

Anexo 1. Clasificación del UAV PASI y aspectos técnicos

UAS: Es el conjunto del sistema que conforma la orgánica del UAV, formado por la estación de control terrestre, la aeronave y el operador.

UAV: Es un avión sin piloto a bordo, controlado a distancia, o que vuela de manera autónoma, basado en planes de vuelo pre programados. Pueden transportar carga útil letal o no, que tienden a ser equipos de alta y baja resolución, cámaras de video para día y noche para reconocimientos aéreos y maquinaria de guerra.

1.1 Modos de funcionamiento:

Control de tierra: Dirigidos por control remoto, requieren de la entrada de datos constante proveniente del operador. Existen actualmente muy pocos y su empleo va en disminución. Fueron empleados entre los años 80-90.

Semiautónomo: Empleo de sistemas guiados de vuelo en porciones críticas como despegue o aterrizaje, y maniobras evasivas. El operador asumirá el control total de la aeronave durante estas fases, pero una vez en el aire podrá poner un piloto automático y la nave seguirá una serie de puntos preestablecidos.

Autónomo: No requiere intervención humana tras llevar a cabo la decisión del despegue. Un UAV autónomo es capaz de monitorear su propio estado y configuración, dentro de sus limitaciones. Es capaz de realizar su misión sin intervención del operador.

1.2 Estructura básica

Sistema de control de vuelo: Es el que se encarga de controlar los actuadores del UAV. Es un ordenador de abordo conectado a la navegación de un GPS. Incluye un sistema operativo, enlace de comunicaciones, terminales de datos, y sistemas de despegue y aterrizaje.

Carga útil: Pueden ser desde equipos de alta y baja definición, cámaras IR, radar SAR o de alta potencia, sensores E/O, sensores meteorológicos, e incluso maquinaria de guerra. En general tiende a ser cualquier equipo específicamente diseñado para que el UