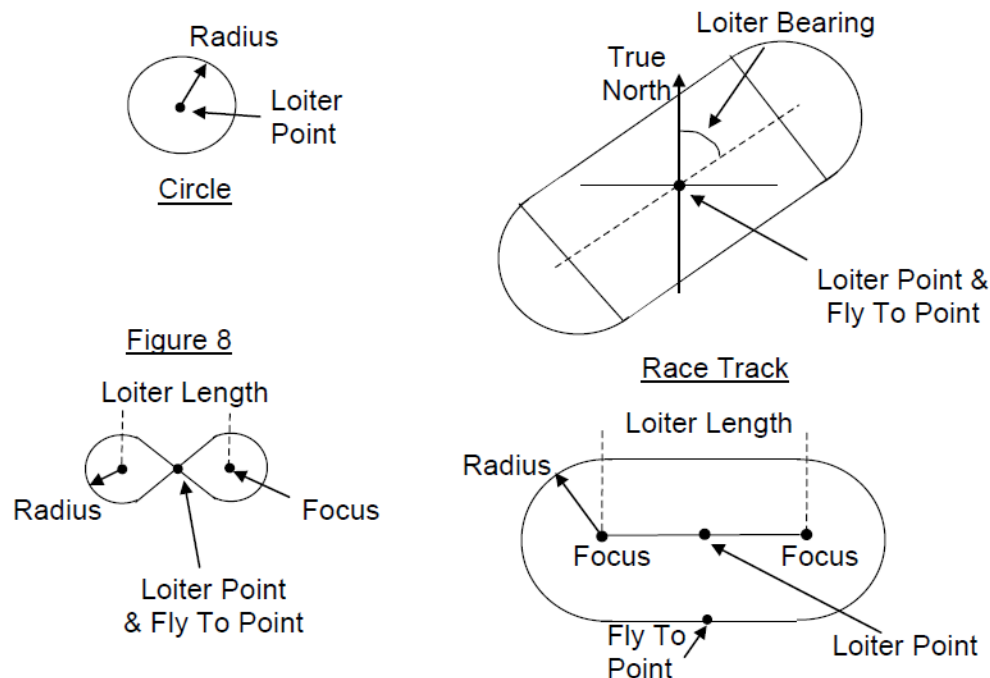
por el VSM para informar del estado de la subida o descarga de la misión “a” y “desde” el VSM, respectivamente. Hasta que la misión no se ha subido del todo al UAV, el operador del CUCS no debería tener la capacidad de controlar el UAV en el modo *Waypoint*.

[Ver Mensajes #800, #801, #802, #803, #804, #805, #806 y #900 en Apéndice C]

- Petición por parte del CUCS de Mensajes de Configuración de *Payload/Vehículo*:
  - Mensaje #100, *Vehicle Configuration*, LOI 4/5
    - Se requiere para la configuración del parámetro Energía de Propulsión Inicial, del Mensaje #40

[Ver Mensaje #100 en Apéndice C]
  - Mensaje #20, *Vehicle ID*, LOI 2/3/4/5
    - Identifica el UAV que está conectado al VSM

[Ver Mensaje #20 en Apéndice C]
  - Mensaje #41, *Loiter Configuration*, LOI 4/5
    - Configura el patrón de “Merodeo” o *Loiter* (tipo de *Loiter*, radio *Loiter*, longitud *Loiter*, *Loiter bearing* y dirección *Loiter*, ver Figura 50), y proporciona la capacidad de seleccionar una altitud específica de *Loiter* y/o la velocidad del vehículo a incluir en el Mensaje #42, Modo de Control de Vuelo *Loiter*, que variará igualmente a través del *override* del Mensaje #48, con el ajuste de velocidad y altitud en tiempo real.



**Figura 50: Patrones de Vuelo Loiter**

- En los escenarios propuestos se propondrá para el UAV de tipo MALE con función de *Relay* de comunicaciones un patrón en forma de *Race Track*, de modo que se ajuste lo más posible al área de 100 km<sup>2</sup> de la misión.
- El resto de mini-UAVs o UAVs tácticos, llegados a su zona de patrulla, se supondrá que realizarán patrones de “Rastrillo”, el cual se determinará como un nuevo patrón de vuelo, tal y como se describe en el Apéndice B, aunque solamente podrá ser definido en el Mensaje #803.

[Ver Mensaje #41 en Apéndice C]

- Mensaje #300, *Payload Configuration*, LOI 2/3/4/5
  - Requerido una vez para cada “*station*” de *payload* en el vehículo

[Ver Mensaje #300 en Apéndice C]

- Mensaje #301, *EO/IR Configuration*, LOI 2/3

[Ver Mensaje #301 en Apéndice C]

- Transmisión por parte del Vehículo/VSM los Mensajes de Configuración de *Payload* (por ejemplo EO/IR), basándose en el LOI cuestionado por el CUCS:

En los escenarios propuestos se percibe la necesidad de utilización de un *payload* basado en cámaras EO/IR y retransmisiones de comunicaciones para el Nodo *Relay* propuesto anteriormente. Para el caso de la Estación de *Payload* de EO/IR, se tiene la siguiente secuencia de mensajes:

CUCS	VSM
<b>Configuration Request: -&gt;</b> Refer to CUCS VSM Connection Sequence below.	
	<b>&lt;- Message #300: Payload Configuration</b> One per payload station.
	<b>&lt;- Message #301: EO/IR Configuration State</b> One per EO/IR payload station.
	<b>&lt;- General Configuration Messages:</b> One per configurable parameter, Message #1300, 1301, 1303, 1302, per EO/IR station.

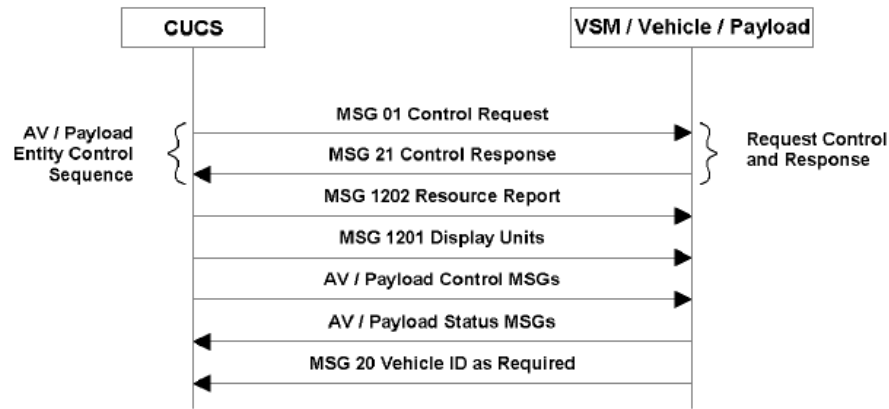
**Figura 51: Secuencia de Configuración de *Payload***

Por otro lado, para el caso de la Estación de *Payload* de *Relay* de Comunicaciones, no existen mensajes propiamente para la configuración, por lo que únicamente se reportará el Mensaje #300 al CUCS, dejando el Estado del *Relay* para la Fase de Área de Misión.

- Transmisión por parte del Vehículo/VSM del mensaje de configuración completada
  - Configuración completada (Mensaje #1203)
  
- **Conexión del *Payload*/Vehículo Aéreo:**

La siguiente Figura muestra la secuencia de mensajes (transacciones) del proceso de conexión del VSM/Vehículo:





**Figura 52: Secuencia de Conexión del Payload/Vehículo Aéreo**

Una vez que las pantallas de Control del CUCS (paneles de UAV y *payload*) se han configurado y se muestran al operador, el CUCS podrá solicitar una conexión para el seguimiento o control del AV, *payload*, o VSM a través del Mensaje #1. Si el CUCS está reclamando control sobre el UAV entonces el VSM exige un LOI de nivel 4 o 5. Si el CUCS también requiere control sobre el *payload*, entonces el LOI exigido es 3, y por tanto es necesaria la introducción en el Mensaje #1 del Número de Estación de Control y el Modo de Estación de Control.

Posteriormente a la recepción del Mensaje #1, el Vehículo/ VSM transmite el Mensaje #21, a la CUCS solicitante.

En ese preciso instante el UAV/VSM y/o *payload* específico se hallan bajo el control del CUCS con una LOI garantizada. El CUCS, por tanto, estará autorizado para enviar mensajes de configuración al Vehículo/VSM como los siguientes:

- Mensaje # 1202, CUCS Informe de Recursos
- Mensaje # 1201, Solicitud de Unidad de pantalla

Finalmente, cuando el VSM está físicamente ubicado en el UAV (se dice que el UAV “*speaks DLF*”), el CUCS transmitirá en estos instantes, mensajes de control de UAV/*payload* al vehículo seleccionado a través de los Enlaces de Datos LDRDL y HDRDL.

De esta manera, los mensajes de TTC, tenidos en cuenta para la previa al Despegue y Aterrizaje (explicados y utilizados también posteriormente durante el Área de Misión) son:

- Mensajes de Comando y Estado de Vehículo en Vuelo:

- Mensaje #42, *Vehicle Operating Mode Command*
- Mensaje #44, *Air Vehicle Lights*
- Mensaje #45, *Engine Command*
- Mensaje #104, *Vehicle Operating States*
- Mensaje #105, *Engine Operating States*
- Mensaje #107, *Vehicle Lights State*

A modo de test es posible el uso de otros Mensajes de Comando y Estado de Vehículo en Vuelo, sin embargo no serán tenidos en cuenta en este punto.

*[Ver Mensajes #42, #44, #45, #104, #105, #107 en Apéndice C]*

○ Mensajes de Comando y Estado de *Payload*:

- Mensaje #200, *EO/IR/Laser Payload Command*
- Mensaje #201, *EO/IR/Laser Payload Command*
- Mensaje #204, *Communications Relay Command*
- Mensaje #302, *EO/IR/Laser Operating State*
- Mensaje #305, *Communications Relay Status*

Únicamente se considerará *payloads* de tipo EO/IR y Relay, en los escenarios propuestos. Para otros *payload* de tipo SAR, Almacenes de Datos, Bahías o Compuertas, véase el resto de Mensajes de Comando y Estado de *Payload*.

*[Ver Mensajes #200, #201, #204, #302, #305 en Apéndice C]*

○ Mensajes de Comando y Estado de ambos Enlaces de Datos:

- Mensaje #401, *Data Link Control Command*
- Mensaje #403, *Pedestal Control Command*
- Mensaje #502, *Data Link Control Command Status*
- Mensaje #503, *Pedestal Status Report*

La configuración de ambos Enlaces de Datos (tanto del equipamiento de comunicaciones como del pedestal de la antena), se realizó en la fase de Descubrimiento, Configuración y Conexión del Enlace de Datos de ambos Enlace de Datos.

*[Ver Mensajes #401, #403, #502, # 503 en Apéndice C]*

○ Mensajes de Comando y Estado propios del Enlace de Datos LDRDL:

- Mensaje #411, *IC2DL Command*
- Mensaje #413, *IC2DL Join Command*
- Mensaje #511, *IC2DL Report*
- Mensaje #513, *IC2DL Join Report*
- Mensaje #514, *IC2DL Node Range*
- Mensaje #516, *IC2DL Circuit Buffer Send Status*
- Mensaje #517, *IC2DL Circuit Buffer Receive Status*

A parte de los Mensajes anteriores es posible la re-configuración de parámetros de la red IC2DL mediante los mensajes establecidos durante la Configuración y Conexión propios del Enlace de Datos LDRDL.

*[Ver Mensajes #411, #413, #511, #513, #514, #516, #517 en Apéndice C]*

● Mensajes de Estado de Subsistemas

- Mensaje #1000, *Subsystem Status Request*
- Mensaje #1001, *Subsystem Status Detail Request*
- Mensaje #1100, *Subsystem Status Alert*
- Mensaje #1101, *Subsystem Status Report*

*[Ver Mensajes #1000, #1001, #1100, #1101 en Apéndice C]*

#### 4.6.3.4.2. Despegue / Aterrizaje

El Despegue/Aterrizaje es una de las fases más críticas dentro de la misión de UAVs, debido a la criticidad que impone la reducción/aceleración de la velocidad y despegar/atterrizar de un área acotada determinada por el CONOPS de la misión.

El objetivo de añadir el Despegue/Aterrizaje autónomo es conseguir un UAV FAF (del inglés, Full Autonomous Flight). El despegue autónomo es un tanto más simple que el aterrizaje, y existen múltiples UAVs que lo implementan. Sin embargo, el aterrizaje no está tan extendido debido a su complejidad. Además la mayor parte de los que aterrizan de forma autónoma son modelos muy pequeños, en los cuales más que un aterrizaje es una caída controlada.

De los sistemas existentes son muy pocos los que aterrizan de forma autónoma. Esto lleva a que todos los aterrizajes sean realizados manualmente por pilotos en centros de control y esta situación no es deseable, debido a que todos los estudios realizados sobre los accidentes de los UAVs achacan a los seres humanos un altísimo porcentaje de culpabilidad en los mismos.

Tanto la fase de Despegue como la de Aterrizaje, se verán simplificadas en los escenarios propuestos, debido a la suposición del uso de tecnología ATOL (Despegue y Aterrizaje automático), capaz de aterrizan los UAVs de misión incluso en el caso de pérdida de comunicaciones con la estación de tierra y minimizar en lo posible las pérdidas de UAVs por errores humanos.

A la hora de afrontar el aterrizaje autónomo existen dos datos imprescindibles y que además es necesario que sean altamente fiables: la altitud y el alineamiento con pista. Cualquier pequeño error puede provocar un choque o consecuencias no deseadas.

Existe otro parámetro que es aconsejable manejar para evitar hacer maniobras bruscas en el momento del aterrizaje: la velocidad del viento en módulo y dirección.

Las fases de Despegue y Aterrizaje vendrán determinadas, en principio, por la LOI de la UCS utilizada para el control en el lanzamiento/recuperación. En los escenarios propuestos, se supondrá que todo Despegue/Aterrizaje se realizará prioritariamente en la UCS de niveles LOI 2, 3, 4 y 5. Sin embargo, con el propósito de dar cobertura a posibles emergencias en dichas UCSs, se tratará de automatizar el vuelo de la mayor manera posible (mediante el uso de Autopilotos), con el fin de que los UAVs de misión, no dependan del LOI de la UCS que controlan dichos aparatos.

El STANAG 4586 deja amplia libertad de actuación a la hora de efectuar la fase de Despegue como la de Aterrizaje. Únicamente, se van a proponer el uso de la siguiente secuencia de mensajes:

- **Mensaje #42, *Vehicle Operating Mode Command*:**

Dentro del campo “Selección del Modo de Control de Vuelo”, tal y como se puede observar en el Apéndice C, se hallan las siguientes posibilidades para el Despegue/Aterrizaje:

- Modo “Launch” o Lanzamiento Automático
- Modo “Autoland engage” o Aterrizaje Automático a través de ILS (*Instrument Landing System*)
- Modo “Autoland wave-off” o Aterrizaje Automático sin Recepción de Radio

De esta manera, dentro de la secuencia de Aterrizaje, existen dos opciones tenidas en cuenta para los escenarios propuestos. En caso de que la misión siga un desarrollo normal se utilizará el Modo “Autoland engage” y en caso de pérdida de señal con la estación terrestre, entonces se usará el Modo “Autoland wave-off”.

Para todos los modos de Despegue/Aterrizaje, el VSM utilizará los Mensajes de Configuración Generales para identificar qué parámetros de los Mensajes #43 y #48, son soportados en el Mensaje #42. Actualmente no está identificado cómo vendrían dados la altitud y los valores de velocidad en el Mensaje #48, si se halla en modo “Config”.

[Ver Mensajes #42 en Apéndice C]

- **Mensaje #106, *Vehicle Operating Mode Report*:**

Es utilizado para comunicar el actual Modo de Operación del Vehículo, “Selección del modo de control de vuelo”.

[Ver Mensaje #106 en Apéndice C]

- **Mensaje #40, *Vehicle Configuration Command*:**

Este mensaje es utilizado por el CUCS, para transmitir la “Energía inicial de propulsión del UAV” al VSM, como porcentaje de la capacidad total del sistema. La “Energía inicial de propulsión del UAV” puede ser combustible líquido/sólido (kg), o carga de corriente (julios), por lo tanto la capacidad inicial, se ordena como un porcentaje de la capacidad máxima del sistema tal y como fue configurado por la VSM mediante el Mensaje #100 (en uno de los dos campos: Capacidad de Combustible de Propulsión o Capacidad de Batería de Propulsión).

*[Ver Mensaje #40 en Apéndice C]*

- **Mensaje #104, *Vehicle Operating States*:**

Reporta el "Nivel de Energía de Propulsión Actual", a una tasa necesaria para que el CUCS ofrezca en pantalla el estado de estos elementos de información al operador.

*[Ver Mensaje #104 en Apéndice C]*

- **Mensaje #47, *Relative Route/Waypoint Absolute Reference Message*:**

Es utilizado por el CUCS para identificar el sistema de referencia absoluta para las rutas relativas y sus *waypoints* asociados al VSM. La intención de este mensaje es soportar plataformas móviles de lanzamiento y recuperación, y soportar el uso de plantillas "de ruta" reutilizables, (por ejemplo, patrones de búsqueda).

*[Ver Mensaje #47 en Apéndice C]*

La terminación de un vuelo en los escenarios planteados, se va a plantear que es debido a tres causas principales:

- a) Se ha completado la fase de aterrizaje del UAV, con los mensajes citados anteriormente. De esta manera el UAV confirma que la finalización ha sido correcta y en el caso de un UAV de gran tamaño podría incluso ceder el paso al Autopiloto para que se hiciera responsable de recoger los flaps (en el caso de ala fija) y apagar los motores.
- b) El aterrizaje, debido a las características de vuelo del UAV, no se realiza de modo tradicional, aterrizando en pista, sino que existen otros modos de interrupción de vuelo por el cual el avión es extraído en tierra (por ejemplo, descenso mediante paracaídas).
- c) Se ha producido una emergencia en vuelo, y el aparato debe realizar una terminación de emergencia de vuelo (por ejemplo, auto-destrucción de la aeronave).

El STANAG 4586, establece una secuencia de terminación de vuelo a través de los Mensajes, entre el CUCS y el VSM, siguientes:

CUCS	VSM
Message #46: Flight Termination Command -> - Arm FT System	
	<- Message #108: Flight Termination Mode Report - FT System Armed
Message #46: Flight Termination Command -> - Execute FT Sequence	
	<- Message #108: Flight Termination Mode Report - FT Sequence Executed

Figura 53: Secuencia de Mensajes de Terminación de Vuelo

Por tanto, el Mensaje #46 se envía desde el CUCS al VSM, para ejecutar una secuencia de terminación de vuelo, o para restablecer una secuencia específica. Para llevar a cabo la terminación de vuelo en el VSM, este mensaje se recibe dos veces en el VSM, con dos valores diferentes en el campo de Estado de Terminación de Vuelo Comandado (primera vez “Armado”, y una segunda vez “Ejecutado”). Si el VSM recibe un comando “Ejecutado” antes de un “Armado”, entonces deberá ser enviada una advertencia al CUCS indicando que el Sistema de Terminación del Vuelo no ha sido armado.

El CUCS utiliza Mensaje #1200, para solicitar al VSM, la configuración del campo de Modo de Terminación de Vuelo. La respuesta se recibirá del VSM a través del Mensaje #1302, especificando los tipos de Modos de Terminación de Vuelo disponibles en el UAV.

Posteriormente el VSM enviará el Mensaje #108, informando del Modo de Terminación de Vuelo fijado actualmente en el VSM y el estado de la Terminación de Vuelo actual para ese modo.

#### 4.6.3.4.3. Área de Misión

El área de misión de los Escenarios de Vigilancia Marítima y Apoyo/Rescate en Zona Inhóspita/Inaccesible, se corresponde con la cantidad de terreno a explorar por los diferentes UAVs propuestos, realizando la tarea de vigilancia, tracking y monitorización, mediante el *payload* embarcado.

El STANAG 4586 implementa un estándar de mensajes genéricos que tratarán de amoldarse a cualquier tipo de escenario en el cual participen los elementos definidos en un UAS. De esta

manera, se tratará en esta Sección, de establecer los mensajes del STANAG 4586 que son adecuados a las características de los escenarios propuestos. Debido a la cantidad de mensajes implicados, se dividirá la Sección en diferentes apartados, acorde a la función que realizan los mensajes dentro del sistema global.

- **Mensajes de Identificación de Sistema:**

Se corresponde con los Mensajes #1, #20 y #21, los cuales ya fueron tratados durante la Fase de Pre-Vuelo en el Descubrimiento, Configuración y Conexión del Enlace de Datos, y posteriormente en el Descubrimiento y Configuración del Vehículo Aéreo.

Al tratarse de mensajes de identificación, es probable que durante la misión no sea necesario su envío/recepción, salvo en dos situaciones de emergencia, que serán tratadas en la Sección 4.6.3.5:

- a) Situación de pérdida de control del UAV y posterior recuperación:

En esta situación, la estación terrestre y el UAV comenzarán a comunicarse como si estuvieran en una Fase de Pre-vuelo avanzada donde pese a ello es necesaria la configuración e identificación en varios aspectos.

- b) *Handover* del control del UAV entre diferentes estaciones terrestres:

Este escenario, es planteado al detalle en la Sección 4.6.3.5.

- **Mensajes de Comando y Estado del Vehículo en Vuelo:**

Como se citó en la Fase de Pre-Vuelo durante el Descubrimiento, Configuración del Vehículo Aéreo y Conexión del *Payload*/Vehículo Aéreo, los Mensajes #41, #44, #45, #104, #105, y #107, prácticamente se utilizarán exclusivamente en esta fase salvo:

- Cambio o modificación del tipo de *Loiter*, radio *Loiter*, longitud *Loiter*, *Loiter bearing* o dirección *Loiter*, y por tanto, envío de nuevo de Mensaje #41
- Estado de las partes del Motor (lubricación, potencia, velocidad), y envío de Mensaje #105
- Estado del encendido del tipo de Luces, y envío de Mensaje #107
- Estado del porcentaje de uso de Energía de Propulsión, y envío de Mensaje #104



En el caso del Mensaje #100, se determinó su uso durante la Fase de Pre-Vuelo durante el Descubrimiento, Configuración del Vehículo Aéreo, sin embargo existen elementos de datos que serán modificados a lo largo de la misión, como son:

- Peso Bruto (*Gross Weight*)
- X\_\_CG

De este modo dicho Mensaje puede ser solicitado expresamente por el CUCS a través de un Mensaje #1403, o directamente es transmitido de la VSM, cuando un CUCS hace una solicitud de Configuración General de la VSM con un Mensaje #1200, con la LOI apropiada (LOI 4). El VSM debe preparar y enviar este mensaje al CUCS con los datos más recientes bajo solicitud del CUCS.

Dentro de los Mensajes propios de esta Fase de Vuelo, encontramos en primer lugar, los correspondientes a la siguiente secuencia de Selección de Modo de Control de Trayectoria de Vuelo:

CUCS	VSM
Message #42: Vehicle Operating Mode Command ->	
	<- Message #106: Vehicle Operating Mode Report
Message #43: Vehicle Steering Command ->	
	<- Message #104: Vehicle Operating States

**Figura 54: Secuencia de Selección de Modo de Control de Trayectoria de Vuelo**

El Mensaje #42, *Vehicle Operating Mode Command*, es utilizado por el CUCS para ejecutar el control sobre el UAV a través de la VSM, mediante el uso del campo “Selección del Modo de Control de Vuelo”. Durante la Fase de Despegue/Aterrizaje, ya se trataron los Modos de Control “Launch”, “Autoland engage” y “Autoland wave-off”, los cuales no serán tenidas en cuenta para la fase actual.

Los restantes modos de la Fase de Área de Vuelo son:

- **Modo “Flight Director”:** UAV dirigido directamente bajo los comandos enviados por el CUCS sobre dirección, velocidad y altitud
- **Modo Waypoint:** Los valores de altitud y velocidad vienen dados por el Mensaje #802, tal y como se vió en la definición de los *waypoints* de misión durante el Descubrimiento, Configuración del Vehículo Aéreo en la Fase de Pre-Vuelo.

- **Modo *Loiter***: El UAV realizará la actividad de *Loiter*, sobre los patrones recibidos por el Mensaje #41.
- **Modo “*Slave To Sensor*”**: Durante este modo, el UAV se hallará dirigido por el control de la cámara u otro sensor. Es necesario Mensajes de Configuración General para determinar el posible control de Mensajes #43 y #48.
- **Modo *Jump-to-Waypoint***: Modo iniciado a partir del Modo *Waypoint*, en el cual se toma como parámetros y objetivo de Vuelo el siguiente *Waypoint* definido en el Mensaje #802.

[Ver Mensaje #42 en Apéndice C]

Una vez que el Modo de Control es elegido entre los restantes modos, el Mensaje #43 se utilizará para transmitir comandos “Manuales” al vehículo. La correspondencia entre los Modos de Control y los parámetros ofrecidos por el Mensaje #43 son:

**a. Mensaje #42: Modo “*Flight Director*”**

- Mensaje #43: Se usan los campos de Altitud, Velocidad en Vuelo, y *Heading*; el resto son considerados inválidos.

**b. Mensaje #42: Modo *Waypoint***

- Mensaje #43: Campo Número de *Waypoint* válido, el resto son considerados inválidos.

**c. Mensaje #42: Modo *Loiter***

- Mensaje #41: Mando de Configuración de *Loiter* válido.
- Mensaje #43: Se usan los campos de Latitud *Loiter*, Longitud *Loiter*, Altitud, Velocidad en Vuelo; el resto son considerados inválidos.

**d. Mensaje #42: Modo *Jump-to-Waypoint***

- Mensaje #43: Campo Número de *Waypoint* válido, el resto son considerados inválidos.

[Ver Mensaje #43 en Apéndice C]

Como se observó en la Figura 54, las respectivas respuestas a los Mensajes #42 y #43, son los Mensajes #106 y #104. El Mensaje #106 reporta el Modo de Control de Trayectoria de Vuelo dentro de las posibles configuraciones que pudo recibir previamente mediante el Mensaje #1302. En

cuanto al Mensaje #104, ya fue tenido en cuenta anteriormente a la hora de reportar periódicamente el “Nivel de Energía de Propulsión Actual”, pero también es necesario en el cambio que implique una operación crítica en vuelo, de los siguientes parámetros:

- Altitud Comandada
- Velocidad Comandada
- *Heading* Comandada

[Ver Mensajes #106 y #104 en Apéndice C]

Por otro lado, el Mensaje #48, establecerá el modo preferente por el cual se tomarán los valores de Altitud, Velocidad en Vuelo y el *Heading*. Dicho modo preferente se tomará a través de tres enumeraciones:

- **Enumeración 1:** Valor por “Configuración” especificado para cada modo de vuelo
- **Enumeración 2:** Manual/*Override* hasta llegar al Waypoint o *Loiter*, a partir del cual se vuelve a los valores por “Configuración”
- **Enumeración 1:** Altitud, Velocidad en Vuelo (*Airspeed*) y *Heading* en modo Manual/*Override*, establecida por el Mensaje #43.

La correspondencia entre los Modos de Control y las Enumeraciones ofrecidas por el Mensaje #48 respecto a la Altitud y Velocidad de Aire, son:

Flight Mode	Altitude or Airspeed Mode	Source Message for Altitude or Airspeed
2 – Flight Director	0 – Configuration	Not defined
	1 – Manual until reaching the WP, Loiter	43
	2 – Manual/Override	43
11 – Waypoint	0 – Configuration	802
	1 – Manual until reaching the WP, Loiter	43
	2 – Manual/Override	43
12 – Loiter	0 – Configuration	41
	1 – Manual until reaching the WP, Loiter	43
	2 – Manual/Override	43
All other Flight Modes	0 – Configuration	Not defined
	1 – Manual until reaching the WP, Loiter	43
	2 – Manual/Override	43

**Tabla 13: Correspondencia entre Modos de Control y Enumeraciones respecto a la Altitud y Velocidad de Aire**

Por otro lado, la correspondencia entre los Modos de Control y las Enumeraciones ofrecidas por el Mensaje #48 respecto al Curso y *Heading*, son:

Flight Mode	Course/Heading Mode	Source Message for Course/Heading	Source Message for Lat/Long
2 – Flight Director	0 – Configuration	Not defined	Not valid
	1 – Manual until reaching the WP, Loiter	43	Not valid
	2 – Manual/Override	43	Not valid
11 – Waypoint	0 – Configuration	Not valid	802
	1 – Manual until reaching the WP, Loiter	43	43
	2 – Manual/Override	43	43
12 – Loiter	0 – Configuration	Not defined	Not defined
	1 – Manual until reaching the WP, Loiter	Not valid	43
	2 – Manual/Override	Not valid	43
All other Flight Modes	0 – Configuration	Not defined	Not defined
	1 – Manual until reaching the WP, Loiter	43	43
	2 – Manual/Override	43	43

**Tabla 14: Correspondencia entre Modos de Control y Enumeraciones respecto al Curso y *Heading***

[Ver Mensaje #48 en Apéndice C]

La respuesta por parte del VSM al Mensaje #48 se corresponde con el Mensaje #109.

[Ver Mensaje #109 en Apéndice C]

Por último, durante la Fase de Área de Misión encontramos Mensajes de Comando y Estado del Vehículo en Vuelo, que se enviarán con una tasa que requiera los escenarios propuestos, y que proporcionan información del UAV en todo momento, como son:

- **Mensaje #101, *Inertial States*:**

El Mensaje provee de la Ubicación actual, la Altitud actual con el sistema de referencia según lo informado en el campo de Tipo de Altitud, la Velocidad en Tierra, Roll, Pitch, y *Heading*, del Vehículo Aéreo. Por todo ello, la intención de este Mensaje es ofrecer el Estado Inercial del Vehículo Aéreo, para la georreferenciación de los datos del *payload*.

- **Mensaje #102, *Air and Ground Relative States*:**

Este Mensaje proporciona al VSM la capacidad de transmitir la Altitud y la Velocidad en Vuelo al CUCS para todos los marcos de referencia, en un único mensaje, a una tasa que será determinado por el VSM para una operación segura del Vehículo Aéreo.

- **Mensaje #103, *Body-Relative Sensed States*:**

Estos Estados Relativos al Cuerpo, sensados directamente, se empaquetan como un tipo de Mensaje independiente de otros Estados del Vehículo debido a que estos términos pueden necesitar ser conocidos en tasas más altas para diversas funciones relacionadas con el control.

- **Mensaje #110, *From-To-Next Waypoint States*:**

Este Mensaje se utiliza para informar de dónde viene un UAV, a dónde va hacia, y donde irá posteriormente. Este Mensaje se utiliza para proporcionar a las estaciones de control LOI 2/3, la capacidad para controlar la trayectoria de vuelo de un UAV de forma limitada, para permitir a los operadores determinar el lugar en el cual el UAV se ubicará en un futuro próximo, para temas como planificación de *payload*. Se recomienda que el VSM transmita este mensaje al CUCS en base a un cambio de ubicación de *waypoints* como mínimo.

Los informes de “*From*”, “*To*”, “*Next*” en este Mensaje se distribuyen dependiendo del modo control de trayectoria de vuelo del UAV en cuestión (Mensaje #42). Para el caso del modo de control vía “*Waypoints*”, entonces se adoptan todos los campos “*From*”, “*To*”, “*Next*”. En el modo *Loiter* o “*Slave To Sensor*”, el campo “*To*” es usado para especificar la posición de *Loiter* pretendida por el vehículo. El campo “*Next*”, no será tenido en cuenta en ninguno de estos dos modos.

Finalmente mientras el avión esté en modo *Autopiloto* (todos), *Autoland Engage*, *Autoland Wave-off* o *Launch*, los *waypoints* “*From*”, “*To*”, “*Next*” serán definidos por el fabricante de VSM. En los escenarios propuestos, mientras los UAVs se hallen en estos modos, el Mensaje #110 no será enviado.

[Ver Mensajes #101, #102, #103, #110 en Apéndice C]

- **Mensajes de Comando y Estado de Payload:**

Una vez proporcionados los Mensajes de Configuración de Payload del UAV, Mensajes #300 y #301, en la Fase de Pre-Vuelo durante el Descubrimiento y Configuración del Vehículo Aéreo, los siguientes Mensajes serán tenidos en cuenta (al igual que durante la Conexión del Payload/Vehículo Aéreo en la Fase de Pre-Vuelo):

- **Mensaje #200, *EO/IR/Laser Payload Command***

La intención de este Mensaje es ejecutar el control sobre un *payload* situado en un número de “estación” de UAV específico, para controlar el ángulo de apuntado, *slew rate*, lugar de apuntado (a través de las coordenadas geográficas) y/o *FOV*.

Este Mensaje se utiliza para controlar los tres tipos de siguientes de *payloads*:

- *Payload* EO/IR
- *Payload* de Cámara Fija
- *Payload* SAR

En los escenarios propuestos únicamente se tomará el *Payload* EO/IR, dejando los otros para otros futuros posibles casos de uso.

- **Mensaje #201, *EO/IR/Laser Payload Command***

El Mensaje #201, es utilizado por el CUCS para instruir a la VSM sobre cómo generar todos los comandos de *payloads* EO/IR/Láser a excepción de los comandos de cambio del apuntado, enfoque manual y Campo de Visión (FOV) que son cubiertos en el Mensaje #200.

Se recomienda las siguientes asociaciones entre el Modo de Apuntado EO/IR y el Mensaje #200:

- Modo de Apuntado EO/IR: Sin Valor
  - Mensaje #200: N/A
- Modo de Apuntado EO/IR: Ángulo relativo a UAV
  - Mensaje #200: Establecer Ángulo Azimut Centralino
  - Mensaje #200: Establecer Ángulo Elevación Centralino
- Modo de Apuntado EO/IR: Tasa de giro relativo a UAV
  - Mensaje #200: *Slew rate* horizontal
  - Mensaje #200: *Slew rate* vertical

- Modo de Apuntado EO/IR: *Slew rate* relativo al Inercial
  - Mensaje #200: *Slew rate* horizontal
  - Mensaje #200: *Slew rate* vertical
- Modo de Apuntado EO/IR: Lat-Long Esclavizado (coordenada georreferenciada)
  - Mensaje #200: Latitud
  - Mensaje #200: Longitud
  - Mensaje #200: Altitud
- Modo de Apuntado EO/IR: Objetivo esclavizado (modo *auto-track*)
  - Mensaje #200: N/A.

- **Mensaje #204, *Communications Relay Command***

Es utilizado por el CUCS para ejecutar el control sobre las comunicaciones de Relay ubicados a bordo del UAV en el número de la estación especificado.

- **Mensaje #302, *EO/IR/Laser Operating State***

La intención de este Mensaje es proporcionar al CUCS, el estado de un *payload* EO/IR presente en el UAV.

Los ángulos reportados de elevación (*tilt*), azimut, y rotación definen la dirección en la cual apunta la cámara en relación con los ejes del cuerpo del UAV. La rotación del FOV de la cámara se determina respecto al horizonte del UAV, donde cero rotación significa que el horizonte del UAV es paralelo al FOV horizontal de la imagen.

- **Mensaje #305, *Communications Relay Status***

Es utilizado por el VSM para informar del estado del *Relay* de Comunicaciones situado a bordo del Nodo *Relay*, en el número de la estación especificada.

*[Ver Mensajes #200, #201, #204, #302, #305 en Apéndice C]*

- **Mensajes de Comando y Estado del Enlace de Datos:**

La configuración de ambos Enlaces de Datos (tanto del equipamiento de comunicaciones como del pedestal de la antena), se realizó en la fase de Descubrimiento, Configuración y Conexión del Enlace de Datos de ambos Enlace de Datos. De esta manera, salvo cambio de algún parámetro de

configuración (posición de la antena, código PN, frecuencias), se utilizarán para ambos Enlace de Datos, los mensajes:

- Mensaje #401, *Data Link Control Command*
- Mensaje #403, *Pedestal Control Command*
- Mensaje #502, *Data Link Control Command Status*
- Mensaje # 503, *Pedestal Status Report*

*[Ver Mensajes #401, #403, #502, # 503 en Apéndice C]*

Del mismo modo, para el caso único del Enlace LDRDL, es posible la re-configuración de parámetros de la red IC2DL mediante los mensajes establecidos durante la Configuración y Conexión propios del Enlace de Datos LDRDL. Sin embargo, en esta Fase, será común el reporte de información mediante los siguientes mensajes:

- Mensaje #411, *IC2DL Command*
- Mensaje #413, *IC2DL Join Command*
- Mensaje #511, *IC2DL Report*
- Mensaje #513, *IC2DL Join Report*
- Mensaje #514, *IC2DL Node Range*
- Mensaje #516, *IC2DL Circuit Buffer Send Status*
- Mensaje #517, *IC2DL Circuit Buffer Receive Status*

*[Ver Mensajes #411, #413, #511, #513, #514, #516, #517 en Apéndice C]*

El Mensaje #411 y el Mensaje #511, permiten al usuario controlar el consumo de energía primaria del Enlace de Datos LDRDL, el nivel de potencia de RF y la transmisión RF.

*[Ver Mensajes #411 y #511 en Apéndice C]*

Un usuario puede solicitar unirse a una red mediante el Mensaje #413, Comando de Unión a IC2DL. El usuario solicita el circuito lógico, el ID del nodo y el *offset* de retransmisión. El Enlace de Datos LDRDL responderá con un Mensaje #513, Informe de Unión IC2DL, que indica si la unión fue exitosa.

*[Ver Mensajes #413 y #513 en Apéndice C]*



El Mensaje #514 ofrece el tiempo de propagación entre los nodos. Finalmente, el Mensaje #516 proporciona una indicación al *host* de que los datos de aplicación en un circuito lógico han sido enviados. Este mensaje puede ser usado por el *host* para permitir la entrega a tiempo de los datos de la aplicación al *Data Link* para minimizar la latencia.

[Ver Mensajes #514 y #516 en Apéndice C]

- **Mensajes de Misión:**

Los Mensajes de Misión, fueron tenidos en cuenta en la Fase de Pre-Vuelo durante el Descubrimiento, Configuración del Vehículo Aéreo. Sin embargo es posible que durante el desarrollo de la Misión, ciertos *waypoints* sean añadidos, modificados y eliminados. Para ello se seguirá de nuevo el proceso de Subida de Misión que se observa en la Figura siguiente:

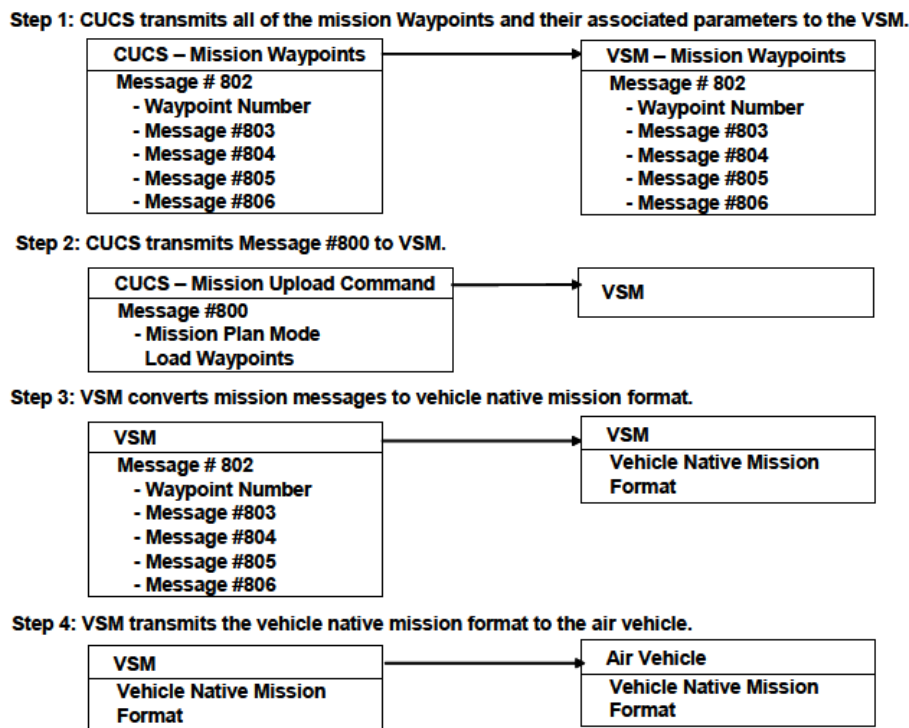


Figura 55: Secuencia de Mensajes de Subida de Misión

En cada *waypoint* configurado por el Mensaje #802 deberá poder realizarse algún tipo de actividad específica como *Loiter*, apuntado con el *payload* EO/IR, o en el caso de *waypoint* de contingencia, esperar haciendo *Loiter* hasta que la situación de emergencia sea recuperada (o en caso de no ser controlado caer de una manera controlada en una zona de emergencia). Un ejemplo de secuencia de *waypoints* se muestra a continuación:

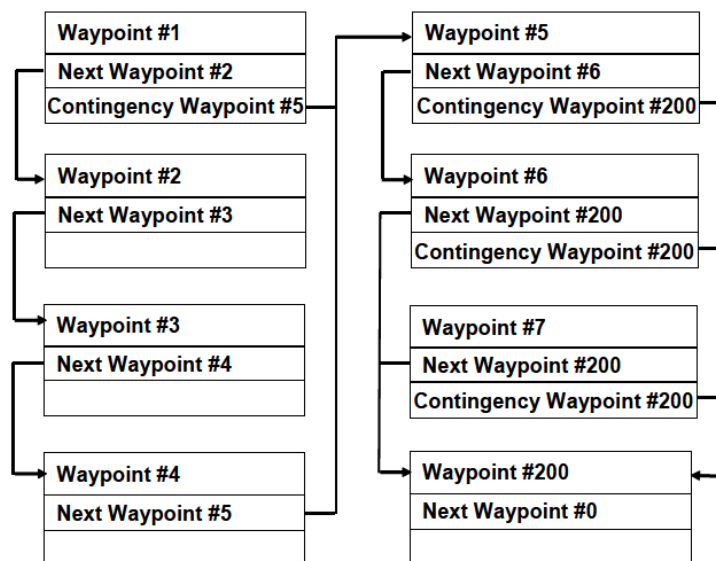


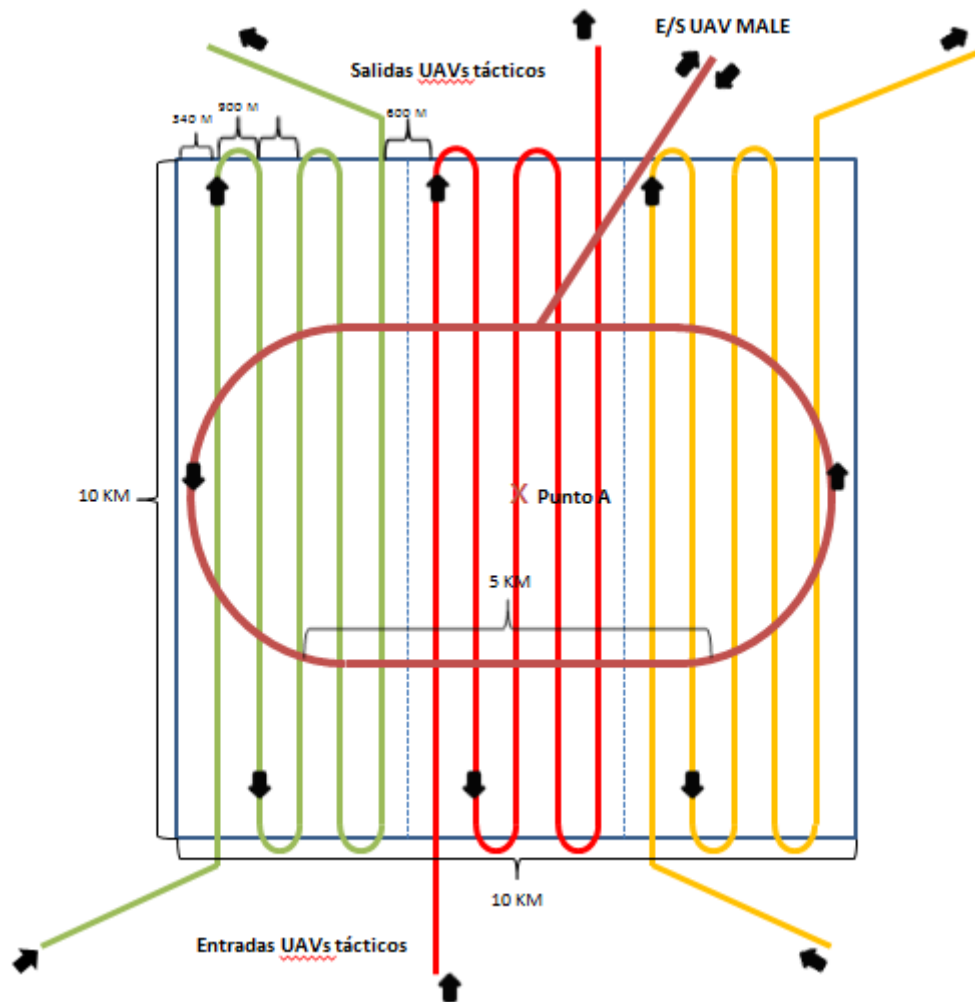
Figura 56: Ejemplo de Secuencia de *Waypoints*

Como se citó en la Fase de Pre-Vuelo para el diseño de los escenarios propuestos (cuya área son 100 Km<sup>2</sup>), se tomó como máximo cuatro UAVs, donde uno de ellos realiza un *Loiter* en forma de *Race Track* mientras que los otros tres UAVs realizan un *Loiter* durante gran parte de la misión en forma de “Rastrillo”.

El UAV cuyo patrón de vuelo *Loiter* será en forma de *Race Track* poseerá las siguientes características estructurales y operativas:

- a. Volará a una gran altura desde la cual podrá retransmitir información y datos con LOS, a cualquiera del resto de UAVs (entorno a 2000 m). Debido a esto, y al peso que conlleva un equipo de retransmisión de comunicaciones (Nodo *Relay*), el tipo de aeronave elegida para esta misión será de un ala fija de tipo MALE (*Medium Altitude, Long Endurance*).
- b. Los parámetros del *Loiter* que se describirán en el Mensaje #803, serán los siguientes:
  - **Waypoint *Loiter*:** Centro del *Race Track*, punto A en la Fig. 55
  - **Longitud *Loiter*:** Longitud del tramo recto del *Race Track*, 5 Km para los escenarios propuestos.

- **Radio Loiter:** Radio de la semicircunferencia de los extremos del *Race Track*, 2,5 Km para los escenarios propuestos.
  - **Tiempo de Loiter en Waypoint:** Tiempo total, realizando *Loiter* entorno al *Waypoint Loiter*, 2 horas para los escenarios propuestos.
  - **Loiter Bearing:** Dirección respecto al Norte del *Loiter*, 0° para los escenarios planteados.
  - **Sentido Loiter:** Sentido de giro del *Loiter*, Contrario a las agujas del reloj para los escenarios propuestos.
- c. La velocidad necesaria, para la misión (tomando dos horas como tiempo de misión), vendrá dada por la división entre el espacio recorrido (cuatro vueltas al *Race Track* en dos horas, ver Figura 57), y el tiempo de misión. De esta manera aproximadamente el UAV Nodo *Relay* deberá poseer una velocidad de 71,4 km/h. Para estos cálculos no se tomará en cuenta la ruta de entrada y salida al área de misión ni la ruta previa desde la base CUCS.



**Figura 57: Esquema de Misión llevada a cabo por los UAS en los Escenarios Propuestos**

El resto de UAVs elaborarán un patrón de *Loiter* de “Rastrillo” y poseerán las siguientes características estructurales y operativas:

- a. Volarán a una altura desde la cual podrán desplegar el *payload* EO/IR y realizar las tareas de vigilancia (aproximadamente a 700 metros de altura). De esta manera el tipo de UAV escogido, como se dijo anteriormente en la Sección 4.6.3 serán de tipo *mini* o táctico, siendo el ala rotatoria el más idóneo para mantener la posición en un punto (*hovering*).

El UAV que efectúe de Nodo Relay volará por encima de ellos, y nunca dejará de tener LOS, de manera que siempre sea posible la comunicación entre el Nodo Relay y resto de nodos.

- b. Los parámetros del *Loiter* que se describirán en el Mensaje #803, serán los siguientes, para este tipo de UAVs:
  - **Waypoint *Loiter*:** Punto de entrada en la zona de *Loiter* de “Rastrillo”, como se muestra en la Fig. 57
  - **Longitud *Loiter*:** Longitud del tramo recto del *Loiter* de “Rastrillo”, 9.9 Km para los escenarios propuestos.
  - **Radio *Loiter*:** Radio de la semicircunferencia de los extremos del *Loiter* de “Rastrillo”, 450 m para los escenarios propuestos. Este radio viene determinado por las condiciones que se impondrán a los escenarios propuestos, acerca del *payload*. El FOV se supondrá de unos 70°, por lo que se solaparán los áreas entre las diferentes rectas del patrón “Rastrillo”.
  - **Tiempo de *Loiter* en *Waypoint*:** Tiempo total, realizando *Loiter* de “Rastrillo”, 2 horas para los escenarios propuestos.
  - ***Loiter Bearing*:** Dirección respecto al Norte del *Loiter*, 0° para los escenarios planteados.
  - **Sentido *Loiter*:** Sentido de giro del *Loiter*, de Norte a Sur en los escenarios propuestos.

- c. La velocidad necesaria, para la misión (tomando dos horas como tiempo de misión), vendrá dada por la división entre el espacio recorrido (5 tramos rectos, y 4 giros en

patrón “Rastrillo en dos horas, ver Figura 55), y el tiempo de misión. De esta manera aproximadamente tendremos, que deberá poseer una velocidad de 26,16 km/h. Para estos cálculos no se tomará en cuenta la ruta de entrada y salida al área de misión ni la ruta previa desde la base CUCS.

[Ver Mensajes #800, #801, #802, #803, #804, #805, #806 y #900 en Apéndice C]

- **Mensajes de Estado de Subsistemas:**

Todo subsistema no incluido dentro del *payload*, y que requiera una monitorización periódica o uso de alarmas de estado, no solo en *pre-flight* y en *post-flight*, sino también durante el Área de Misión, deberá ser tratado mediante los Mensajes:

- Mensaje #1000, *Subsystem Status Request*
- Mensaje #1001, *Subsystem Status Detail Request*
- Mensaje #1100, *Subsystem Status Alert Message*
- Mensaje #1101, *Subsystem Status Report*

[Ver Mensajes #1000, #1001, #1100, #1101 en Apéndice C]

#### **4.6.3.5. Control de Transición (Handover) entre UCSs**

Todavía no ha sido definido en el STANAG 4586 un CONOPS (Concepto de Operación) para el *handover* entre diferentes estaciones de control UCSs, pero sin embargo, existen suficientes mensajes como para facilitar la implementación de varios Conceptos de Operación. Los Mensajes del STANAG 4586 de *handover* deben tener en cuenta los posibles requisitos siguientes:

- Transferencia de Control No Positiva (donde la UCS que transfiere, renuncia al control sin recibir confirmación por parte de la UCS que tiene el control)
- Transferencia de Control Positiva (donde el control en la UCS de recepción es confirmado antes de la transferencia de que UCS primera renuncie a su Enlace de Datos)
- *Handover* de control del UAV (LOI 3, 4 y 5)

- *Handover* de control solamente del UAV sólo (LOI 4 y 5)
- *Handover* de control del *payload(s)* (LOI 3)
- Enlaces de Datos omnidireccionales y direccionales
- Uno o varios sistemas de Enlace de Datos

#### 4.6.3.5.1. Pasos del Control de Transición (Handover)

A fin de controlar la transición desde la CUCS primera a otra CUCS, el UAV puede:

- Solicitar identificación de la CUCS que le pretende adquirir
- Tener que ser apuntado por la CUCS que le pretende adquirir
- Tener que poseer sus frecuencias ajustadas a las de la CUCS de adquisición

El Mensaje #600 se utiliza para proporcionar al UAV toda la información anterior. La autorización para la Transición de Control viene dada por el CUCS de control a través de la transmisión del Mensaje #1 abandonando el UAV y/o su *payload(s)*, tal y como se indica en los campos de Modo de Estación Controlada y LOI requerida, respectivamente.

En un Sistema de Enlace de Datos único, y direccional, previamente se realiza un aprovisionamiento de información importante y configuración, durante el proceso de Transición de Control antes de transferir el control del UAV a la CUCS de adquisición. Esto se lleva a cabo, en primer lugar, enviando el Mensaje #1, estableciendo el *flag* “Esperar al Mensaje de Transición de Enlace de Datos” con “Esperar al Mensaje”. Por otro lado, el UAV no tratará de adquirir el nuevo CUCS hasta que no haya recibido el Mensaje #600 de la CUCS que tiene el control actualmente. Una vez que la CUCS recibe el Mensaje #600 del CUCS de control actual, entonces se procede con la solicitud de transición de control. El “Límite de Espera por el Enlace de Datos” especifica la cantidad de tiempo, desde la recepción del Mensaje #600, en el que el UAV intentará adquirir la CUCS nueva, hasta volver a intentar adquirir el control de la CUCS.

- **Transferencia de Control No Positiva:**

Para una Transferencia de Control No Positiva, con uso de enlaces direccionales, un Concepto de Operación posible puede ser la siguiente secuencia de transición:

- Establecer la frecuencia del Enlace de Datos del CUCS de adquisición (Mensaje #400) (opcional)
- Liberar el control de la LOI(s) especificada para que lo obtenga la CUCS de adquisición (Mensaje #1) (*flag* “Esperar al Mensaje de Transición de Enlace de Datos” establecido)
- Transferir la conectividad del Enlace de Datos a la CUCS de adquisición (Mensaje #600)
- La transferencia de UCS entonces puede necesitar ajustar el CDT a “sólo recepción” (RX) (Mensaje #401) como para no interferir a la UCS de adquisición.

En caso de que la transferencia sobrepase el tiempo límite establecido en el Mensaje #600, el UAV debe entonces, volver a la configuración original y restablecer el Enlace. Este caso de Transferencia de Control No Positiva, será tratado en los escenarios propuestos como un Caso de Emergencia. Tanto en la Transferencia de Control No Positiva como en la pérdida no planificada del Enlace de Datos, se debe restablecer el Enlace de Datos previo, asunto que será tratado en la Sección 4.6.3.6.

- **Transferencia de Control Positiva:**

Para la Transferencia de Control Positiva de todas las LOIs, con multi-Enlaces direccionales (LDRDL y HDRDL), el CUCS actual deberá:

- Liberar el control del UAV (Mensaje #1) (no es necesario establecer el *flag* “Esperar al Mensaje de Transición de Enlace de Datos” ya que el segundo Enlace de Datos todavía tiene el control)
- Establecer la frecuencia de Enlace de Datos 1 (Enlace a transferir) de la UCS actual a la UCS de adquisición (Mensaje #400) (opcional)
- Transferencia de Enlace de Datos 1 a la UCS de adquisición (Mensaje #600)
- Apagar la UCS actual para el Enlace de Datos 1 (Mensaje #401) para no interferir en la UCS de adquisición
- Esperar por la respuesta en que la UCS de adquisición ha solicitado y obtenido la autorización del Enlace de Datos 1

- Establecer la frecuencia de Enlace de Datos 2 (Enlace a transferir) de la UCS actual a la UCS de adquisición (Mensaje #400) (opcional)
- Transferencia de Enlace de Datos 2 a la UCS de adquisición (Mensaje #600)
- Apagar la UCS actual para el Enlace de Datos 2 (Mensaje #401) para no interferir en la UCS de adquisición
- Esperar por la respuesta en que la UCS de adquisición ha solicitado y obtenido la autorización del Enlace de Datos 2
- En caso de que la transferencia sobrepase el tiempo límite establecido en el Mensaje #600, el UAV debe apuntar a la UCS original.

Para la Recepción Positiva del UAV el CUCS de adquisición deberá:

- Establecer la frecuencia de Enlace de Datos 1 a aquel del UAV (Mensaje #400)
- Dirigir el Enlace de Datos 1 hacia el UAV (Mensaje #403) (opcional)
- Cambiar su CDT para transmitir (Mensaje #401)
- Solicitar autorización para el control del Enlace de Datos 1 (Mensaje #1)
- Esperar a que la solicitud sea autorizada (Mensaje #21)
- Dirigir el Enlace de Datos 2 hacia el UAV (Mensaje #403)
- Cambiar su CDT para transmitir (Mensaje #401)
- Solicitar autorización para el control del Enlace de Datos 1 (Mensaje #1)
- Esperar a que la solicitud sea autorizada (Mensaje #21)

A continuación se muestra el proceso de Transferencia de Control Positiva, para el Enlace de Datos 1 (LDRDL, por ejemplo):



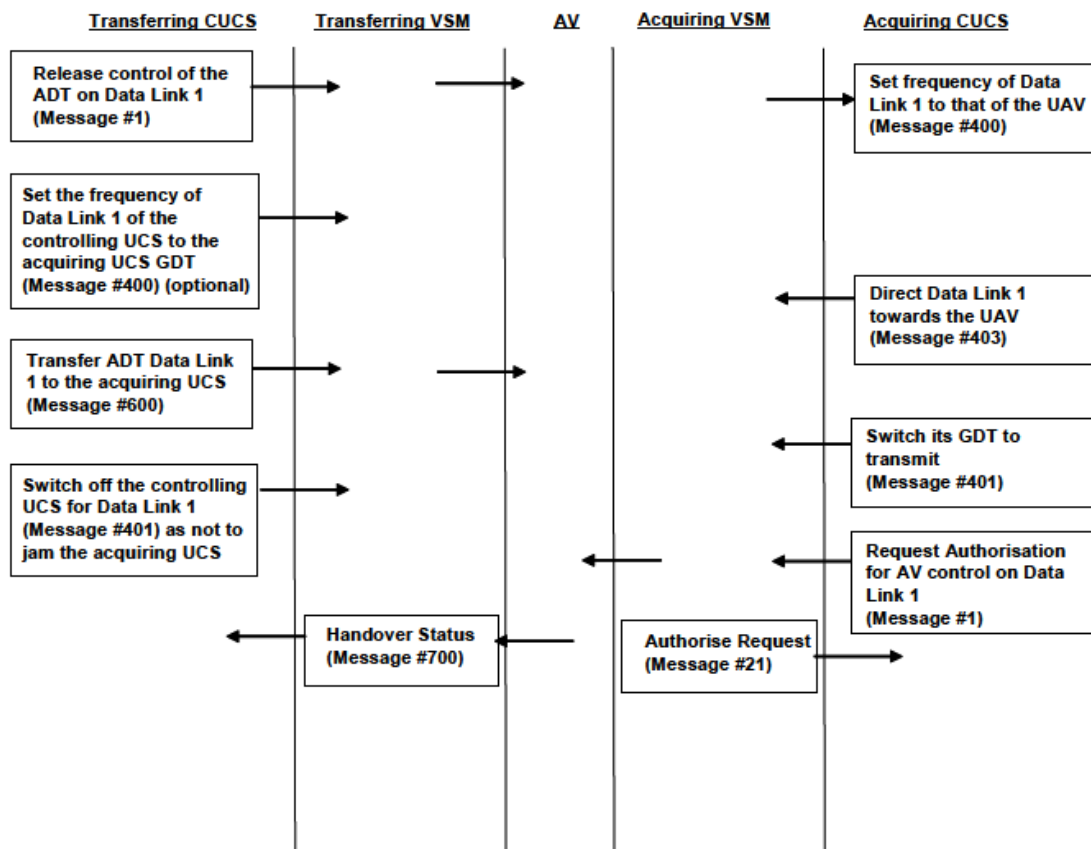


Figura 58: Proceso de Transferencia de Control Positiva

#### 4.6.3.6. Casos de emergencia

Esta Sección tratará con los casos de emergencia planteados para los escenarios del Proyecto GEMA y las soluciones encontradas por el autor. A continuación se enumerarán cada una de los casos.

##### 4.6.3.6.1. Entrada de vehículos ajenos a la misión

El STANAG 4660 soporta dentro del enlace IC2DL la capacidad para tratar comunicaciones ATC, sin embargo en la versión 2.7 del STANAG 4586 aún no se hallan referencias a Mensajes ATC puesto que los ambientes en que se desarrollan las misiones son en Espacio Aéreo Segregado. Sin embargo, en el caso en que los UAVs tuvieran capacidad de retransmitir mensajes ATC, la inclusión de nuevas aeronaves serían tratadas y con responsabilidad del ATC para Espacio Aéreo No-Segregado.

Mientras no se consiga una plena integración de los ATCs en los vuelos de UAVs, existe un paso intermedio que consiste en la inclusión de *payload* de *Sense&Avoid*. De esta manera el UAV poseerá capacidad propia para esquivar y tratar el acercamiento de aeronaves en su ruta preprogramada. Este tipo de *payload* no ha sido considerado para los escenarios propuestos por lo que toda modificación de ruta y tratamiento del acercamiento de aeronaves debe ser tratado por el CUCS en tierra. De esta manera el CUCS tratará de establecer las siguientes acciones en caso de Entrada de vehículos ajenos a la misión:

- Modificar ruta para mantener distancia de seguridad, y si no es posible,
- Descenso controlado/amerizaje forzoso.

#### 4.6.3.6.2. Cambio brusco de condiciones meteorológicas

En el caso en que aparezcan unas condiciones meteorológicas adversas que imposibiliten el correcto desarrollo de la misión, entonces la misión será cancelada y el UAV seguirá la ruta preprogramada para volver a la base, abandonando el *Loiter* lo antes posible (dirigiéndose al punto de salida y siguiendo el resto de *waypoints* hasta volver a casa, RH o *Return Home*).

#### 4.6.3.6.3. Pérdida de Enlace de Comunicación

El caso de emergencia más importante en el mundo de los UAVs es la Pérdida de Enlace de Comunicación con tierra (CUCS). En el STANAG 4586, la operativa de un UAV en caso de pérdida del *Uplink* o Enlace de Subida de LOI 4/5, es una función dependiente del vehículo.

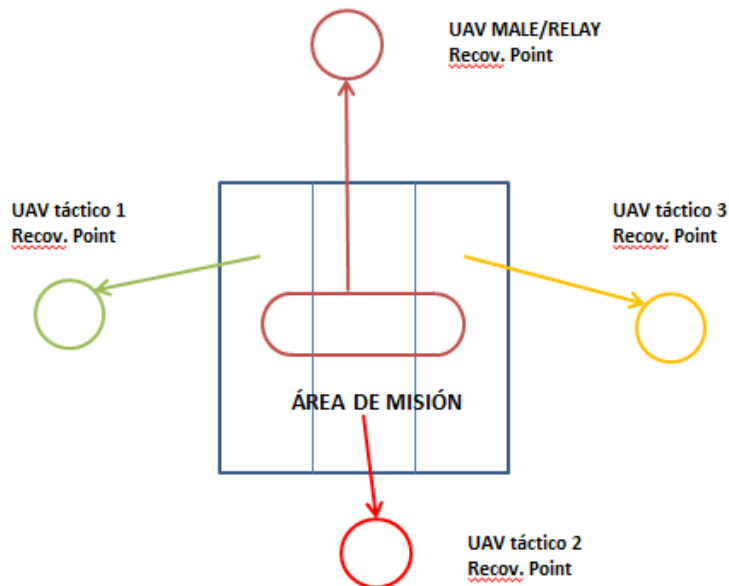
Si hay un Punto de Recuperación (*Recovery Point*), entonces depende del vehículo la especificación de cómo ir:

- a) Puede ser de automático (por ejemplo, volver a la ubicación de GCS)
- b) Podría ser especificado como parte de la misión
- c) Puede ser especificado a través de un diálogo de “Return Home” en las pantallas remotas de la CUCS

En el caso de los escenarios propuestos, se tratará la Pérdida de Enlace de Comunicación con tierra, a través de un punto de recuperación fijo que se carga como parte de la misión, y actúa cuando se halla una pérdida del Enlaces LDRDL. La pérdida del Enlace HDRDL, será considerado cómo pérdida de *payload* (ver próximo Apartado).

Cada *waypoint* dentro de la misión incluye *Waypoints* de Contingencia que serán en los escenarios propuestos los Puntos de Recuperación. Una vez que se alcanza el Puntos de Recuperación o *Waypoint* de Contingencia, es dependiente de la configuración del UAV la acción a realizar (*Loiter*, desplegar el paracaídas, o continuar hasta el siguiente *waypoint*). También es es dependiente de la configuración del UAV, lo que debería suceder si la Enlace de *Uplink* o Subida es restaurado, ya sea volver al anterior estado de la misión, o hacer un *Return Home*.

El Punto de Recuperación o *Waypoint* de Contingencia, de los escenarios propuestos se corresponderá con un punto a través del cual se realizará un *Loiter* con patrón circular con un radio aproximado de 300 metros. Cada una de estas áreas se situará en un punto cardinal del Área de Misión de manera que no interfiera al resto de UAVs que realizan la misión (ver Figura 59).



**Figura 59: *Waypoints* de Contingencia del Área de los Escenarios Propuestos**

Como se citó anteriormente, para la recepción en el anterior CUCS de una Transferencia de Control No Positiva de un UAV o una pérdida no planificada del Enlace de *Uplink* o Subida, el CUCS deberá:

- Establecer la frecuencia del Enlace de Datos de adquisición (Mensaje #400) (opcional)

- Dirigir el CDT hacia el UAV (Mensaje #403)
- Cambiar el CDT a transmisión (Mensaje #401)
- Solicitar autorización para el control (Mensaje #1)

#### 4.6.3.6.4. Pérdida de subsistemas/Carga de Pago

Si en algún momento del vuelo, el UAV encuentra un fallo en algún subsistema o en el *payload*, de modo que la misión se pueda ver alterada, entonces la misión será cancelada y el UAV seguirá la ruta preprogramada para volver a la base, abandonando el *Loiter* lo antes posible (dirigiéndose al punto de salida y siguiendo el resto de *waypoints* hasta volver a casa, RH o *Return Home*).

## 5. Conclusiones y Necesidades Futuras de Sistemas de múltiples UAVs

En esta Sección, se expondrán las Conclusiones y Necesidades Futuras de Sistemas de múltiples UAVs, que fueron obtenidas en el Proyecto GEMA en el WP6120, desde el punto de vista del autor.

### 5.1. Estandarización e Interoperabilidad

En la Subsección 3.1, se describieron los estándares actuales dedicados a la interoperabilidad de diferentes tipos de UAS, siendo los más importantes el STANAG 4586 y JAUS.

Como se pudo observar, JAUS y STANAG 4586 son estándares basados en mensajes, sin embargo JAUS dedica la mayor parte de su énfasis en el comando y control (C2) de sistemas no tripulados, mientras que el STANAG 4586 hace más hincapié en los datos de *payloads* de UAVs. En consecuencia, JAUS actualmente soporta algunas capacidades diferentes a STANAG 4586 en términos de representar el entorno que rodea a los UAS y proporcionando funcionalidad para evitar obstáculos. Otra diferencia técnica entre los dos estándares es que JAUS trata los UAS como activos genéricos, mientras que el STANAG 4586 emplea Módulos Específicos de Vehículos (VSMs) dentro de la norma.

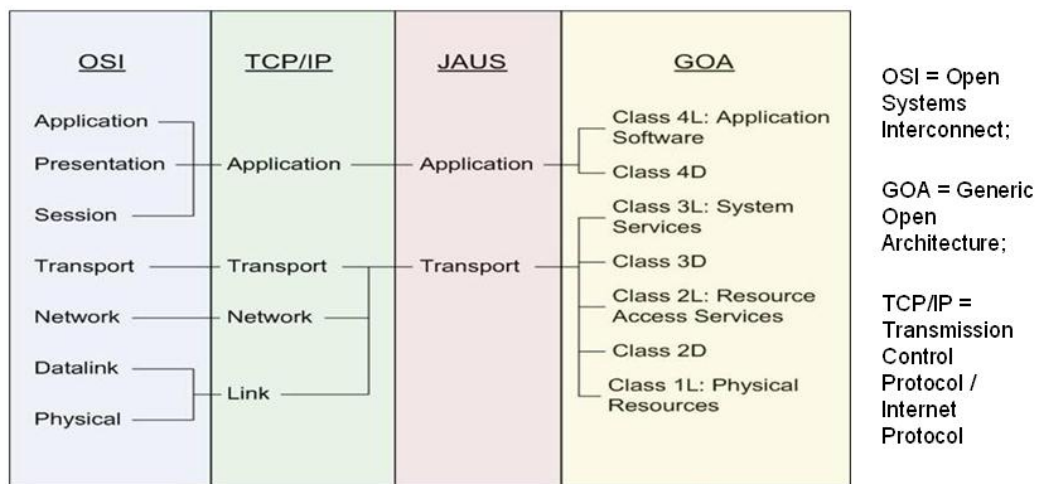
Con el objetivo de ofrecer el mejor camino para la futura interoperabilidad de los sistemas no tripulados se ha creada la denominada Arquitectura Orientada a Servicios (SOA). Tanto JAUS como STANAG 4586 (en la edición 4.0) están documentando su implementación de una SOA. Se espera que próximamente se muestren resultados sobre la interoperabilidad mediante SOA.

#### 5.1.1. Uso de OSI y estándares compatibles

Debido a la expansión en el mundo de la telemática del modelo OSI y en su defecto, el protocolo TCP/IP en Internet, se hace imprescindible para cualquier intento de interoperabilidad el uso de este modelo. El STANAG 4586 únicamente define dos interfaces y los mensajes consecuentes para llevar a cabo la interoperabilidad consecuente. Sin embargo dicho STANAG se soporta bajo los enlaces definidos en los STANAG 4660 y 7085 para la interfaz UAV-UCS (GCS). En el STANAG 4660 se toma como referencia la pila de protocolos OSI dejando varias capas vacías como son:

Sesión y Presentación (similar al modelo TCP/IP). Por otro lado el STANAG 7085 realiza una variación del modelo OSI aunque siguiendo las primitivas de Servicio especificadas en el STANAG 4250 (Modelo de Referencia de la OTAN para OSI).

J AUS al igual que el STANAG 4586 está basado en mensajes para lograr la interoperabilidad ente vehículos y define para ello una estructura muy simple del modelo OSI como se puede observar en la Figura 60:



**Figura 60: Relación entre OSI, TCP/IP, JAUS y GOA**

La integración de JAUS y el STANAG 4586 (a través del STANAG 4660 y 7085) en el modelo OSI será clave para la interacción futura con otros protocolos de red como pueden ser DTN o MANET.

## 5.2. UAVs en NAS

La Integración de UAS a gran altura en el Espacio Aéreo No Segregado no está resuelta a día de hoy, dada la complejidad y extensión de las áreas a las que afecta y a la necesidad de obtener soluciones internacionalmente aceptadas.

En la Subsección 3.2, se describieron los tres grandes retos que deben cumplir los UAS para certificar su entrada en el NAS (Non-segregated Air Space) o Espacio Aéreo No Segregado. En el segundo punto, acerca de las Reglas de Aire (*Rules of Air*), encontramos dos soluciones tecnológicas que deben ser cumplidas:

- Capacidad de observación mediante “*Sense&Avoid*” y la consiguiente toma de decisiones. Actualmente no se tiene en cuenta en el STANAG 4586 tanto a la hora del envío de Mensajes, como a la hora de tenerlo en cuenta como *payload* embarcado. Toda modificación de ruta y tratamiento del acercamiento de aeronaves debe ser tratado por el CUCS en tierra. Sin embargo es posible tratar el “*Sense&Avoid*” desde el punto de vista de Subsistemas a través de los Mensajes #100X y #1X0X, y ser ayudado por las capacidades que pueda tener el Autopiloto embarcado.
- Comunicaciones, por voz digital y datos, seguras y fiables, tanto de C&C como con el ATC. Las comunicaciones vía datos son implementadas a través de Mensajes en el STANAG 4586 y transmitidas tanto por el STANAG 4660 como el STANAG 7085. De igual modo la voz digital para comunicaciones ATC tiene soporte en el STANAG 4660 aunque aún debe ser desarrollado en profundidad en especial acuerdo con el STANAG 4586. De esta manera, en los escenarios planteados en 4.6 no han sido tenido en cuenta las comunicaciones con ATC.

Para UAVs de pequeña talla y vuelo a baja altura (por debajo de 3000 ft), la reglamentación que se utiliza en muchos casos es muy escasa por lo que se hace necesario un mayor aporte de las agencias de reglamentación.

### **5.3. Control de Misión de Sistemas de múltiples UAVs**

A lo largo de la Sección 4 se definió al detalle el Control de Misión llevado a cabo por el STANAG 4586 y soportado bajo los Enlaces de Comunicaciones definidos en el STANAG 4660 y 7085, para baja y alta tasa de datos, respectivamente. De esta manera únicamente se citará en esta Subsección, los supuestos que se han tenido en cuenta dentro de la arquitectura definida en el STANAG 4586 (ver Figura 61) y los escenarios propuestos:

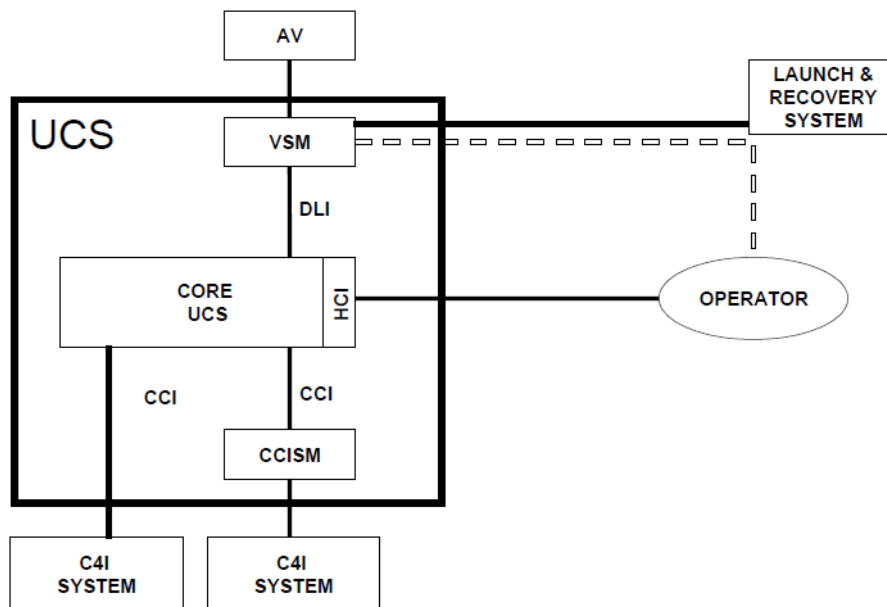


Figura 61: Arquitectura definida en el STANAG 4586

- El VSM se situó en el UAV, de manera que el Enlace de Datos LDRDL posee la característica de “*speaks-DLI*”. Este hecho, tal ya como se citó, se debe al uso del STANAG 4660, el cual encapsula los Mensajes del STANAG 4586 en un *wrapper*, que a su vez se incluirá en los paquetes UDP/IP definidos.
- Las UCSs escogidas para los escenarios son de LOI 1 (de forma opcional lejos de los escenarios, en un centro de seguimiento), LOI 2/3 (en forma de *RVTs*) y LOI 4/5 (CUCS principal). De esta manera los Mensajes de STANAG 4586 se acondicionarán al tipo de LOI que se implementa en las UCSs.
- El STANAG 4660 impone un máximo de cinco nodos activos en la red IC2DL, por lo que condicionará en gran medida el número de UAVs realizando la misión. A partir de este hecho, se tomará como máximo un número de 4 UAVs, 3 de los cuales serán tácticos y el restante será considerado como Nodo *Relay*.
- No se ha entrado en detalles con el Enlace HDRDL través del STANAG 7085, debido a la confidencialidad que impone la OTAN para este estándar.
- El *payload* utilizado para los escenarios propuestos consiste en cámaras EO/IR y *payload* de *Relay* de Comunicaciones (Nodo *Relay*), sin embargo el STANAG 4586 soporta otros *payloads* como son: cámaras fijas, antenas SAR, bahías de apertura/cierre, grabadores de datos, etc.



- El interfaz CCI ente UCSs y nodos C4I no ha sido tenido en cuenta a lo largo del Proyecto aunque está disponible en el STANAG 4586.
- Existe un amplio vacío de contenido acerca de las funciones del Autopiloto, en el STANAG 4586. Para los escenarios propuestos, existen diversas funciones que dependerán de la correcta funcionalidad del Autopiloto: control del UAV en Aterrizaje/Despegue, control de la senda del *Loiter* en forma de rastrillo, control durante las emergencias en vuelo y no se encuentre disponible el enlace en tierra.

#### 5.4. Mejora de los UAVs actuales

La industria de los UAS se halla en pleno crecimiento especialmente si la comparamos con la de automovilismo la cual lleva en escena más de 100 años. Actualmente existen multitud de líneas de investigación y nuevos prototipos especializados en diferentes tareas y con unas características muy específicas. Algunas de las siguientes son:

- **Mayor autonomía de control:** Los sistemas de UAVs actuales difieren drásticamente en la medida en que el control de vuelo está automatizado. En algunos casos, la aeronave se guía de forma manual utilizando joysticks y controles de timón, con el operador que recibe las imágenes visuales de una cámara montada en el vehículo. En otros casos el control es parcialmente automatizado, de modo que el operador selecciona los parámetros deseados a través de una interfaz en la Estación de Control Terrestre (GDT). Finalmente en algunos casos, controlan de forma totalmente automática, de modo que un piloto automático mantiene el control de vuelo utilizando las coordenadas volar-a programadas.

El tipo de control de vuelo utilizado durante el despegue y el aterrizaje, además, a menudo difiere de la forma de control utilizado en el camino. Las características relativas de cada forma de control de vuelo pueden variar en función de los retrasos en la comunicación entre el operador y UAVs y la calidad de las imágenes visuales y otras informaciones sensoriales proporcionadas al operador de UAVs.

- **Mayor autonomía en el aire:** En el momento actual, existen UAVs capaz de más de 10 horas en el aire realizando una misión. Sin embargo se desea que este tiempo sea mucho

más prolongado hasta llegar al punto de no tener que descender a tierra durante varios días. Esto provoca que el consumo energético sea muy reducido o incluso que el avión sea autosuficiente energéticamente. Por ello se están desarrollando modelos en los que la energía solar sea la fuente de alimentación del aparato tal y como se muestra en la Figura 62:



**Figura 62: Helios durante el test de vuelo en 2001 (Fuente: NASA)**

- **Capacidades SATCOM:** El uso de comunicaciones basadas en satélites (SATCOM) y sistemas de navegación, puede aportar una cantidad importante de beneficios, debido al bajo coste que conlleva:
  - Los sistemas basados en satélites pueden permitir una integración suave y sin fisuras de UAS en el Espacio Aéreo No Segregado al confiar las comunicaciones ATC y la vigilancia de la información al piloto al mando a distancia a través de un enlace por satélite fiable.
  - Los sistemas basados en satélites pueden permitir misiones más allá de la línea de visión (BLOS) mediante transmisión del mando y control (C2) y comunicaciones de la carga útil de misión. Éste es un factor clave en lo que a interoperabilidad se refiere, ya que mediante el uso de SATCOM podría controlarse multitud de UAVs a la vez que interconectar cualquier comunicación entre ellos o con cualquier vehículo no tripulado.

- Los sistemas basados en satélites pueden ofrecer una alta precisión de navegación y sistemas de posicionamiento que permite procedimientos precisos como despegue y aterrizaje automático (ATOL).

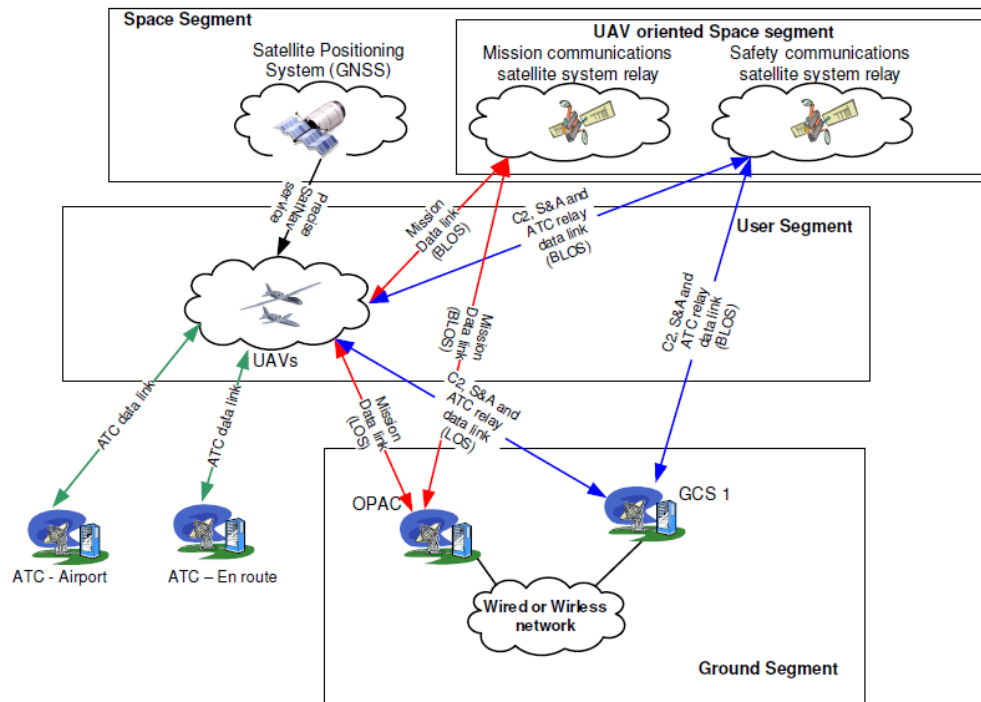


Figura 63: Esquema de los Segmentos implicados en SATCOM con UAVs

- **Mejor aerodinámica:** Desde los comienzos de los UAS se ha primado la funcionalidad de los aviones y helicópteros, dejando a un lado la aerodinámica para un plano posterior. Por otro lado, un factor importante que fomenta la falta de aerodinámica, es el payload embarcado en el avión. Por ejemplo, comunicaciones SATCOM, precisan de antenas que oscilan entorno al metro de diámetro, por lo que introducir estos elementos en UAVs que optimicen la aerodinámica, el consumo energético, etc, supone un reto tecnológico de importancia. Sin embargo, pese a ello, los próximos UAVs están teniendo en cuanto la aerodinámica como un factor importante (véase Figura 64).



**Figura 64: UAV nEUROn**

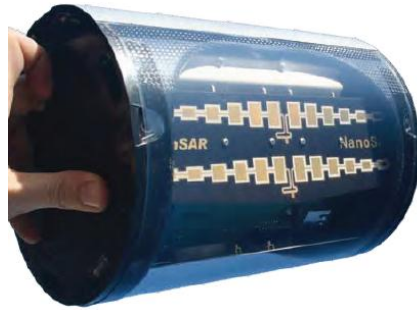
- **Miniaturización:** Los avances en las tecnologías comerciales y militares están aumentando rápidamente las capacidades de UAVs pequeños y de bajo coste micro de modo que les permita llevar a cabo misiones comparables a los UAVs más grandes a un costo considerablemente menor y menor riesgo. Además, los nuevos conceptos de funcionamiento, tales como protocolos de comportamiento cooperativo o modo "enjambres" (swarms), abrirán la puerta a numerosas misiones que se pensaban que eran imposible para UAVs pequeños de bajo coste y de baja tecnología. Los UAVs Micro y Pequeños en el futuro serán capaces de llevar a cabo misiones en todo en un largo espectro de misiones, tanto militares como Inteligencia, Vigilancia y Reconocimiento (ISR), Represión de defensas enemigas (SEAD), Guerra Electrónica (EW), como civiles como Extinción de fuego, Control de zonas sensibles, etc. Teniendo en cuenta su coste inherente, flexibilidad, prescindibilidad, los UAVs micro y pequeños desempeñarán un papel importante en el éxito de misiones civiles como militares. Un ejemplo de UAVs Micro se halla a continuación en la Figura 65:



**Figura 65: Wasp III (BATMAV) Micro UAV**

- **Mejora del payload a bordo:** Actualmente existe un amplio rango de payloads disponibles y embarcables en UAVs, sin embargo la investigación se está focalizando en los siguientes aspectos:

1. Tamaño y peso: En todos los UAVs y en especial los Mini y Micro, existen unas restricciones claras sobre el tamaño y peso que son capaces de embarcar. Las antenas para SATCOM requieren diámetros que son imposibles para UAVs menores que un MALE. Sin embargo otros sensores y radares como SAR (ver Figura 66) son cada vez más pequeños, al igual que todo tipo de cámaras para la visualización del objetivo.



**Figura 66: Antena NanoSAR**

2. Precisión y cobertura: La precisión y cobertura actual mediante *payloads* tipo SAR, EO/IR, etc., es muy alta, por tanto la investigación actual se está centrando en la miniaturización de los componentes y el procesamiento de las imágenes ofrecidas por las cámaras de video de alta resolución. Este hecho es muy importante en la consecución de la adaptación de los UAVs en el Espacio Aéreo No-Segregado.



**Figura 67: Visión de HD de Cámara desde un UAV**

3. Nuevos sensores: Existen en estos momentos, sensores embarcados en UAVs capaces de medir cualquier patrón físico (temperatura, presión, gases tóxicos, etc.) sin embargo es posible una mayor expansión del uso y la monitorización consecuente. En el presente y el futuro, no sólo se prevee monitorizar patrones externos relativos a la misión sino también el estado íntegro del avión.

## 6. Acrónimos

ADT	Air Data Terminal
ATC	Air Traffic Control
BLOS	Beyond Line of Sight
DTN	Delay Tolerant Network
GCS	Ground Control Station
GDT	Ground Data Terminal
IC2DL	Interoperable Command and Control Data Link
IP	Internet Protocol
LF Intel	Landing Force Intelligence
LOS	Line of Sight
LPI	Low Probability of Intercept
L/R	Launch and Recovery
LRS	Launch and Recovery Station
MAGTF	Marine Air-Ground Task Force
MPS	Mision Planning Station
PN	Pseudo-Random Number
RF	Radio Frequency
RFC	Request for Comments
RVT	Remote Video Terminal
SDT	Satellite Data Terminal
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
STANAG	(NATO) Standardisation Agreement
TAC	Tactical Air Control
TAD	Tactical Air Direction
TDMA	Time division multiple access
TSA	Time Synchronisation Acknowledgement
TSM	Time Synchronisation Message
TSR	Time Synchronisation Response
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
UAS	Unmanned Aircraft System
UDP	User Datagram Protocol

## 7. Bibliografía

[1] NATO UAS Classification Guide. September 2009 JCGUAV meeting

[2] (2010) JAUS [*online*]. Disponible en: <http://www.jauswg.org/>

[3] STANAG 4586 [<http://www.nato.int>]

[4] STANAG 4660 [<http://www.nato.int>]



## Apéndice A: UAVs seleccionados para los Escenarios propuestos


- Propuesta para UAVs tácticos:

### Camcopter S100

<b>Fabricante</b>	Schiebel	
<b>Longitud</b>	3.11m	
<b>Altura</b>	1.12m	
<b>Diámetro del Rotor</b>	3.4m	
<b>Peso en vacío</b>	243lb (110.2 kg)	
<b>MTOW</b>	440lb (199.5 kg)	
<b>Max payload</b>	110lb (49.9 kg)	
<b>Velocidad Max</b>	120kt (222.24 km/h)	
<b>Endurance</b>	6hr (con 34 kg de payload)	
<b>Ceiling</b>	18,000ft (5486.4 m)	
<b>Radio de Misión</b>	150km	

**Tabla 15: UAV Táctico de Ala Rotatoria Camcopter S100**

### MQ-8 Fire Scout

<b>Fabricante</b>	Northrop Grumman	
<b>Longitud</b>	23.95 ft (7.3 m)	
<b>Altura</b>	9.71 ft (2.9 m)	
<b>Diámetro del Rotor</b>	27.5 ft (8.4 m)	
<b>Peso en vacío</b>	2,073 lbs (940.3 kg)	
<b>MTOW</b>	3,150 lbs (1,430 kg)	
<b>Max payload</b>	600 lbs (272 kg)	
<b>Velocidad Max</b>	115 knots (213 km/h)	
<b>Endurance</b>	8 hours	
<b>Ceiling</b>	20,000 ft (6,100 m)	
<b>Radio de Misión</b>	110 nmi (203.7 km)	

**Tabla 16: UAV Táctico de Ala Rotatoria MQ-8 Fire Scout**

- Propuesta para UAV Relay/MALE:

### MQ-9 Reaper (Predator B)


<b>Fabricante</b>	General Atomics	
<b>Longitud</b>	36 ft (11 m)	
<b>Wingspan</b>	66 ft (20 m)	
<b>Altura</b>	12.5 ft (3.6 m)	
<b>Peso en vacío</b>	4,900 lb (2223 kg)	
<b>Cap. Combustible</b>	4,000 lb (1,800 kg)	
<b>MTOW</b>	10,500 lb (4760 kg)	
<b>Velocidad Max</b>	260 knots (482 km/h, 300 mph)	
<b>Velocidad Crucero</b>	150–170 knots (276–313 km/h, 172–195 mph)	
<b>Endurance</b>	14–28 hours (14 hours cargado)	
<b>Payload</b>	3,800 lb (1,700 kg)	
<b>Ceiling</b>	50,000 ft (15 km)	

Tabla 17: UAV Relay/MALE Ala fija MQ-9 Reaper (Predator B)

### Heron/Machatz 1

<b>Fabricante</b>	IAI	
<b>Longitud</b>	8.5 m (27 ft)	
<b>Wingspan</b>	16.60 m (54 ft)	
<b>Altura</b>	2.3 m	
<b>Peso en vacío</b>	280kg	
<b>Cap. Combustible</b>	400 kg	
<b>MTOW</b>	1,150 kg (2,530 lb)	
<b>Velocidad Max</b>	207 km/h (113 knots, 130 mph)	
<b>Velocidad Crucero</b>	148.16 km/h	
<b>Endurance</b>	40+ hours	
<b>Payload</b>	250 kg (550 lb)	
<b>Ceiling</b>	10,000 m (32,800 ft)	

**Tabla 18: UAV Relay/MALE Ala fija Heron/Machatz 1**

## Apéndice B: Patrón de vuelo de Rastrillo

El patrón de vuelo de rastrillo se identifica como un tipo de *Loiter* con la consecución de vuelos rectos más giros de 180° de manera que se trata de barrer la mayor área posible a través del *payload* utilizado (ver Figura 68).

Debido a las características de los Mensajes #41 y #803 del STANAG 4586, únicamente será posible realizar el *Loiter* con Patrón de Vuelo de Rastrillo en el Mensaje #803, ya que en el Mensaje #41 no hay un parámetro que ayude a limitar el *Loiter* de manera espacio-temporal.

De esta manera el *Loiter* con Patrón de Vuelo de Rastrillo quedará definido en el Mensaje #803 a través de los siguientes parámetros:

- **Longitud *Loiter*:**

Se determina como la longitud del tramo recto del *Loiter* con Patrón de Vuelo de Rastrillo.

- **Tiempo de *Loiter* en *Waypoint*:**

Este tiempo será tomado como el tiempo total en que el UAV debe estar realizando el *Loiter* con Patrón de Vuelo de Rastrillo. Se supondrá una velocidad constante, por lo que se puede calcular el tiempo a través de ecuaciones de movimiento rectilíneo y circular uniformes, tomando como espacio el total de la suma de Longitudes *Loiter* más los giros del UAV.

- **Radio *Loiter*:**

Se define como el radio de giro del *Loiter* con Patrón de Vuelo de Rastrillo una vez recorrida el tramo recto definido por la Longitud *Loiter*. Este radio, viene determinado por el cono de máximo rango de visión del *payload* (véase Figura XX).

- ***Loiter Bearing*:**

Referencia respecto al Norte de los tramos rectos del *Loiter* con Patrón de Vuelo de Rastrillo.

- **Sentido *Loiter*:**

Define el sentido a través del cual el UAV realiza el giro dentro del Patrón de Vuelo de Rastrillo.

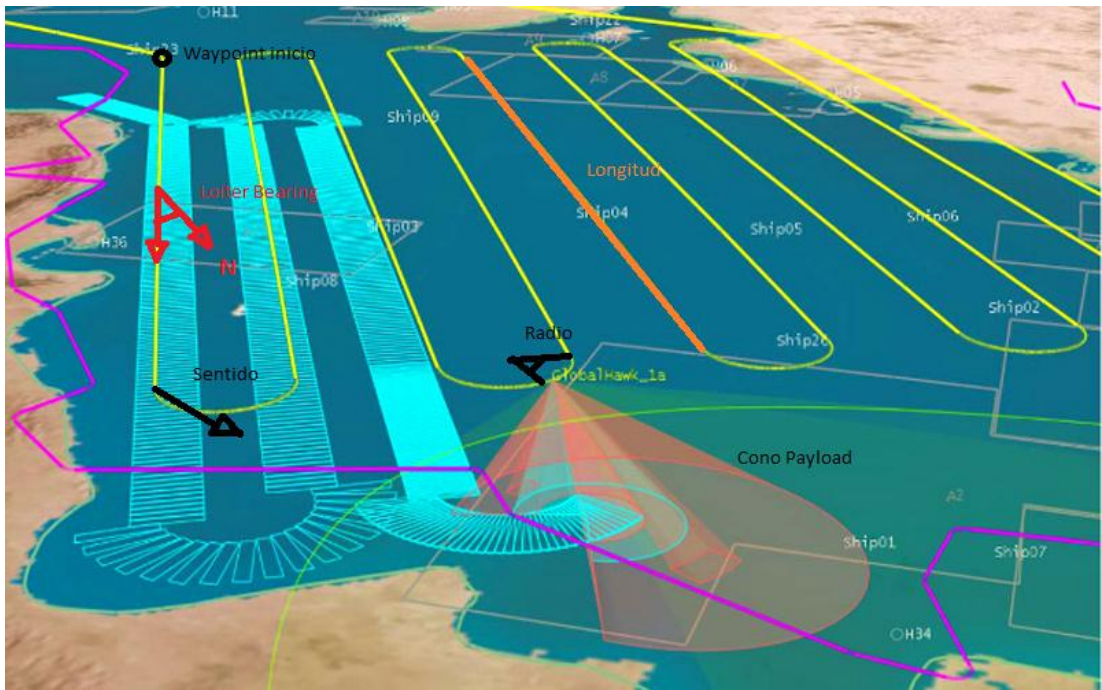


Figura 68: Ejemplo de Patrón Rastrillo en Software AGI STK©

## Apéndice C: Mensajes del STANAG 4586&4660 usados en los Escenarios

○ **Mensaje #1: CUCS Authorisation Request:**

Id	Campo	Elemento	Tipo	unidad	Rango
0001.01	1	Marca de tiempo	Double	Segundos	
0001.02	2	Id Vehículo	Integer 4	Ninguno	
0001.03	3	Id CUCS	Integer 4	Ninguno	
0001.04	4	Id VSM	Integer 4	Ninguno	
0001.05	5	ID Enlace de Datos	Integer 4	Ninguno	
0001.06	6	Tipo de Vehículo	Unsigned 2	Ninguno	
0001.07	7	Subtipo de Vehículo	Unsigned 2	Ninguno	$0 \leq x \leq 32767$
0001.08	8	LOI Handover/Requerida	Unsigned 1	Bitmapped	0x00 = No especificado 0x01 = LOI 2 0x01 = LOI 3 0x01 = LOI 4 0x01 = LOI 5
0001.09	9	Estación Controlada	Unsigned 4	Bitmapped	0x0000= Sin Cambio 0x0001= Stn #1 0x0002= Stn #2 0x0004= Stn #3 0x0008= Stn #4 Etc.
0001.10	10	Modo Estación Controlada	Unsigned 1	Enumerated	0 = Renunciar/Hand off Control 1= Solicitar Control 2= Override Control
0001.11	11	Esperar por el Mensaje de Coordinación de Transición del Enlace de Datos del Vehículo	Unsigned 1	Enumerated	0 = No esperar 1 = Esperar por el Mensaje

Tabla 19: Mensaje #1: CUCS Authorisation Request

○ **Mensaje #20: Vehicle ID:**

<b>Id</b>	<b>Campo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>unidad</b>	<b>Rango</b>
0020.01	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
0020.02	2	<b>Id Vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
0020.03	3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
0020.04	4	<b>Id VSM</b>	Integer 4	Ninguno	
0020.05	5	<b>Actualizar ID Vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
0020.06	6	<b>Tipo de Vehículo</b>	Unsigned 2	Ninguno	
0020.07	7	<b>Subtipo de Vehículo</b>	Unsigned 2	Ninguno	$0 \leq x \leq 32767$
0020.08	8	<b>Código Pais Perteneciente</b>	Unsigned 1	Ninguno	
0020.09	9	<b>Número Tail</b>	Character 16 bytes	Ninguno	ASCII terminado en nulo
0020.10	10	<b>ID Misión</b>	Character 20 bytes	Ninguno	ASCII terminado en nulo
0020.11	11	<b>Señal de Llamada ATC</b>	Character 32 bytes	Ninguno	ASCII terminado en nulo

**Tabla 20: Mensaje #20: Vehicle ID**

○ **Mensaje #21: VSM Authorisation Response:**

<b>Id</b>	<b>Campo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>unidad</b>	<b>Rango</b>
0021.01	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
0021.02	2	<b>Id Vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
0021.03	3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
0021.04	4	<b>Id VSM</b>	Integer 4	Ninguno	
0021.05	5	<b>ID Enlace de Datos</b>	Integer 4	Ninguno	
0021.06	6	<b>LOI Autorizada</b>	Unsigned 1	Bitmapped	0x00 = N/A 0x01 = LOI 2 0x01 = LOI 3 0x01 = LOI 4 0x01 = LOI 5
0021.07	7	<b>LOI Garantizada</b>	Unsigned 1	Bitmapped	0x00 = N/A 0x01 = LOI 2 0x01 = LOI 3 0x01 = LOI 4

					0x01 = LOI 5
0021.08	8	<b>Estación Controlada</b>	Unsigned 4	Bitmapped	0x0000= Sin Cambio 0x0001= Stn #1 0x0002= Stn #2 0x0004= Stn #3 0x0008= Stn #4 Etc.
0021.09	9	<b>Modo Estación Controlada</b>	Unsigned 1	Enumerated	0 = No bajo Control 1= Bajo Control
0021.10	10	<b>Tipo de Vehículo</b>	Unsigned 2	Ninguno	
0021.11	11	<b>Subtipo de Vehículo</b>	Unsigned 2	Ninguno	$0 \leq x \leq 32767$

**Tabla 21: Mensaje #21: VSM Authorisation Response**

○ **Mensaje #40: Vehicle Configuration Command:**

<b>Id</b>	<b>Campo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>unidad</b>	<b>Rango</b>
0040.01	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
0040.02	2	<b>Id Vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
0040.03	3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
0040.04	4	<b>Energía de Propulsión Inicial</b>	Float	%	Dependiente de configuración

**Tabla 22: Mensaje #40: Vehicle Configuration Command**

○ **Mensaje #41: Loiter Configuration:**

<b>Id</b>	<b>Campo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>unidad</b>	<b>Rango</b>
0041.01	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
0041.02	2	<b>Id Vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
0041.03	3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
0041.04	4	<b>Tipo Loiter</b>	Unsigned 1	Enumerated	1= Circular 2=RaceTrack 3=Figura 8 4=Hover
0041.05	5	<b>Radio Loiter</b>	Float	Meters	$1 \leq x \leq 100000$
0041.06	6	<b>Longitud Loiter</b>	Float	Meters	$1 \leq x \leq 100000$



0041.07	7	<b>Loiter Bearing</b>	Float	Radians	$-\pi \leq x \leq \pi$
0041.08	8	<b>Dirección Loiter</b>	Unsigned 1	Enumerated	0= Dependiente Vehículo 1= Agujas Reloj 2= Contra Agujas Reloj 3= A favor del viento
0041.09	9	<b>Altitud Loiter</b>	Float	Meters	$-1000 \leq x \leq 100000$
0041.10	10	<b>Tipo de altitud</b> Define el tipo de altitud para todas las altitudes relacionadas en los campos de este mensaje	Unsigned 1	Enumerado	0 = Altitud medida en función de la presión 1 = Altitud del barómetro 2 = AGL 3 = WGS-84
0041.11	11	<b>Velocidad Loiter</b>	Float	Mps	$0 \leq x \leq 10000$
0041.12	12	<b>Tipo de velocidad</b> Se define el tipo de velocidad para todas las velocidades indicadas en los campos de este mensaje	Unsigned 1	Enumerado	0 = Velocidad de aire Indicada 1 = Velocidad de Aire Verdadera 2 = Velocidad en Tierra

**Tabla 23: Mensaje #41: Loiter Configuration**

○ **Mensaje #42: Vehicle Operating Mode Command:**

<b>Id</b>	<b>Campo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rango</b>
0042.01	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	(STANAG 4586)
0042.02	2	<b>Id vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
0042.03	3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
0042.04	4	<b>Selección del Modo de Control de Ruta de Vuelo</b> Se especifica el método para controlar la ruta de vuelo. Los Modos de Control Manual caen en el rango 1-10, Modo de Control Automático en el rango 11-31	Unsigned 1	Enumerado	

**Tabla 24: Mensaje #42: Vehicle Operating Mode Command**

○ **Mensaje #43: Vehicle Steering Command:**

<b>Id</b>	<b>Campo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>unidad</b>	<b>Rango</b>
0043.01	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
0043.02	2	<b>Id Vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
0043.03	3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
0043.04	4	<b>Tipo de Altitud Comandada</b>	Unsigned 1	Enumerado	0 = Comando de Altitud no Válido 1 = Altitud

					2 = Velocidad Vertical 3 = Altitud de Tasa Limitada
0043.05	5	<b>Altitud Comandada</b> Valor que el campo pueda alcanzar (se ignora el Tipo de Altitud Comandada = 2)	Flota	Metros	$-1000 \leq x \leq 100000$
0043.06	6	<b>Velocidad Vertical Comandada</b> Velocidad que puede alcanzar (usada en Tipo de Altitud Comandada = 2, ignorado en Tipo de Altitud Comandada = 1, utilizado como límite en la tasa de Tipo de Altitud Comandada = 3)	Flota	Metros/s	$-1000 \leq x \leq 1000$
0043.07	7	<b>Tipo de Heading Comandado</b>	Unsigned 1	Enumerado	0 = Comando de Heading no Válido 1 = Heading 2 = Curso 3 = Heading y curso 4 = Roll 5 = Tasa de Heading
0043.08	8	<b>Heading Comandado</b> Heading que puede alcanzar (Usado en Tipo de Heading Comandado = 1 y 3, ignorar Tipo de Heading Comandado 2, 4 y 5)	Flota	Radianes	$-\pi \leq x \leq \pi$
0043.09	9	<b>Curso Comandado</b> Valor Curso alcanzado (Usado en Tipo de Heading Comandado = 2 y 3, ignorar Tipo de Heading Comandado 1, 4 y 5)	Float	Radianes	$-\pi \leq x \leq \pi$
0043.10	10	<b>Tasa de giro</b> Tasa de giro de Heading o Curso alcanzado (Usado en Tipo de Heading Comandado = 1 a 3 y 5)	Float	Radianes/segundos	Depende de la configuración. Una tasa de 0 indica que el UAV debe usar las tasas por defecto en el rumbo.
0043.11	11	<b>Tasa de Roll Comandada</b> Valor de Tasa de Roll que puede alcanzar(usado en Tipo de Heading Comandado = 4)	Float	Radianes/segundos	Depende de la configuración Una tasa de 0 indica que el UAV debe usar las tasas por defecto
0043.12	12	<b>Roll Comandada</b> (Usado en Tipo de Heading Comandado = 4)	Float	Radianes	$-\pi \leq x \leq \pi$
0043.13	13	<b>Velocidad Comandada</b>	Float	Metros/s	$0 \leq x \leq 10000$
0043.14	14	<b>Tipo de velocidad</b> Se define el tipo de velocidad para todas las velocidades indicadas en los campos de este mensaje	Unsigned 1	Enumerado	0 = Velocidad de aire Indicada 1 = Velocidad de Aire Verdadera 2 = Velocidad en Tierra
0043.15	15	<b>Número de Waypoint Comandado</b>	Unsigned 2	-	$1 \leq x \leq 65535$
0043.16	16	<b>Establecimiento de altímetro</b> Presión local del barómetro al nivel de mar	Float	Pascals	$0 \leq x \leq 107500$
0043.17	17	<b>Tipo de altitud</b> Define el tipo de altitud para todas las altitudes relatadas en los campos de este mensaje	Unsigned 1	Enumerado	0 = Altitud medida en función de la presión 1 = Altitud del barómetro 2 = AGL 3 = WGS-84
0043.18	18	<b>Latitud de Posición Loiter</b>	Double	Radianes	$-\pi/2 \leq x \leq \pi/2$
0043.19	19	<b>Longitud de Posición Loiter</b>	Double	Radianes	$-\pi \leq x \leq \pi$

Tabla 25: Mensaje #43: Vehicle Steering Command

○ Mensaje #44: Air Vehicle Lights:

Id	Posición	Elemento	Tipo	Unidades	Rango
0044.1	1	Marca de tiempo	Double	Segundos	
0044.2	2	Id Vehículo	Integer 4	Ninguno	
0044.3	3	Id CUCS	Integer 4	Ninguno	
0044.4	4	Establecer Luces	Unsigned 2	Bitmapped	0x0001= Nav 0x0002= NavIR 0x0004= Strobe 0x0008= StrobeIR 0x0010= NVD 0x0020= Reservadas 0x0040= Landing 0x0080= LandingIR

Tabla 26: Mensaje #44: Air Vehicle Lights

○ Mensaje #45: Engine Command:

Id	Posición	Elemento	Tipo	Unidades	Rango
0045.1	1	Marca de tiempo	Double	Segundos	
0045.2	2	Id Vehículo	Integer 4	Ninguno	
0045.3	3	Id CUCS	Integer 4	Ninguno	
0045.4	4	Número Motor	Integer 4	Ninguno	Depediente Configuración
0045.5	5	Motor Comandado	Unsigned 1	Enumerated	0= Stop 1= Empezar 3= Habilitar/Rodar 3-9= Reservado 10-255= Específico Vehículo

Tabla 27: Mensaje #45: Engine Command

○ Mensaje #46: Flight Termination Command:

Id	Posición	Elemento	Tipo	Unidades	Rango
0046.1	1	Marca de tiempo	Double	Segundos	

0046.2	2	<b>Id Vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
0046.3	3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
0046.4	4	<b>Estado Terminación Vuelo Comandado</b>	Unsigned 1	Enumerated	0= Resetear Sistema FT 1= Armar Sistema FT 3= Ejecutar Sec. FT
0046.5	5	<b>Modo de Terminación Vuelo</b>	Unsigned 1	Enumerated	0= No Especificado 1-255= Especifico VSM

**Tabla 28: Mensaje #46: Flight Termination Command**

○ **Mensaje #47: *Relative Route/Waypoint Absolute Reference Message:***

<b>Id</b>	<b>Posición</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
0047.1	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
0047.2	2	<b>Id Vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
0047.3	3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
0047.4	4	<b>Latitud</b> (eje y )	Double	Radianes	$-\pi/2 \leq x \leq \pi/2$
0047.5	5	<b>Longitud</b> (eje x)	Double	Radianes	$-\pi \leq x \leq \pi$
0047.6	6	<b>Tipo de altitud</b> Define el tipo de altitud para todas las altitud relatadas en los campos de este mensaje	Unsigned 1	Enumerado	0 = Altitud de Presión 1 = Altitud del Barómetro 2 = AGL 3 = WGS-84
0047.7	7	<b>Altitud</b>	Float	Metros	$-1000 \leq x \leq 100000$
0047.8	8	<b>Orientación</b>	Float	Radianes	$-\pi \leq x \leq \pi$
0047.9	9	<b>Id Ruta</b>	Character 20	Ninguno	Texto de identificación de ruta, o nulo para actualizar todas las rutas.

**Tabla 29: Mensaje #47: Relative Route/Waypoint Absolute Reference Message**

○ **Mensaje #48: *Mode Preference Command:***

<b>Id</b>	<b>Posición</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
0048.1	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
0048.2	2	<b>Id Vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
0048.3	3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
0048.4	4	<b>Modo altitud</b>	Unsigned 1	Enumerado	0 = Configuración 1 = Manual/Override hasta llegar al Waypoint o punto Loiter 2 = Manual/ Override

0048.5	5	<b>Modo velocidad</b>	Unsigned 1	Enumerado	0 = Configuración 1 = Manual/ Override hasta llegar al Waypoint o punto Loiter 2 = Manual/ Override
0048.6	6	<b>Modo Curso/Heading</b>	Unsigned 1	Enumerado	0 = Configuración 1 = Manual/ Override hasta llegar al Waypoint o punto Loiter 2 = Manual/ Override

**Tabla 30: Mensaje #48: Mode Preference Command**

○ **Mensaje #100: Vehicle Configuration:**

<b>Id</b>	<b>Posición</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
0100.1	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
0100.2	2	<b>Id Vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
0100.3	3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
0100.4	4	<b>Id VSM</b>	Integer 4	Ninguno	
0100.5	5	<b>Id Configuración</b> Identifica la configuración particular de un UAV especificado por el fabricante.	Unsigned 4	Ninguno	$0 \leq x \leq (2^{32} - 1)$
0100.6	6	<b>Capacidad de Carburante de Propulsión</b> Cantidad de peso de carburante que pueda ser llevado por esta configuración	Unsigned 4	Kg	Dependiente Configuración (<0: No aplicable)
0100.7	7	<b>Capacidad de Batería de Propulsión</b>	Float	Julios	Dependiente Configuración (<0: No aplicable)
0100.8	8	<b>Máxima Velocidad Aire Indicada</b>	Float	Meros/s	Dependiente Configuración
0100.9	9	<b>Velocidad de Aire Indicada de Crucero Óptima</b>	Float	Metros/s	Dependiente Configuración
0100.10	10	<b>Velocidad de Aire Indicada de Endurance Óptimo</b>	Float	Metros/s	Dependiente Configuración
0100.11	11	<b>Máximo Factor de Carga</b>	Float	Metros/s <sup>2</sup>	Dependiente Configuración
0100.12	12	<b>Peso Bruto</b> Se calcula incluyendo los efectos de los cambios de carga del carburante	Float	Kg	Dependiente Configuración
0100.13	13	<b>X_CG</b> Se calcula el centro de gravedad con la configuración actual hacia atrás de la nariz	Unsigned 1	Metros	Configuración dependiente
0100.14	14	<b>Número de motores</b>	Unsigned 1	Ninguno	$0 \leq x \leq 255$

**Tabla 31: Mensaje #100: Vehicle Configuration**

○ **Mensaje #101: Inertial States:**

<b>Id</b>	<b>Posición</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
0101.1	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
0101.2	2	<b>Id Vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
0101.3	3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
0101.4	4	<b>Latitud</b>	Double	Radianes	$-\pi/2 \leq x \leq \pi/2$
0101.5	5	<b>Longitud</b>	Double	Radianes	$-\pi \leq x \leq \pi$
0101.6	6	<b>Altitud</b>	Float	Metros	$-1000 \leq x \leq 100000$
0101.7	7	<b>Tipo altitud</b>	Unsigned 1	Enumerado	0 = Altitud medida en función de la presión 1 = Altitud Baro 2 = AGL 3 = WGS-84 (geoid)
0101.8	8	<b>U_velocidad</b> Componente de velocidad a lo largo del vector norte verdadero	Float	Metros/s	$-10000 \leq x \leq 10000$
0101.9	9	<b>V_velocidad</b> Componente de velocidad a lo largo del vector este verdadero	Float	Metros/s	$-10000 \leq x \leq 10000$
0101.10	10	<b>W_velocidad</b> Componente inercial de velocidad vertical hacia abajo	Float	Metros/s	$-10000 \leq x \leq 10000$
0101.11	11	<b>U_Aceleración</b> Componente de aceleración a lo largo del vector norte verdadero	Float	Metros/s <sup>2</sup>	$-100 \leq x \leq 100$
0101.12	12	<b>V_Aceleración</b> Componente de aceleración a lo largo del vector este verdadero	Float	Metros/s <sup>2</sup>	$-100 \leq x \leq 100$
0101.13	13	<b>W_Aceleración</b> Componente inercial de aceleración vertical hacia abajo	Float	Metros/s <sup>2</sup>	$-100 \leq x \leq 100$
0101.14	14	<b>Phi</b> Ángulo Roll	Float	Radianes	$-\pi \leq x \leq \pi$
0101.15	15	<b>Theta</b> Ángulo Pitch	Float	Radianes	$-\pi/2 \leq x \leq \pi/2$
0101.16	16	<b>Psi</b> Ángulo Yaw	Float	Radianes	$-\pi \leq x \leq \pi$
0101.17	17	<b>Phi_dot</b> Tasa Roll	Float	Radianes/s	$-1000 \leq x \leq 1000$
0101.18	18	<b>Theta_dot</b> Tasa Pitch	Float	Radianes/s	$-1000 \leq x \leq 1000$
0101.19	19	<b>Psi_dot</b> Tasa Yaw	Float	Radianes/s	$-1000 \leq x \leq 1000$
0101.20	20	<b>Variación magnética</b> Verdadera = Magnética + Variación	Float	Radianes	$-\pi \leq x \leq \pi$

**Tabla 32: Mensaje #101: Inertial States**

○ **Mensaje #102: Air and Ground Relative States:**

<b>Id</b>	<b>Posición</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
0102.1	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
0102.2	2	<b>Id Vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
0102.3	3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
0102.4	4	<b>Ángulo de Ataque</b>	Float	Radianes	$-\pi \leq x \leq \pi$
0102.5	5	<b>Ángulo de Deslizamiento</b>	Float	Radianes	$-\pi \leq x \leq \pi$
0102.6	6	<b>Velocidad de Aire Verdadera</b>	Float	Metros/s	$0 \leq x \leq 10000$
0102.7	7	<b>Velocidad de Aire Indicada</b>	Float	Metros/s	$0 \leq x \leq 10000$
0102.8	8	<b>Temperatura de Aire Exterior</b>	Float	°K	$172,15 \leq x \leq 372,15$
0102.9	9	<b>U_Viento</b> Componente de viento estimado a lo largo del vector norte verdadero	Float	Meros/s	$-10000 \leq x \leq 10000$
0102.10	10	<b>W_Viento</b> Componente de viento estimado a lo largo del vector este verdadero	Float	Meros/s	$-10000 \leq x \leq 10000$
0102.11	11	<b>Configuración Altimetro</b> Presión barométrica local a nivel del mar. Usado para corregir la presión de altitud a la altitud barométrica	Float	Pascals	$0 \leq x \leq 107500$
0102.12	12	<b>Altitud Barométrica</b> Altitud basada en la configuración del altímetro	Float	Meros	$-100 \leq x \leq 100000$
0102.13	13	<b>Tasa de Altitud Barométrica</b> Velocidad vertical estimada basado en la tasa de presión del sistema de datos de aéreo	Float	Meros/s	$-100 \leq x \leq 100$
0102.14	14	<b>Presión Altitud</b>	Float	Metros	$-1000 \leq x \leq 100000$
0102.15	15	<b>Altitud AGL</b>	Float	Metros	$-1000 \leq x \leq 100000$
0102.16	16	<b>Altitud WGS-84</b>	Float	Metros	$-1000 \leq x \leq 100000$
0102.17	17	<b>U_Tierra</b> Componente de velocidad en tierra a lo largo del vector norte verdadero	Float	Metros/s	$-10000 \leq x \leq 10000$
0102.18	18	<b>V_Tierra</b> Componente de velocidad en tierra a lo largo del vector este verdadero	Float	Metros/s	$-10000 \leq x \leq 10000$

**Tabla 33: Mensaje #102: Air and Ground Relative States**

○ **Mensaje #103: Body-Relative Sensed States:**

Id	Posición	Elemento	Tipo	Unidades	Rango
0103.1	1	Marca de tiempo	Double	Segundos	
0103.2	2	Id Vehículo	Integer 4	Ninguno	
0103.3	3	Id CUCS	Integer 4	Ninguno	
0103.4	4	X_Aceleración logitudinal	Float	Metros/s <sup>2</sup>	$-100 \leq x \leq 100$
0103.5	5	Y_Aceleración lateral	Float	Metros/s <sup>2</sup>	$-100 \leq x \leq 100$
0103.6	6	Z_Aceleración vertical	Float	Metros/s <sup>2</sup>	$-100 \leq x \leq 100$
0103.7	7	Tasa Roll	Float	Radianes/s	$-100 \leq x \leq 100$
0103.8	8	Tasa Pitch	Float	Radianes/s	$-100 \leq x \leq 100$
0103.9	9	Tasa Yaw	Float	Radianes/s	$-100 \leq x \leq 100$

Tabla 34: Mensaje #103: Body-Relative Sensed States

○ Mensaje #104: Vehicle Operating States:

Id	Posición	Elemento	Tipo	Unidades	Rango
0104.1	1	Marca de tiempo	Double	Segundos	
0104.2	2	Id Vehículo	Integer 4	Ninguno	
0104.3	3	Id CUCS	Integer 4	Ninguno	
0104.4	4	Comandos de altitud	Float	Metros	$-1000 \leq x \leq 100000$
0104.5	5	Tipo altitud Define el Tipo de Altitud para todas las altitudes relacionadas en los campos de este mensaje.	Unsigned 1	Enumerado	0 = Altitud medida en función de la presión 1 = Altitud baro 2 = AGL 3 = WGS-84
0104.6	6	Heading Comandado	Float	radians	$-\pi \leq x \leq \pi$
0104.7	7	Curso Comandado	Float	radians	$-\pi \leq x \leq \pi$
0104.8	8	Tasa de giro Comandado	Float	radians /s	Dependiente Configuración
0104.9	9	Tasa de roll Comandado	Float	radians /s	Dependiente Configuración
0104.10	10	Velocidad Comandado	Float	Mps	$0 \leq x \leq 10000$
0104.11	11	Tipo de Velocidad Define el Tipo de Velocidad para todas las velocidades relacionadas en los campos de este mensaje.	Unsigned 1	Enumerado	0 = Velocidad de aire Indicada/Calibrada 1 = Velocidad de Aire Verdadera 2 = Velocidad de Tierra
0104.12	12	Nivel de Potencia	Integer 2	Porciento	Dependiente Configuración (0-110%)
0104.13	13	Ángulo de Despliegue de Flap	Integer 1	0.02 radianes	$-\pi/2 \leq x \leq \pi/2$



0104.14	14	Ángulo de Despliegue de Frenos Aerodinámicos	Integer 1	0.02 radianes	$-\pi/2 \leq x \leq \pi/2$
0104.15	15	Estado del Tren de Aterrizaje	Unsigned 1	Enumerado	0 = No valor 1 = Dentro 2 = Extendiéndose 3 = Bajado 4 = Inoperativo
0104.16	16	Nivel de Energía de Propulsión Actual	Float	%	0-100%
0104.17	17	Tasa de Energía de Propulsión Actual	Float	%/s	Dependiente Configuración
0104.18	18	Roll Comandado	Float	Radianes	$-\pi \leq x \leq \pi$
0104.19	19	Tipo de Altitud Comandado	Unsigned 1	Enumerado	0 = Comando de altitud no válida 1 = Altitud 2 = Velocidad vertical 3 = Tasa de altura limitada
0104.20	20	Tipo de Heading Comandado	Unsigned 1	Enumerado	0 = No válido 1 = Heading 2 = Curso 3 = Heading y curso 4 = Roll 5 = Tasa de Heading

Tabla 35: Mensaje #104: Vehicle Operating States

○ **Message #105: Engine Operating States:**

Id	Posición	Elemento	Tipo	Unidades	Rango
0105.1	1	Marca de tiempo	Double	Segundos	
0105.2	2	Id Vehículo	Integer 4	Ninguno	
0105.3	3	Id CUCS	Integer 4	Ninguno	
0105.4	4	Número Motor	Integer 4	Ninguno	Dependiente Configuración
0105.5	5	Estado del Motor	Unsigned 1	Enumerated	0= Stop 1= Empezar 3= Habilitar/Rodar 3-9= Reservado 10-255= Específico Vehículo
0105.6	6	Mando del Motor Reportado	Unsigned 1	Enumerated	0= Stop 1= Empezar 3= Habilitar/Rodar 3-9= Reservado 10-255= Específico Vehículo
0105.7	7	Establecimiento de Potencia de Motor	Float	Percent	$0 \leq x \leq 110$
0105.8	8	Velocidad del Motor	Float	radians /s	$0 \leq x \leq 21000$

0105.9	9	<b>Estado de la Velocidad del Motor</b>	Unsigned 1	Enumerated	0= No Estado 1= Bajo – Rojo 2= Bajo – Amarillo 3= Bajo – Verde 4= Normal – Verde 5= Alto – Verde 6= Alto – Amarillo 7= Alto - Rojo
0105.10	10	<b>Estado Potencia de Salida</b>	Unsigned 1	Enumerated	0= No Estado 1= Bajo – Rojo 2= Bajo – Amarillo 3= Bajo – Verde 4= Normal – Verde 5= Alto – Verde 6= Alto – Amarillo 7= Alto - Rojo
0105.11	11	<b>Estado de Temperatura Cuerpo de Fuselaje</b>	Unsigned 1	Enumerated	0= No Estado 1= Bajo – Rojo 2= Bajo – Amarillo 3= Bajo – Verde 4= Normal – Verde 5= Alto – Verde 6= Alto – Amarillo 7= Alto - Rojo
0105.12	12	<b>Estado de Temperatura Gas</b>	Unsigned 1	Enumerated	0= No Estado 1= Bajo – Rojo 2= Bajo – Amarillo 3= Bajo – Verde 4= Normal – Verde 5= Alto – Verde 6= Alto – Amarillo 7= Alto - Rojo
0105.13	13	<b>Estado de Temperatura Anticongelante</b>	Unsigned 1	Enumerated	0= No Estado 1= Bajo – Rojo 2= Bajo – Amarillo 3= Bajo – Verde 4= Normal – Verde 5= Alto – Verde 6= Alto – Amarillo 7= Alto - Rojo
0105.14	14	<b>Estado de Presión del Lubricante</b>	Unsigned 1	Enumerated	0= No Estado 1= Bajo – Rojo 2= Bajo – Amarillo 3= Bajo – Verde 4= Normal – Verde

					5= Alto – Verde 6= Alto – Amarillo 7= Alto - Rojo
0105.15	15	<b>Estado de Temperatura de Lubricante</b>	Unsigned 1	Enumerated	0= No Estado 1= Bajo – Rojo 2= Bajo – Amarillo 3= Bajo – Verde 4= Normal – Verde 5= Alto – Verde 6= Alto – Amarillo 7= Alto - Rojo
0105.16	16	<b>Estado de Sensor de Detección de Incendios</b>	Unsigned 1	Enumerated	0= No Estado 1= Bajo – Rojo 2= Bajo – Amarillo 3= Bajo – Verde 4= Normal – Verde 5= Alto – Verde 6= Alto – Amarillo 7= Alto - Rojo

**Tabla 36: Message #105: Engine Operating States**

○ **Mensaje #106: Vehicle Operating Mode Report:**

<b>Id</b>	<b>Posición</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
0106.1	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
0106.2	2	<b>Id Vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
0106.3	3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
0106.4	4	<b>Selección Modo de Control de la Ruta de Vuelo</b> Se especifica el método para controlar la ruta de vuelo del vehículo. El control manual se encuentra en el intervalo de 1-10, y el automático del 11-31.	Unsigned 1	Enumerado	0 = Ningún modo 1 = Reservado 2 = “Flight Director” 3-10 = Reservado 11 = Waypoint 12 = Loiter 13-14 = Reservado 15 = Autopiloto 16 = Prevención de Terreno 17 = NavAid 18 = Reservado 19 = Autoland Engage 20 = Autoland

					Wave-off 21 = Launch 22 = Slave to Sensor 23-31 = Reservado 32-255 = vehículo específico
--	--	--	--	--	--

**Tabla 37: Mensaje #106: Vehicle Operating Mode Report**

○ **Mensaje #107: Vehicle Lights State:**

<b>Id</b>	<b>Posición</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
0107.1	1	Marca de tiempo	Double	Segundos	
0107.2	2	Id Vehículo	Integer 4	Ninguno	
0107.3	3	Id CUCS	Integer 4	Ninguno	
0107.4	4	Estado Luces de Navegación	Unsigned 2	Bitmapped	0x0001= Nav 0x0002= NavIR 0x0004= Strobe 0x0008= StrobeIR 0x0010= NVD 0x0020= Reservadas 0x0040= Landing 0x0080= LandingIR

**Tabla 38: Mensaje #107: Vehicle Lights State**

○ **Mensaje #108: Flight Termination Mode Report:**

<b>Id</b>	<b>Posición</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
0108.1	1	Marca de tiempo	Double	Segundos	
0108.2	2	Id Vehículo	Integer 4	Ninguno	
0108.3	3	Id CUCS	Integer 4	Ninguno	
0108.4	4	Estado Terminación Vuelo Reportado	Unsigned 1	Enumerated	0= Resetear Sistema FT 1= Armar Sistema FT 3= Ejecutar Sec. FT
0108.5	5	Modo de Terminación Vuelo Reportado	Unsigned 1	Enumerated	0= No Especificado 1-255= Específico VSM

**Tabla 39: Mensaje #108: Flight Termination Mode Report**

○ **Mensaje #109: Mode Preference Report:**

<b>Id</b>	<b>Posición</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
0109.1	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
0109.2	2	<b>Id Vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
0109.3	3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
0109.4	4	<b>Estado de Modo de Altitud</b>	Unsigned 1	Enumerado	0 = Configuración 1 = Manual/Override hasta llegar al Waypoint o Loiter 2 = Manual/Override 23-31 = Reservado 32-255 = Específico de Vehículo
0109.5	5	<b>Estado de Modo de Velocidad</b>			0 = Configuración 1 = Manual/Override hasta llegar al Waypoint o Loiter 2 = Manual/Override 23-31 = Reservado 32-255 = Específico de Vehículo
0109.6	6	<b>Estado del Modo Heading/Curso</b>			0 = Configuración 1 = Manual/Override hasta llegar al Waypoint o Loiter 2 = Manual/Override 23-31 = Reservado 32-255 = Específico de Vehículo

**Tabla 40: Mensaje #109: Mode Preference Report**

○ **Mensaje #110: From-To-Next Waypoint States:**

<b>Id</b>	<b>Posición</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
0110.1	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
0110.2	2	<b>Id Vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
0110.3	3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
0110.4	4	<b>Tipo de Altitud</b>	Unsigned 1	Enumerado	0 = Presión Altitud 1 = Altitud Baro 2 = AGL 3 = WSG-84
0110.5	5	<b>Tipo de Velocidad</b>	Unsigned 1	Enumerado	0 = Velocidad Aire Indicada 1 = Velocidad Aire Verdadera 2 = Velocidad Tierra
0110.6	6	<b>“From” Waypoint - Latitud</b>	Double	Radianes	$-\pi/2 \leq x \leq \pi/2$
0110.7	7	<b>“From” Waypoint - Longitud</b>	Double	Radianes	$-\pi \leq x \leq \pi$
0110.8	8	<b>“From” Waypoint - Altitud</b>	Float	Metros	$-1000 \leq x \leq 100000$
0110.9	9	<b>“From” Waypoint - Tiempo</b>	Double	Segundos	

		Tiempo en el cual el UAV alcanza el waypoint			
0110.10	10	<b>“From” Waypoint - Número</b> 0 indica que los datos de From Waypoint no son válidos	Unsigned 2	Ninguno	$0 \leq x \leq 65535$
0110.11	11	<b>“To” Waypoint - Latitud</b>	Double	Radianes	$-\pi/2 \leq x \leq \pi/2$
0110.12	12	<b>“To” Waypoint - Longitud</b>	Double	Radianes	$-\pi \leq x \leq \pi$
0110.13	13	<b>“To” Waypoint - Altitud</b>	Float	Metros	$-1000 \leq x \leq 100000$
0110.14	14	<b>“To” Waypoint - Velocidad Aire</b>	Float	Mps	$0 \leq x \leq 10000$
0110.15	15	<b>“To” Waypoint - Tiempo</b> El tiempo en el cual el AV alcanzará el waypoint. La cuenta no es regresiva.	Double	Segundos	
0110.16	16	<b>“To” Waypoint - Número</b> 0 indica que los datos de waypoint To no son válidos. 65535 indica que los restantes datos de waypoint son válidos, pero no hay un punto válido de referencia	Unsigned 2	Ninguno	$0 \leq x \leq 65535$
0110.17	17	<b>“Next” Waypoint - Latitud</b>	Double	Radianes	$-\pi/2 \leq x \leq \pi/2$
0110.18	18	<b>“Next” Waypoint - Longitud</b>	Double	Radianes	$-\pi \leq x \leq \pi$
0110.19	19	<b>“Next” Waypoint - Altitud</b>	Float	Metros	$-1000 \leq x \leq 100000$
0110.20	20	<b>“Next” Waypoint - Velocidad de Aire</b>	Float	Mps	$0 \leq x \leq 10000$
0110.21	21	<b>“Next” Waypoint - Tiempo</b> El tiempo por el cual el UAV alcanzará al waypoint. La cuenta no es regresiva	Double	Segundos	
0110.22	22	<b>“Next” Waypoint - Número</b> 0 indica que los valores anteriores de waypoint Next no son válidos.	Unsigned 2	Ninguno	$0 \leq x \leq 65535$

**Tabla 41: Mensaje #110: From-To-Next Waypoint States**

○ **Mensaje #200: Payload Steering Command:**

<b>Id</b>	<b>Posición</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
0200.1	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
0200.2	2	<b>Id Vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
0200.3	3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
0200.4	4	<b>Número de Estación</b>	Unsigned 4	Bitmapped	0x0001 = Stn #1 0x0002 = Stn #2 0x0004 = Stn #3 0x0008 = Stn #4 Etc.
0200.5	5	<b>Establecer Eje del Ángulo Azimuth</b>	Float	Radianes	$-\pi \leq x \leq \pi$
0200.6	6	<b>Establecer Eje del Ángulo Elevación</b>	Float	Radianes	$-\pi \leq x \leq \pi$
0200.7	7	<b>Indicar Zoom</b> Permite el control del zoom del Payload a través de	Unsigned 1	Enumerado	0 = Usar FOV Horizontal & vertical

		un ángulo específico, o por pedido del Payload hasta la orden de parada.			1 = Sin cambios 2 = Zoom in 3 = Zoom out
0200.8	8	<b>Indica FOV Horizontal</b>	Float	Radianes	$0 \leq x \leq 2\pi$
0200.9	9	<b>Indica FOV Vertical</b>	Float	Radianes	$0 \leq x \leq 2\pi$
0200.10	10	<b>Slew Rate Horizontal</b>	Float	Radianes/segundo	$-2\pi - > 2\pi$
0200.11	11	<b>Slew Rate Vertical</b>	Float	Radianes/segundo	$-2\pi - > 2\pi$
0200.12	12	<b>Latitud</b> Latitud del centro de FOV	Double	Radianes	$-\pi/2 \leq x \leq \pi/2$
0200.13	13	<b>Longitud</b> Longitud del centro de FOV	Double	Radianes	$-\pi \leq x \leq \pi$
0200.14	14	<b>Altitud</b> Altitud del centro de FOV	Float	Metros	$-1000 \leq x \leq 100000$
0200.15	15	<b>Tipo de altitud</b>	Unsigned 1	Enumerado	0 = Presión Altitud 1 = Altitud Baro 2 = AGL 3 = WGS-84
0200.16	16	<b>Enfoque</b>	Unsigned 1	Enumerado	0 = Sin cambios 1 = Enfoque cerrado 2 = Enfoque lejano
0200.17	17	<b>Tipo de Enfoque</b>	Unsigned 1	Enumerado	0 = Auto 1 = Manual

**Tabla 42: Mensaje #200: Payload Steering Command**

○ **Mensaje #201: EO/IR/Laser Payload Command:**

<b>Id</b>	<b>Posición</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
0201.1	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
0201.2	2	<b>Id Vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
0201.3	3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
0201.4	4	<b>Número de Estación</b>	Unsigned 4	Bitmapped	0x0001 = Stn #1 0x0002 = Stn #2 0x0004 = Stn #3 0x0008 = Stn #4 Etc.
0201.5	5	<b>Sensor Tratado</b>	Unsigned 1	Bitmapped	0x01 = EO 0x02 = IR 0x04 = Específico Payload
0201.6	6	<b>Modo Sistema Operativo</b>	Unsigned 1	Enumerado	0 = Stow 1 = Apagado

					2 = Cage 3 = Inicializado 4 = Standby 5 = Activo 6 = Calibrado 7-9 = Reservado 10-255 = Específico Payload
0201.7	7	<b>Establecer Modo de Sensor EO</b>	Unsigned 1	Enumerado	0 = Modo BW 1 = Modo Color
0201.8	8	<b>Establecer Polaridad IR</b>	Unsigned 1	Enumerado	0 = Negro Caliente 1 = Blanco Caliente
0201.9	9	<b>Salida Imagen</b>	Unsigned 1	Enumerado	0 = Ninguno 1 = EO 2 = IR 3 = Ambos 4 = Específico Payload
0201.10	10	<b>Establecer Modo de Apuntado EO/IR</b>	Unsigned 1	Enumerado	0 = Sin Valor 1 = Ángulo Relativo a UAV 2 = Slewing Rate Relativo a UAV 3 = Slewing Rate Relativo a Inercial 4 = Lat-Long Esclavizado 5 = Objetivo Esclavizado 6-9 = Reservado 10-255 = Específico Payload
0201.11	11	<b>Puntero de Laser</b>	Unsigned 1	Enumerado	No Considerado
0201.12	12	<b>Seleccionar Pulso Primero/Ultimo Puntero de Laser</b>	Unsigned 1	Enumerado	No Considerado
0201.13	13	<b>Establecer Código de Designación Láser</b>	Unsigned 2	Enumerado	No Considerado
0201.14	14	<b>Inicializar Designación Láser</b>	Unsigned 1	Enumerado	No Considerado
0201.15	15	<b>Modo Preplan</b>	Unsigned 1	Enumerado	0 = Operado en Modo Preplan 1 = Operado en Modo Manual

**Tabla 43: Mensaje #201: EO/IR/Laser Payload Command**

○ **Mensaje #204: Communications Relay Command:**

<b>Id</b>	<b>Posición</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
0204.1	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
0204.2	2	<b>Id Vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
0204.3	3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
0204.4	4	<b>Número de Estación</b>	Double	Bitmapped	0x001= Stn #1



					0x002= Stn #2 0x004= Stn #4 0x008= Stn #8 Etc.
0204.5	5	<b>Establecer Estado Relay</b>	Double	enumerado	0= Apagado 1= Encendido 2= Ir al estado Standby 3= Desplegar 4= Activar 5= Desactivar 6= Stow 7-9= Reservado 10-255= Específico Payload

**Tabla 44: Mensaje #204: Communications Relay Command**

○ **Mensaje #207: Terrain Data Update:**

<b>Id</b>	<b>Posición</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
0207.1	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
0207.2	2	<b>Id Vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
0207.3	3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
0207.4	4	<b>Latitud del punto de datos terreno</b>	Double	Radianes	$-\pi/2 \leq x \leq \pi/2$
0207.5	5	<b>Longitud del punto de datos terreno</b>	Double	Radianes	$-\pi \leq x \leq \pi$
0207.6	6	<b>Elevación del punto de datos terreno</b> Distancia sobre (+) o por debajo (-) considerando del geoid de referencia WGS-84	Float	Metros	$-1000 \leq x \leq 100000$

**Tabla 45: Mensaje #207: Terrain Data Update**

○ **Mensaje #300: Payload Configuration:**

<b>Id</b>	<b>Campo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rango</b>
00300.01	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
00300.02	2	<b>Id vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
00300.03	3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
00300.04	4	<b>Id VSM</b>	Integer 4	Ninguno	
00300.05	5	<b>Estaciones de Payload Disponibles</b>	Unsigned 4	Bitmapped	0x001= Stn #1 0x002= Stn #2

					0x004= Stn #4 0x008= Stn #8 Etc.
00300.06	6	<b>Número de Estación</b>	Unsigned 4	Bitmapped	0x001= Stn #1 0x002= Stn #2 0x004= Stn #4 0x008= Stn #8 Etc.
00300.07	7	<b>Tipo de Payload</b>	Unsigned 2	enumerado	0 = No especificado 1 = EO 2 = IR 3 = EO/IR 4 = SAR 5 = Cámara Fija 6 = Comms Relay 7 = Payload Prescindible 8-50 = Reservado 51-256 = Especifico VSM
00300.08	8	<b>Puerta de Estación</b>	Unsigned 1	Enumerado	0 = No 1 = Si
00300.09	9	<b>Número de Dispositivos de Grabación de Payload</b>	Unsigned 1	Ninguno	$0 \leq x \leq 255$

**Tabla 46: Mensaje #300: Payload Configuration**

○ **Mensaje #301: EO/IR Configuration State:**

<b>Id</b>	<b>Posición</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
0301.1	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
0301.2	2	<b>Id Vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
0301.3	3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
0301.4	4	<b>ID VSM</b>	Integer 4	Ninguno	
0301.5	5	<b>Número de Estación</b>	Unsigned 4	Bitmapped	0x0001 = Stn #1 0x0002 = Stn #2 0x0004 = Stn #3 0x0008 = Stn #4 Etc.
0301.6	6	<b>Tipo EO/IR</b>	Character 14	Ninguno	ASCII terminado en nulo
0301.7	7	<b>Nivel de Revisión Tipo EO/IR</b>	Unsigned 1	Ninguno	$0 \leq x \leq 255$
0301.8	8	<b>Dimensión Imagen Vertical EO</b>	Integer 2	Ninguno	$0 \leq x \leq 32767$
0301.9	9	<b>Dimensión Imagen Horizontal EO</b>	Integer 2	Ninguno	$0 \leq x \leq 32767$

0301.10	10	<b>Dimensión Imagen Vertical IR</b>	Integer 2	Ninguno	$0 \leq x \leq 32767$
0301.11	11	<b>Dimensión Imagen Horizontal IR</b>	Integer 2	Enumerado	$0 \leq x \leq 32767$
0301.12	12	<b>Elevación Mínima</b>	Unsigned 1	Enumerado	$-\pi \leq x \leq \pi$
0301.13	13	<b>Elevación Máxima</b>	Unsigned 2	Enumerado	$-\pi \leq x \leq \pi$
0301.14	14	<b>Azimuth Mínima</b>	Unsigned 1	Enumerado	$-\pi \leq x \leq \pi$
0301.15	15	<b>Azimuth Máxima</b>	Unsigned 1	Enumerado	$-\pi \leq x \leq \pi$

**Tabla 47: Mensaje #301: EO/IR Configuration State**

○ **Mensaje #302: EO/IR/Laser Operating State:**

<b>Id</b>	<b>Posición</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
0302.1	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
0302.2	2	<b>Id Vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
0302.3	3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
0302.4	4	<b>Número de Estación</b>	Unsigned 4	Bitmapped	0x0001 = Stn #1 0x0002 = Stn #2 0x0004 = Stn #3 0x0008 = Stn #4 Etc.
0302.5	5	<b>Sensor Tratado</b>	Unsigned 1	Bitmapped	0x01 = EO 0x02 = IR 0x04 = Específico Payload
0302.6	6	<b>Estado Modo Sistema Operativo</b>	Unsigned 1	Enumerado	0 = Stow 1 = Apagado 2 = Cage 3 = Inicializado 4 = Standby 5 = Activo 6 = Calibrado 7-9 = Reservado 10-255 = Específico Payload
0302.7	7	<b>Estado Cámara EO</b>	Unsigned 1	Enumerado	0 = Modo BW 1 = Modo Color
0302.8	8	<b>Estado Polaridad IR</b>	Unsigned 1	Enumerado	0 = Negro Caliente 1 = Blanco Caliente
0302.9	9	<b>Estado Salida Imagen</b>	Unsigned 1	Enumerado	0 = Ninguno 1 = EO 2 = IR 3 = Ambos 4 = Específico Payload

0302.10	10	Ángulo de Elevación Centralino Actual	Float	Radians	$-\pi \leq x \leq \pi$
0302.11	11	FOV Vertical Actual	Float	Radians	$0 \leq x \leq 2\pi$
0302.12	12	Ángulo de Azimuth Centralino Actual	Float	Radians	$-\pi \leq x \leq \pi$
0302.13	13	FOV Horizontal Actual	Float	Radians	$0 \leq x \leq 2\pi$
0302.14	14	Ángulo de Rotación Sensor Actual	Float	Radians	$-\pi \leq x \leq \pi$
0302.15	15	Posición Imagen	Unsigned 1	Enumerado	0 = Campos 16, 17 y 18 No Válidos 1 = Campos 16, 17 y 18 Válidos
0302.16	16	Latitud del Centro Imagen			$-\frac{\pi}{2} \leq x \leq \frac{\pi}{2}$
0302.17	17	Longitud del Centro Imagen			$-\pi \leq x \leq \pi$
0302.18	18	Altitud			$-1000 \leq x \leq 100000$
0302.19	19	Estado Modo Apuntamiento			0 = Sin Valor 1 = Ángulo Relativo a UAV 2 = Slewing Rate Relativo a UAV 3 = Slewing Rate Relativo a Inercial 4 = Lat-Long Esclavizado 5 = Objetivo Esclavizado 6-9 = Reservado 10-255 = Específico Payload
0302.20	20	Modo Preplan	Unsigned 1	Enumerado	0 = Operado en Modo Preplan 1 = Operado en Modo Manual
0302.21	21	Rango Reportado			0 = Rango No Válido 0-100000
0302.22	22	Estado del Apuntamiento Láser	Unsigned 1	Enumerado	No Considerado
0302.23	23	Estado del Rango de Apuntamiento Láser	Unsigned 2	Enumerado	No Considerado
0302.24	24	Código Designación Láser	Unsigned 1	Enumerado	No Considerado
0302.25	25	Estado designación Láser	Unsigned 1	Enumerado	No Considerado

**Tabla 48: Mensaje #302: EO/IR/Laser Operating State**

○ **Mensaje #305: Communications Relay Status:**

<b>Id</b>	<b>Posición</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
0305.1	1	Marca de tiempo	Double	Segundos	
0305.2	2	Id Vehículo	Integer 4	Ninguno	
0305.3	3	Id CUCS	Integer 4	Ninguno	
0305.4	4	Número de Estación	Unsigned 4	Bitmapped	0x001= Stn #1 0x002= Stn #2 0x004= Stn #4 0x008= Stn #8 Etc.

0305.5	5	Estado del Relay Reportado	Unsigned 1	Enumerado	0= Apagado 1= Encendido 2= Ir al estado Standby 3= Desplegado 4= Activado 5= Desactivado 6= Stow 7-9= Reservado 10-255= Específico Payload
--------	---	----------------------------	------------	-----------	--

**Tabla 49: Mensaje #305: Communications Relay Status.**

○ **Mensaje #400: Data Link Set Up Message:**

<b>Id</b>	<b>Campo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rango</b>
00400.01	1	Marca de tiempo	Double	Segundos	
00400.02	2	Id vehículo	Integer 4	Ninguno	
00400.03	3	Id CUCS	Integer 4	Ninguno	
00400.04	4	Id Enlace de Datos	Integer 4	Ninguno	
00400.05	5	Terminal Tratado	Unsigned 1	Enumerada	0=GDT 1=ADT
00400.06	6	Selección de Canales	Unsigned 2	N/A	Dependiente del Enlace
00400.07	7	Selección de Patrón de Salto Primario	Unsigned 1	N/A	Dependiente del Enlace
00400.08	8	Establecer Portadora de Enlace Directo (FL)	Float	Hz	Dependiente del Enlace
00400.09	9	Establecer Portadora de Enlace de Retorno (RL)	Float	Hz	Dependiente del Enlace
00400.10	10	Establecer Código PN	Unsigned 1	Ninguno	Dependiente del Enlace

**Tabla 50: Mensaje #400: Data Link Set Up Message**

○ **Mensaje #401: Data Link Control Command:**

<b>Id</b>	<b>Campo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rango</b>
00401.01	1	Marca de tiempo	Double	Segundos	
00401.02	2	Id vehículo	Integer 4	Ninguno	
00401.03	3	Id CUCS	Integer 4	Ninguno	
00401.04	4	Id Enlace de Datos	Integer 4	Ninguno	
00401.05	5	Terminal Tratada	Unsigned 1	Enumerada	0=GDT 1=ADT
00401.06	6	Establecer Estado del Enlace de Datos	Unsigned 1	Enumerada	0 = Apagado 1 = Solo Rx

					2 =Tx/Rx 3 = Tx/Rx Alta Potencia
00401.07	7	<b>Establecer Modo Antena</b>	Unsigned 1	Enumerada	0=Omni 1=Direccional 2=Auto
00401.08	8	<b>Modo de Seguridad de Comunicaciones</b>	Unsigned 1	Enumerada	0=Normal 1=Zeroize
00401.09	9	<b>Prioridad Canal de Enlace</b>	Unsigned 1	Enumerada	0=Primario 1=Secundario 2=Terciario... 255= Último

**Tabla 51: Mensaje #401: Data Link Control Command**

○ **Mensaje #402: Pedestal Configuration Message:**

<b>Id</b>	<b>Campo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rango</b>
00402.01	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
00402.02	2	<b>Id vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
00402.03	3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
00402.04	4	<b>Id Enlace de Datos</b>	Integer 4	Ninguno	
00402.05	5	<b>Establecer Latitud GDT</b>	Double	Radianes	$-\pi/2 \leq x \leq \pi/2$
00402.06	6	<b>Establecer Longitud GDT</b>	Double	Radianes	$-\pi \leq x \leq \pi$
00402.07	7	<b>Establecer Altitud GDT</b>	Float	Metres	$-1000 \leq x \leq 100000$

**Tabla 52: Mensaje #402: Pedestal Configuration Message**

○ **Mensaje #403: Pedestal Control Command:**

<b>Id</b>	<b>Campo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rango</b>
00403.01	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
00403.02	2	<b>Id vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
00403.03	3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
00403.04	4	<b>Id Enlace de Datos</b>	Integer 4	Ninguno	
00403.05	5	<b>Pedestal Tratada</b>	Unsigned 1	Enumerada	0=GDT 1=ADT
00403.06	6	<b>Establecer Modo Pedestal</b>	Unsigned 1	Enumerada	0=Apagado 1=Encendido 2=Ir a Standby 3=Desplegar 4=Stow

					5=Posición Manual 6=Tasa Manual 7=Adquirir 8=Track
00403.07	7	<b>Establecer Azimuth de Antena</b>	Float	Radianes	$0 \leq x \leq 2\pi$
00403.08	8	<b>Establecer Elevación de Antena</b>	Float	Radianes	$-\pi/2 \leq x \leq \pi/2$
00403.09	9	<b>Establecer Offset de Azimuth</b>	Float	Radianes	$0 \leq x \leq 2\pi$
00403.10	10	<b>Establecer Offset de Elevación</b>	Float	Radianes	$-\pi/2 \leq x \leq \pi/2$
00403.11	11	<b>Establecer Slew Rate de Azimuth</b>	Float	Radianes	$-\pi \leq x \leq \pi$
00403.12	12	<b>Establecer Slew Rate de Elevación</b>	Float	Radianes	$-\pi \leq x \leq \pi$

**Tabla 53: Mensaje #403: Pedestal Control Command**

○ **Mensaje #404: Data Link Assignment Request:**

<b>Campo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
00404.1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
00404.2	<b>Id vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
00404.3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
00404.4	<b>ID VSM</b>	Integer 4	Ninguno	
00404.5	<b>Id Enlace Datos</b>	Integer 4	Ninguno	
00404.6	<b>Petición de Asignación de Control</b>	Unsigned 1	Enumerated	0 = Solicitar Control 1= Liberar Control 2 = Override Control
00404.7	<b>Tipo Vehículo</b>	Unsigned 2	Ninguno	
00404.8	<b>Subtipo Vehículo</b>	Unsigned 2	Ninguno	$0 \leq x \leq 65535$

**Tabla 54: Mensaje #404: Data Link Assignment Request**

○ **Mensaje #405: IC2DL Frequency Configuration:**

<b>Campo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
00405.1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
00405.2	<b>Id vehículo</b>	Integer 4	Ninguna	
00405.3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguna	
00405.4	<b>Id Enlace Datos</b>	Integer 4	Ninguna	
00405.5	<b>Frecuencia base</b> (Frecuencia más baja del primer canal)	Unsigned 4	Hz	200 MHz-6000 MHz
00405.6	<b>Número de canales</b>	Unsigned 1	N/A	$0 \leq x \leq 800$
00405.7	<b>Acción</b>	Unsigned 1	enumerado	0 = Borrar todo

				1= Añadir 2 = Borrar
--	--	--	--	-------------------------

**Tabla 55: Mensaje #405: IC2DL Frequency Configuration**

- **Mensaje #406: IC2DL General Configuration Command:**

Campo	Elemento	Tipo	Unidades	Rango
00406.1	Marca de tiempo	Double	Segundos	
00406.2	Id vehículo	Integer 4	Ninguna	
00406.3	Id CUCS	Integer 4	Ninguna	
00406.4	Id Enlace Datos	Integer 4	Ninguna	
00406.5	Tasa de Datos Requerida	Unsigned 2	Bits	$0 \leq x \leq 15810$
00406.6	Semilla PN	Unsigned 4	N/A	$0 \leq x \leq 2^{32} - 1$

**Tabla 56: Mensaje #406: IC2DL General Configuration Command**

- **Mensaje #407: IC2DL Circuit Allocation:**

Campo	Elemento	Tipo	Unidades	Rango
00407.1	Marca de tiempo	Double	Segundos	
00407.2	ID vehículo	Integer 4	Ninguna	
00407.3	ID CUCS	Integer 4	Ninguna	
00407.4	ID Enlace de Datos	Integer 4	Ninguna	
00407.5	Asignación Circuito	Unsigned 1	N/A	1 a 15
00407.6	ID Nodo Fuente Este campo define la ID Nodo Fuente asociado al circuito	Unsigned 1	N/A	0 a 5 0 = Asignación circuito
00407.7	Offset Retransmisión Número de slots entre el slot fuente y el relay	Unsigned 1	N/A	0 a 18
00407.8	ID Modo Destino Este campo define el nodo de destino ID's asociado al circuito	Unsigned 1	N/A	0x01 = NID 1 0x02 = NID 2 0x04 = NID 3 0x08 = NID 4 0x10 = NID 5

**Tabla 57: Mensaje #407: IC2DL Circuit Allocation**

- **Mensaje #408: IC2DL Circuit to Timeslot:**

Campo	Elemento	Tipo	Unidades	Rango
-------	----------	------	----------	-------



00408.1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
00408.2	<b>Id vehículo</b>	Integer 4	Ninguna	
00408.3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguna	
00408.4	<b>Id Data Link</b>	Integer 4	Ninguna	
00408.5	<b>Asignación al Circuito:</b> Para cada slot (1 a 100) el circuito es asignado al slot. Este campo es una serie de 4 bits de entrada donde el primer bit contiene el slot 1 y 2, el siguiente el 3 y 4, etc.	Unsigned 50	N/A	Para cada 4 bits: Circuitos de 1 a 16 asignados de 0 a 15.  Para cada byte: 0xYYZZ donde:  YY = slot n  ZZ = slot +1

**Tabla 58: Mensaje #408: IC2DL Circuit to Timeslot**

○ **Mensaje #409: IC2DL TDMA Port Configuration:**

<b>Campo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
00409.1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
00409.2	<b>Id vehículo</b>	Integer 4	Ninguna	
00409.3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguna	
00409.4	<b>Id Data Link</b>	Integer 4	Ninguna	
00409.5	<b>Asignación al Circuito</b>	Unsigned 1	N/A	0 - 15
00409.6	<b>Tipos de Datos</b>	Unsigned	Enumerado	0 = Define A 1 = Define B 2 = Define C 3 = Elimina A 4 = Elimina B 5 = Elimina C 6 = Elimina todo
00409.7	<b>Asignación de Puerto</b> Este campo define el puerto lógico, la dirección de datos, el modo de rango y la capacidad de relay	Signed 1	N/A	-1 to -45
00409.8	<b>IP4</b>	Unsigned 4	N/A	
00409.9	<b>IP6</b>	Unsigned 1	Enumerado	0 = IP4 1 = IP6
00409.10	<b>IP6 alta dirección bits</b>	Unsigned 12	N/A	

**Tabla 59: Mensaje #409: IC2DL TDMA Port Configuration**

○ **Mensaje #410: IC2DL IP Configuration:**

<b>Campo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
--------------	-----------------	-------------	-----------------	--------------

00410.1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
00410.2	<b>Id vehículo</b>	Integer 4	Ninguna	
00410.3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguna	
00410.4	<b>Id Data Link</b>	Integer 4	Ninguna	
00410.5	<b>Id Nodo</b> 0 = nodo pasivo	Unsigned 1	N/A	0 - 5
00410.6	<b>IP4</b>	Unsigned 4	N/A	
00410.7	<b>Habilitar IP6</b>	Unsigned 1	Enumerado	0 = IP4 1 = IP6
00410.8	<b>IP6 Dirección más Alta Bits</b>	Unsigned 12	N/A	

**Tabla 60: Mensaje #410: IC2DL IP Configuration**

○ **Mensaje #411: IC2DL Command:**

<b>Campo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
00411.1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
00411.2	<b>Id vehículo</b>	Integer 4	Ninguna	
00411.3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguna	
00411.4	<b>Id Data Link</b>	Integer 4	Ninguna	
00411.5	<b>Estado Comandado</b> Este campo controla el estado de la potencia del enlace de datos, nivel de potencia del transmisor y el estado de transmisión.	Unsigned 1	Ninguno	Potencia 0x00 = Off 0x01 = Standby 0x02 = On  Nivel potencia (High/Low) 0x04 = High  Recibir/transmitir 0x08 = Solo recibe  Tipo nodo 0x0x = Pasivo 0x1z = Configurar como maestro 0x2x = Configurar como Relay 0x3x = Configurar como Pasivo

**Tabla 61: Mensaje #411: IC2DL Command**

○ **Mensaje #412: IC2DL Logical Port Priority:**

<b>Campo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
00412.1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
00412.2	<b>Id vehículo</b>	Integer 4	Ninguna	
00412.3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguna	
00412.4	<b>Id Data Link</b>	Integer 4	Ninguna	
00412.5	<b>Asignación de circuito</b>	Unsigned 1	N/A	1 – 16
00412.6	<b>Puerto prioritario</b>	Unsigned 1	Enumerado	0 = Puerto lógico A Puerto lógico B Puerto lógico C 1 = Puerto lógico A Puerto lógico C Puerto lógico B 2 = Puerto lógico B Puerto lógico A Puerto lógico C 3 = Puerto lógico B Puerto lógico C Puerto lógico A 4 = Puerto lógico C Puerto lógico A Puerto lógico B 5 = Puerto lógico C Puerto lógico B Puerto lógico A

**Tabla 62: Mensaje #412: IC2DL Logical Port Priority**

○ **Mensaje #413: IC2DL Join Command:**

<b>Campo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
00413.1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
00413.2	<b>Id vehículo</b>	Integer 4	Ninguna	
00413.3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguna	
00413.4	<b>Solicitud Circuito</b>	Unsigned 1	N/A	1 a 16
00413.5	<b>Id Nodo Solicitado</b>	Unsigned 1	N/A	1 a 5
00413.6	<b>Offset Retransmisión</b>	Unsigned 1	N/A	0 a 18
00413.7	<b>Unión/Salir</b>	Unsigned 1	Enumerado	0 = Salir 1 = Unión

**Tabla 63: Mensaje #413: IC2DL Join Command**

○ **Mensaje #414: IC2DL Spreading Configuration:**

Campo	Elemento	Tipo	Unidades	Rango
00414.1	Marca de tiempo	Double	Segundos	
00414.2	Id vehículo	Integer 4	Ninguna	
00414.3	Id CUCS	Integer 4	Ninguna	
00414.4	Id enlace de datos	Integer 4	Ninguno	
00414.5	Index Index de código N	Unsigned 1	N/A	0, 8, 16, ..., 248
00414.6	Propagación código N	Unsigned 3	N/A	$0 \leq x \leq 2^{21} - 1$
00414.7	Propagación código N+1	Unsigned 3	N/A	$0 \leq x \leq 2^{21} - 1$
00414.8	Propagación código N+2	Unsigned 3	N/A	$0 \leq x \leq 2^{21} - 1$
00414.9	Propagación código N+3	Unsigned 3	N/A	$0 \leq x \leq 2^{21} - 1$
00414.10	Propagación código N+4	Unsigned 3	N/A	$0 \leq x \leq 2^{21} - 1$
00414.11	Propagación código N+5	Unsigned 3	N/A	$0 \leq x \leq 2^{21} - 1$
00414.12	Propagación código N+6	Unsigned 3	N/A	$0 \leq x \leq 2^{21} - 1$
00414.13	Propagación código N+7	Unsigned 3	N/A	$0 \leq x \leq 2^{21} - 1$

Tabla 64: Mensaje #414: IC2DL Spreading Configuration

○ **Mensaje #415: IC2DL Profile Command:**

Campo	Elemento	Tipo	Unidades	Rango
00415.1	Marca de tiempo	Double	Segundos	
00415.2	Id vehículo	Integer 4	Ninguna	
00415.3	Id CUCS	Integer 4	Ninguna	
00415.4	Perfil *	Unsigned 1	N/A	0bmmpppppp Donde: Mm = Modo 0 = Normal 1 = Guardar 2 = Restaurar Pppppp = Perfil #0 al 63

Tabla 65: Mensaje #415: IC2DL Profile Command

○ **Mensaje #500: Data Link Configuration/Assignment Message:**

<b>Id</b>	<b>Campo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rango</b>
00500.01	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
00500.02	2	<b>ID vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
00500.03	3	<b>ID CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
00500.04	4	<b>ID VSM</b>	Integer 4	Ninguno	
00500.05	5	<b>ID Enlace Datos</b>	Integer 4	Ninguno	
00500.06	6	<b>Disponibilidad de Control de Enlace de Datos</b>	Unsigned 1	Enumerada	0=Disponible por el Control 1=No Disponible por el Control 2=Solicitud Garantizada
00500.07	7	<b>Tipo Terminal</b>	Unsigned 1	Enumerada	0=GDT 1=ADT
00500.08	8	<b>Tipo Enlace de Datos</b>	Unsigned 1	Enumerada	0=STANAG 7085 1-7=Reservado 8-255= Especifico VSM
00500.09	9	<b>Nombre de Enlace de Datos</b>	Character 20	Ninguno	ASCII Imprimible Terminada Nula
00500.10	10	<b>Tipo Antena</b>	Unsigned 1	Bitmapped	0x01=Omni 0x02=Direccional
00500.11	11	<b>Tipo Vehículo</b>	Unsigned 2	Ninguno	
00500.12	12	<b>Subtipo Vehículo</b>  Identifica el número de bloque de diseño que indique el fabricante.	Unsigned 2	Ninguno	$0 \leq x \leq 65535$

**Tabla 66: Mensaje #500: Data Link Configuration/Assignment Message**

○ **Mensaje #501: Data Link Status Report:**

<b>Id</b>	<b>Campo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rango</b>
00501.01	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
00501.02	2	<b>ID vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
00501.03	3	<b>ID CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
00501.04	4	<b>ID Enlace Datos</b>	Integer 4	Ninguno	
00501.05	5	<b>Terminal Destinataria</b>	Unsigned 1	Enumerada	0=GDT 1=ADT
00501.06	6	<b>Estado de Enlace de Datos</b>	Unsigned 1	Enumerada	0=Apagado 1=Solo Rx 2=Tx/Rx 3= Tx/Rx Alta Potencia
00501.07	7	<b>Estado de Antena</b>	Unsigned 1	Enumerada	0=Omni 1=Direccional
00501.08	8	<b>Canal Reportado</b>	Unsigned 2	N/A	Dependiente del Enlace

00501.09	9	<b>Patrón de Salto Primario Reportado</b>	Unsigned 1	N/A	Dependiente del Enlace
00501.10	10	<b>Portadora de Enlace Directo (FL) Reportado</b>	Float	Hz	Dependiente del Enlace
00501.11	11	<b>Portadora de Enlace de Retorno (RL) Reportado</b>	Float	Hz	Dependiente del Enlace
00501.12	12	<b>Estado Downlink</b>	Integer 2	Porcentaje	0<=x<=100
00501.13	13	<b>Estado de Seguridad de Comunicación</b>	Unsigned 1	Enumerada	0=No Instalado 1=Sin clave 2=Con clave 3=Zeroizado 4=Bypass
00501.14	14	<b>Estado Prioritario del Canal de Enlace</b>	Unsigned 1	Enumerada	0=Primario 1=Secundario 2=Terciario... 255=Último

**Tabla 67: Mensaje #501: Data Link Status Report**

○ **Mensaje #502: Data Link Control Command Status:**

<b>Id</b>	<b>Campo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rango</b>
00502.01	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
00502.02	2	<b>ID vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
00502.03	3	<b>ID CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
00502.04	4	<b>ID Enlace Datos</b>	Integer 4	Ninguno	
00502.05	5	<b>Terminal Destinataria</b>	Unsigned 1	Enumerada	0=GDT 1=ADT
00502.06	6	<b>Estado de Enlace de Datos Demandado Reportado</b>	Unsigned 1	Enumerada	0=Apagado 1=Solo Rx 2=Tx/Rx 3= Tx/Rx Alta Potencia
00502.07	7	<b>Estado de Antena Demandado Reportado</b>	Unsigned 1	Enumerada	0=Omni 1=Direccional 2=Auto
00502.08	8	<b>Modo de Seguridad de Comunicaciones Demandada Reportado</b>	Unsigned 1	Enumerada	0=Normal 1=Zeroizado

**Mensaje #502 STANAG 4586. Estado del mando y control del enlace de datos.**

○ **Mensaje #503: Pedestal Status Report:**

<b>Id</b>	<b>Campo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rango</b>
00503.01	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
00503.02	2	<b>ID vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
00503.03	3	<b>ID CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	

00503.04	4	<b>ID Enlace de Datos</b>	Integer 4	Ninguno	
00503.05	5	<b>Pedestal Destinataria</b>	Unsigned 1	Enumerada	0=GDT 1=ADT
00503.06	6	<b>Estado Modo Pedestal</b>	Unsigned 1	Enumerada	0=Apagado 1=Encendido 2=Ir a Standby 3=Desplegar 4=Stow 5=Posición Manual 6=Tasa Manual 7=Adquirir 8=Track
00503.07	7	<b>Azimuth de Antena Reportado</b> (Relativo al Norte Verdadero)	Float	Radianes	$0 \leq x \leq 2\pi$
00503.08	8	<b>Elevación de Antena Reportado</b> (Relativo al horizontal local)	Float	Radianes	$-\pi/2 \leq x \leq \pi/2$
00503.09	9	<b>Slew Rate de Azimuth Reportado</b>	Float	Radianes	$-\pi \leq x \leq \pi$
00503.10	10	<b>Slew Rate de Elevación Reportado</b>	Float	Radianes	$-\pi \leq x \leq \pi$
00503.11	11	<b>Latitud GDT Reportado</b>	Double	Radianes	$-\pi/2 \leq x \leq \pi/2$
00503.12	12	<b>Longitud GDT Reportado</b>	Double	Radianes	$-\pi \leq x \leq \pi$
00503.13	13	<b>Altitud GDT Reportado</b>	Float	Metres	$-1000 \leq x \leq 100000$

**Tabla 68: Mensaje #503: Pedestal Status Report**

○ **Mensaje #505: IC2DL Frequency Configuration Report:**

<b>Campo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
00505.1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
00505.2	<b>Id vehículo</b>	Integer 4	Ninguna	
00505.3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguna	
00505.4	<b>Id Enlace Datos</b>	Integer 4	Ninguna	
00505.5	<b>Frecuencia Base</b> (Frecuencia más baja del primer canal)	Unsigned 4	Hz	200 MHz-6000 MHz
00505.6	<b>Número de Canales</b> Canales continuos 25 KHz	Unsigned 2	N/A	$0 \leq x \leq 800$

**Tabla 69: Mensaje #505: IC2DL Frequency Configuration Report**

○ **Mensaje #506: IC2DL General Configuration Report:**

Campo	Elemento	Tipo	Unidades	Rango
00506.1	Marca de tiempo	Double	Segundos	
00506.2	Id vehículo	Integer 4	Ninguna	
00506.3	Id CUCS	Integer 4	Ninguna	
00506.4	Id Enlace Datos	Integer 4	Ninguna	
00506.5	Actual Tasa de Datos de Usuario	Unsigned 2	Bits	$0 \leq x \leq 15810$
00506.6	Max Tasa de Datos de Usuario	Unsigned 2	Bits	$0 \leq x \leq 15810$
00506.7	Semilla PN	Unsigned 4	N/A	$0 \leq x \leq 2^{32} - 1$

**Tabla 70: Mensaje #506: IC2DL General Configuration Report**

○ **Mensaje #507: IC2DL Circuit Allocation Report:**

Campo	Elemento	Tipo	Unidades	Rango
00507.1	Marca de tiempo	Double	Segundos	
00507.2	Id vehículo	Integer 4	Ninguna	
00507.3	Id CUCS	Integer 4	Ninguna	
00507.4	Id Enlace de Datos	Integer 4	Ninguna	
00507.5	Asignación Circuito	Unsigned 1	N/A	1 a 15
00507.6	ID Nodo Fuente Este campo define el ID Nodo Fuente asociado al circuito	Unsigned 1	N/A	1 a 5
00507.7	Offset Retransmisión Número de slots entre el Slot Fuente y el Relay	Unsigned 1	N/A	0, 2 a 18 0 = No Relay
00507.8	Id Modo Destino Este campo define la Id de Nodo de Destino asociado al circuito	Unsigned 1	N/A	0x01 = NID 1 0x02 = NID 2 0x04 = NID 3 0x08 = NID 4 0x10 = NID 5

**Tabla 71: Mensaje #507: IC2DL Circuit Allocation Report**

○ **Mensaje #508: IC2DL Circuit to Timeslot Report:**

Campo	Elemento	Tipo	Unidades	Rango
00508.1	Marca de tiempo	Double	Segundos	
00508.2	Id Vehículo	Integer 4	Ninguna	
00508.3	Id CUCS	Integer 4	Ninguna	



00508.4	<b>Id Enlace de Datos</b>	Integer 4	Ninguna	
00508.5	<b>Asignación del circuito:</b> Para cada slot (1 a 100) el circuito es asignado a un slot. Este campo es una serie de 4 bits de entrada donde el primer bit contiene el slot 1 y 2, el siguiente el 3 y 4, etc.	Unsigned 50	N/A	Para cada 4 bits: Circuitos de 1 a 16 asignados de 0 a 15.  Para cada byte: 0xYYZZ donde: YY = slot n ZZ = slot +1

**Tabla 72: Mensaje #508: IC2DL Circuit to Timeslot Report**

○ **Mensaje #509: IC2DL TDMA Port Configuration Report:**

<b>Campo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
00509.1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
00509.2	<b>Id Vehículo</b>	Integer 4	Ninguna	
00509.3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguna	
00509.4	<b>Id Enlace de Datos</b>	Integer 4	Ninguna	
00509.5	<b>Asignación Circuito</b>	Unsigned 1	N/A	0 - 15
00509.6	<b>Tipos de Datos</b>	Unsigned	Enumerado	0 = A 1 = B 2 = C
00509.7	<b>Asignación Puerto</b> Este campo define el puerto lógico, los datos de dirección, el modo de rango y la capacidad de relay	Signed 1	N/A	-1 to -45
00509.8	<b>IP4</b>	Unsigned 4	N/A	
00509.9	<b>IP6</b>	Unsigned 1	Enumerado	0 = IP4 1 = IP6
00509.10	<b>IP6 alta dirección bits</b>	Unsigned 12	N/A	

**Tabla 73: Mensaje #509: IC2DL TDMA Port Configuration Report**

○ **Mensaje #510: IC2DL IP Configuration Report:**

<b>Campo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
00510.1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
00510.2	<b>Id vehículo</b>	Integer 4	Ninguna	
00510.3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguna	
00510.4	<b>Id Data Link</b>	Integer 4	Ninguna	

00510.5	<b>Id nodo</b> 0 = nodo pasivo	Unsigned 1	N/A	0 - 5
00510.6	<b>IP4</b>	Unsigned 4	N/A	
00510.7	<b>IP6</b>	Unsigned 1	Enumerado	0 = IP4 1 = IP6
00510.8	<b>Bits Dirección Alta IP6</b>	Unsigned 12	N/A	

**Tabla 74: Mensaje #510: IC2DL IP Configuration Report**

○ **Mensaje #511: IC2DL Report:**

<b>Campo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
00511.1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
00511.2	<b>Id Vehículo</b>	Integer 4	Ninguna	
00511.3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguna	
00511.4	<b>Id Enlace Datos</b>	Integer 4	Ninguna	
00511.5	<b>Estado Comandado</b>  Este campo controla el estado de la potencia del enlace de datos, nivel de potencia de transmisor y el estado de transmisión.	Unsigned 1	Ninguno	Potencia 0x00 = Off 0x01 = Standby 0x02 = On  Nivel potencia (High/Low) 0x04 = High  Recibir/transmitir 0x08 = Solo recibe  Tipo nodo 0x0x = Pasivo 0x1z = Configurar como Master 0x2x = Configurar como Relay 0x3x = Configurar como Pasivo

**Tabla 75: Mensaje #511: IC2DL Report**

○ **Mensaje #512: IC2DL Logical Port Priority Report:**

<b>Campo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
--------------	-----------------	-------------	-----------------	--------------

00512.1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
00512.2	<b>Id Vehículo</b>	Integer 4	Ninguna	
00512.3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguna	
00512.4	<b>Id Enlace de Datos</b>	Integer 4	Ninguna	
00512.5	<b>Asignación de Circuito</b>	Unsigned 1	N/A	1 – 16
00512.6	<b>Puerto Prioritario</b>	Unsigned 1	Enumerado	0 = Puerto lógico A Puerto lógico B Puerto lógico C 1 = Puerto lógico A Puerto lógico C Puerto lógico B 2 = Puerto lógico B Puerto lógico A Puerto lógico C 3 = Puerto lógico B Puerto lógico C Puerto lógico A 4 = Puerto lógico C Puerto lógico A Puerto lógico B 5 = Puerto lógico C Puerto lógico B Puerto lógico A

**Tabla 76: Mensaje #512: IC2DL Logical Port Priority Report**

○ **Mensaje #513: IC2DL Join Report:**

<b>Campo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
00513.1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
00513.2	<b>Id vehículo</b>	Integer 4	Ninguna	
00513.3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguna	
00513.4	<b>Circuito Solicitado</b>	Unsigned 1	N/A	1 a 16
00513.5	<b>Id Nodo Solicitado</b>	Unsigned 1	N/A	1 a 5
00513.6	<b>Offset Retransmisión</b>	Unsigned 1	N/A	0 a 18
00513.7	<b>Unión Satisfactoria</b>	Unsigned 1	Enumerado	0 = No satisfactorio 1 = Satisfactorio

**Tabla 77: Mensaje #513: IC2DL Join Report**

○ **Mensaje #514: IC2DL Node range:**

Campo	Elemento	Tipo	Unidades	Rango
00514.1	Marca de tiempo	Double	Segundos	
00514.2	Id vehículo	Integer 4	Ninguna	
00514.3	Id CUCS	Integer 4	Ninguna	
00514.4	Id Enlace de Datos	Integer 4	Ninguno	
00514.5	Nodo A	Unsigned 1	N/A	1 - 5
00514.6	Nodo B	Unsigned 3	metros	1 – 5
00514.7	Rango Tiempo de propagación entre el nodo A y B	Unsigned 3	Segundos	0-6.2E-6

**Tabla 78: Mensaje #514: IC2DL Node range**

○ **Mensaje #515: IC2DL Profile Report:**

Campo	Elemento	Tipo	Unidades	Rango
00515.1	Marca de tiempo	Double	Segundos	
00515.2	Id Vehículo	Integer 4	Ninguna	
00515.3	Id CUCS	Integer 4	Ninguna	
00515.4	Perfil	Unsigned 1	N/A	0bmmpppppp Donde: Mm = Modo 0 = Normal 1 = Guardar 2 = Restaurar Pppppp = Perfil #0 al 63

**Tabla 79: Mensaje #515: IC2DL Profile Report**

○ **Mensaje #516: IC2DL Circuit Buffer Send Status:**

Campo	Elemento	Tipo	Unidades	Rango
00516.1	Marca de tiempo	Double	Segundos	
00516.2	Id Vehículo	Integer 4	Ninguna	
00516.3	Id CUCS	Integer 4	Ninguna	
00516.4	Id Enlace de Datos	Integer 4	Ninguno	
00516.5	Circuito	Unsigned 1	N/A	1 - 16
00516.6	Slot Utilizado para transmitir	Unsigned 1	N/A	1 – 100

00516.7	<b>Dato Tipo A</b>	Unsigned 2	N/A	0b00vxxxxxxxxxxxxxx Donde: V = Datos Overflow Xxxxxxxxxxxxxxx = bytes enviados
00516.8	<b>Dato Tipo B</b>	Unsigned 2	N/A	0b00vxxxxxxxxxxxxxx Donde: V = Datos Overflow Xxxxxxxxxxxxxxx = bytes enviados
00516.9	<b>Dato Tipo C</b>	Unsigned 2	N/A	0b00vxxxxxxxxxxxxxx Donde: V = Datos Overflow Xxxxxxxxxxxxxxx = bytes enviados
00516.10	<b>Slots para la siguiente transmisión</b>	Unsigned 1	N/A	1 - 100

**Tabla 80: Mensaje #516: IC2DL Circuit Buffer Send Status**

○ **Mensaje #517: IC2DL Circuit Buffer Receive Status:**

<b>Campo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
00517.1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
00517.2	<b>Id Vehículo</b>	Integer 4	Ninguna	
00517.3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguna	
00517.4	<b>Id Enlace de Datos</b>	Integer 4	Ninguno	
00517.5	<b>Circuito</b>	Unsigned 1	N/A	1 - 16
00517.6	<b>Slot</b> Slot datos que fueron recibidos	Unsigned 1	N/A	1 – 100
00517.7	<b>Dato Tipo A</b>	Unsigned 2	N/A	0b00vxxxxxxxxxxxxxx Donde: V = Datos Overflow Xxxxxxxxxxxxxxx = bytes enviados
00517.8	<b>Dato Tipo B</b>	Unsigned 2	N/A	0b00vxxxxxxxxxxxxxx Donde: V = Datos Overflow Xxxxxxxxxxxxxxx = bytes enviados
00517.9	<b>Dato Tipo C</b>	Unsigned 2	N/A	0b00vxxxxxxxxxxxxxx Donde: V = Datos Overflow Xxxxxxxxxxxxxxx = bytes enviados
00517.10	<b>Slots para la siguiente recepción</b>	Unsigned 1	N/A	1 - 100

**Tabla 81: Mensaje #517: IC2DL Circuit Buffer Receive Status**

○ Mensaje #600: *Vehicle Data Link Transition Coordination Message:*

<b>Id</b>	<b>Posición</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
0600.1	1	Marca de tiempo	Double	Segundos	
0600.2	2	Id Vehículo	Integer 4	Ninguno	
0600.3	3	Id CUCS (Controlando)	Integer 4	Ninguno	
0600.4	4	Id Enlace de Datos	Integer 4	Ninguno	
0600.5	5	Id CUCS (Adquisición)	Integer 4	Ninguno	
0600.6	6	Establecer Portadora de Enlace Directo (FL) (ADT)	Float	Hz	Dependiente del Enlace
0600.7	7	Establecer Portadora de Enlace de Retorno (RL) (ADT)	Float	Hz	Dependiente del Enlace
0600.8	8	Establecer Código PN (ADT)	Unsigned 1	Ninguno	Dependiente del Enlace
0600.9	9	Adquisición Latitud GDT	Double	Radianes	$-\pi/2 \leq x \leq \pi/2$
0600.10	10	Adquisición Longitud GDT	Double	Radianes	$-\pi \leq x \leq \pi$
0600.11	11	Adquisición Altitud GDT	Float	Metros	$-1000 \leq x \leq 100000$
0600.12	12	Límite Time-Out Enlace de Datos	Double	Seconds	

Tabla 82: Mensaje #600: Vehicle Data Link Transition Coordination Message

○ Mensaje #700: *Handover Status Report:*

<b>Id</b>	<b>Posición</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
0700.1	1	Marca de tiempo	Double	Segundos	
0700.2	2	Id Vehículo	Integer 4	Ninguno	
0700.3	3	Id CUCS (Controlando)	Integer 4	Ninguno	
0700.4	4	Id CUCS (Adquisición)	Integer 4	Ninguno	
0700.5	5	Estado	Unsigned 1	Enumerated	0= Handover No Solicitado 1= Handover en Progreso 2= Handover Fallido
0700.6	6	ID Enlace de Datos Aéreo	Integer 4	Ninguno	

Tabla 83: Mensaje #700: Handover Status Report

○ Mensaje #800: *Mission Upload Command:*

<b>Id</b>	<b>Posición</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
0800.1	1	Marca de tiempo	Double	Segundos	
0800.2	2	Id Vehículo	Integer 4	Ninguno	

0800.3	3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
0800.4	4	<b>Id Misión</b>	Character 20	Ninguno	Texto identificador de la Misión
0800.5	5	<b>Modo Plan Misión</b>	Unsigned 1	Enumerated	1= Clarear Misión 2= Cargar Misión 3= Descargar Misión 4= Descargar un Waypoint Único 5= Cancelar Carga/Descarga
0800.6	6	<b>Número de Waypoint</b>	Unsigned 2	Ninguno	$0 \leq x \leq 65535$

**Tabla 84: Mensaje #800: Mission Upload Command**

○ **Mensaje #801: AV Route:**

<b>Id</b>	<b>Posición</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
0801.1	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
0801.2	2	<b>Id Vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
0801.3	3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
0801.4	4	<b>Número de Waypoint Inicial</b>	Unsigned 2	Ninguno	$0 \leq x \leq 65535$
0801.5	5	<b>ID Ruta</b>	Character 33	Ninguno	Texto Identificador de Ruta
0801.6	6	<b>Tipo de Ruta</b>	Unsigned 1	Enumerated	0= Lanzamiento 1= Aproximación 2= Vuelo 3= Contingencia A 4= Contingencia B

**Tabla 85: Mensaje #801: AV Route**

○ **Mensaje #802: AV Position Waypoint:**

<b>Id</b>	<b>Posición</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
0802.1	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
0802.2	2	<b>Id Vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
0802.3	3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
0802.4	4	<b>Número de Waypoint</b>	Unsigned 2	Ninguno	$0 \leq x \leq 65535$
0802.5	5	<b>Latitud Waypoint</b>	Character 33	Ninguno	$-\pi/2 \leq x \leq \pi/2$
0802.6	6	<b>Longitud Waypoint</b>	Unsigned 1	Enumerated	$-\pi \leq x \leq \pi$
0802.7	7	<b>Tipo Ubicación</b>	Unsigned 1	Enumerated	0= Absoluta 1= Relativa
0802.8	8	<b>Altitud Waypoint</b>	Float	Metros	$-1000 \leq x \leq 100000$

0802.9	9	<b>Tipo Altitud Waypoint</b>	Unsigned 1	Enumerated	0 = Presión Altitud 1 = Altitud Baro 2 = AGL 3 = WGS-84
0802.10	10	<b>Velocidad Waypoint</b>	Float	Mps	$0 \leq x \leq 10000$
0802.11	11	<b>Tipo Velocidad Waypoint</b>	Unsigned 1	Enumerated	0 = Velocidad de aire Indicada/Calibrada 1 = Velocidad de Aire Verdadera 2 = Velocidad de Tierra
0802.12	12	<b>Siguiente Waypoint</b>	Unsigned 2	Ninguno	$0 \leq x \leq 65535$
0802.13	13	<b>Waypoint Contingencia A</b>	Unsigned 2	Ninguno	$0 \leq x \leq 65535$
0802.14	14	<b>Waypoint Contingencia B</b>	Unsigned 2	Ninguno	$0 \leq x \leq 65535$
0802.15	15	<b>Tiempo Llegada</b>	Double	Segundos	
0802.16	16	<b>Tipo de Cambio</b>	Unsigned 1	Enumerated	0= Cambio corto 1= Flyover

**Tabla 86: Mensaje #802: AV Position Waypoint**

○ **Mensaje #803: AV Loiter Waypoint:**

<b>Id</b>	<b>Posición</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
0803.1	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
0803.2	2	<b>Id Vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
0803.3	3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
0803.4	4	<b>Número de Waypoint</b>	Unsigned 2	Ninguno	$0 \leq x \leq 65535$
0803.5	5	<b>Tiempo Loiter en Waypoint</b>	Unsigned 2	Segundos	0= No Loiter
0803.6	6	<b>Tipo Loiter</b>	Unsigned 1	Enumerated	1= Circular 2=RaceTrack 3=Figura 8 4=Hover
0803.7	7	<b>Radio Loiter</b>	Float	Meters	$1 \leq x \leq 100000$
0803.8	8	<b>Longitud Loiter</b>	Float	Meters	$1 \leq x \leq 100000$
0803.9	9	<b>Loiter Bearing</b>	Float	Radians	$-\pi \leq x \leq \pi$
0803.10	10	<b>Dirección Loiter</b>	Unsigned 1	Enumerated	0= Dependiente Vehículo 1= Agujas Reloj 2= Contra Agujas Reloj 3= A favor del viento

**Tabla 87: Mensaje #803: AV Loiter Waypoint**

○ **Mensaje #804: Payload Action Waypoint:**



<b>Id</b>	<b>Posición</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
0804.1	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
0804.2	2	<b>Id Vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
0804.3	3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
0804.4	4	<b>Número de Waypoint</b>	Unsigned 2	Ninguno	$0 \leq x \leq 65535$
0804.5	5	<b>Número de Estación</b>	Unsigned 4	Bitmapped	0x001= Stn #1 0x002= Stn #2 0x004= Stn #4 0x008= Stn #8 Etc.
0804.6	6	<b>Establecer Modo Sensor 1</b>	Unsigned 1	Enumerated	0= Apagar 1= Encender 2= Poner en Standby
0804.7	7	<b>Establecer Modo Sensor 2</b>	Unsigned 1	Enumerated	0= Apagar 1= Encender 2= Poner en Standby
0804.8	8	<b>Salida Sensor</b>	Unsigned 1	Enumerated	0= Ninguno 1= Sensor 1 2= Sensor 2 3= Ambos Sensores
0804.9	9	<b>Establecer Modo Apuntado Sensor</b>	Unsigned 1	Enumerated	0 = Sin Valor 1 = Ángulo Relativo a UAV 2 = Slewing Rate Relativo a UAV 3 = Slewing Rate Relativo a Inercial 4 = Lat-Long Esclavizado 5 = Objetivo Esclavizado 6= Stow 7= Ubic. Comienzo Busqueda Lineal 8= Ubic. Final Busqueda Lineal
0804.10	10	<b>Latitud de Starepoint</b>	Double	Radianes	$-\pi/2 \leq x \leq \pi/2$
0804.11	11	<b>Longitud de Starepoint</b>	Double	Radianes	$-\pi \leq x \leq \pi$
0804.12	12	<b>Altitud de Starepoint</b>	Float	Metros	$-1000 \leq x \leq 100000$
0804.13	13	<b>Tipo de altitud de Starepoint</b>	Unsigned 1	Enumerado	0 = Presión Altitud 1 = Altitud Baro 2 = AGL 3 = WGS-84
0804.14	14	<b>Az Payload</b>	Float	Radianes	$-\pi \leq x \leq \pi$
0804.15	15	<b>El Payload</b>	Float	Radianes	$-\pi/2 \leq x \leq \pi/2$
0804.16	16	<b>Angulo de Rotación de Sensor de Payload</b>	Float	Radianes	$-\pi/2 \leq x \leq \pi/2$

**Tabla 88: Mensaje #804: Payload Action Waypoint**

○ **Mensaje #805: Airframe Action Waypoint:**

<b>Id</b>	<b>Posición</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
0805.1	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
0805.2	2	<b>Id Vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
0805.3	3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
0805.4	4	<b>Número de Waypoint</b>	Unsigned 2	Ninguno	$0 \leq x \leq 65535$
0805.5	5	<b>Función</b>	Character 33	Ninguno	1= Luces Nav 2= Luces Strobe 3= Enlace de Datos Primario 4= Enlace de Datos Secundario 5= Luces Strobe IR 7= Compatible NVD 8= Landing 9= LandingIR 11-255= Específicas Vehículo
0805.6	6	<b>Estado Enumerado</b>	Unsigned 1	Enumerated	0= Apagar 1= Encender 2= Poner en Standby 3= Solo Recibir 4= Solo Transmitir

**Tabla 89: Mensaje #805: Airframe Action Waypoint**

○ **Mensaje #806: Vehicle Specific Waypoint:**

<b>Id</b>	<b>Posición</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
0806.1	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
0806.2	2	<b>Id Vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
0806.3	3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
0806.4	4	<b>Número de Waypoint</b>	Unsigned 2	Ninguno	$0 \leq x \leq 65535$
0806.5	5	<b>Tipo de Tag</b>	Unsigned 1	Enumerated	0= Ninguno 1= Start Tag 2= Stop Tag
0806.6	6	<b>Tag/Datos</b>	Character 20	Ninguno	ASCII terminado en nulo

**Tabla 90: Mensaje #806: Vehicle Specific Waypoint**

○ **Mensaje #900: Mission Upload/Download Status:**

<b>Id</b>	<b>Posición</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
0900.1	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
0900.2	2	<b>Id Vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
0900.3	3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
0900.4	4	<b>Estado</b>	Unsigned 1	Enumerated	0= En Progreso 1= Completado 2= Fallido
0900.5	5	<b>Porcentaje Completado</b>	Unsigned 1	Percentage	$0 \leq x \leq 100$

**Tabla 91: Mensaje #900: Mission Upload/Download Status**

○ **Mensaje #1000: Subsystem Status Request:**

<b>Id</b>	<b>Posición</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
1000.1	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
1000.2	2	<b>Id Vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
1000.3	3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
1000.4	4	<b>Id Subistema</b>	Unsigned 4	Bitmapped	0x0001 = Motor 0x0002 = Mecánico 0x0004 = Eléctrico 0x0008 = Comms 0x0010 = Energía Propulsión 0x0020 = Navegación 0x0040 = Payload 0x0080 = Sistema de Recuperación 0x0100 = Sistema de Control Ambiental 0x0200 = Estado VSM  0x0400 = ADT 0x0800 = GDT 0x1000 hasta 0x80000 = Reservado 0x100000 hasta 0x80000000 = VSM Específico

**Tabla 92: Mensaje #1000: Subsystem Status Request**

○ **Mensaje #1001: Subsystem Status Detail Request:**

<b>Id</b>	<b>Posición</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango</b>
1001.1	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
1001.2	2	<b>Id Vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
1001.3	3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
1001.4	4	<b>Referencia de Reporte del Estado de Subistema</b> La Referencia de Reporte es la información específica del vehículo, proporcionada previamente por el VSM.	Integer 4	Ninguno	$-1 \leq x \leq 2^{31} - 1$ Donde -1 indica que no se permite

					más información
--	--	--	--	--	-----------------

**Tabla 93: Mensaje #1001: Subsystem Status Detail Request**

○ **Mensaje #1100: Subsystem Status Alert Message:**

<b>Id</b>	<b>Campo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rango</b>
1100.01	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
1100.02	2	<b>Id vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
1100.03	3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
1100.04	4	<b>Prioridad</b>	Unsigned 1	Enumerada	0 = Autorizado 1 = Nominal 2 = Precaución 3 = Warning 4 = Emergencia 5 = Fallida
1100.05	5	<b>Referencia de Reporte del Estado de Subsistema</b> La Referencia de Reporte es la información específica del vehículo, proporcionada previamente por el VSM.	Integer 4	Ninguno	$-1 \leq x \leq 2^{31} - 1$ Donde -1 indica que no se permite más información
1100.06	6	<b>Id Subsistema</b>	Unsigned 1	Enumerada	0=Apagado 1=Encendido 2=Electrica 3=Comms 4=Energía de Propulsion 5=Navigation 6=Payload 7=Sistema de Recuperación 8=Sistema de Control Ambiental 9=Estado VSM 10=ADT 11=GDT 12-19=Reservado 20-31= Específico VSM
1100.07	7	<b>Tipo</b>	Unsigned 1	Enumerado	0=Aceptado 1=No Aceptado por el Operador 2=Permitido por el Operador 3=Mostrar para Tiempo Fijo Automáticamente Aceptado
1100.08	8	<b>Id Warning</b>	Integer 4	Ninguno	Primera Instancia, - <Warning ID>
1100.09	9	<b>Texto</b>	Carácter 80	Ninguno	String ACII terminado en Null
1100.10	10	<b>Persistencia</b>  Este campo determina el tiempo mínimo de una alerta mostrada. Este tiempo se toma en cuenta cuando este mensaje es recibido por el CUCS.	Signed 1	Segundos	< 0 = No definido 0 = Clareado inmediatamente > 0 = Muestra los últimos segundos

**Tabla 94: Mensaje #1100: Subsystem Status Alert Message**

○ **Mensaje #1101: Subsystem Status Report:**

<b>Id</b>	<b>Campo</b>	<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rango</b>
1101.01	1	<b>Marca de tiempo</b>	Double	Segundos	
1101.02	2	<b>Id vehículo</b>	Integer 4	Ninguno	
1101.03	3	<b>Id CUCS</b>	Integer 4	Ninguno	
1101.04	4	<b>Id subsistema</b>	Unsigned 1	Enumerada	0=Apagado 1=Encendido 2=Electrica 3=Comms 4=Energía de Propulsion 5=Navigation 6=Payload 7=Sistema de Recuperación 8=Sistema de Control Ambiental 9=Estado VSM 10=ADT 11=GDT 12-19=Reservado 20-31= Específico VSM
1101.05	5	<b>Estado Subsistema.</b>	Unsigned 1	Enumerada	0 = Sin estado 1 = Nominal 2 = Caution 3 = Warning 4 = Emergencia 5 = Fallida
1101.06	6	<b>Referencia de Reporte del Estado de Subsistema</b> La Referencia de Reporte es la información específica del vehículo, proporcionada previamente por el VSM.	Integer 4	Ninguno	$-1 \leq x \leq 2^{31} - 1$ Donde -1 indica que no se permite más información

**Tabla 95: Mensaje #1101: Subsystem Status Report**

○ **Mensajes de Configuración General:**

Estos Mensajes no serán detallados en este Apéndice, sin embargo se recomienda su seguimiento en el STANAG 4586 a través de [3].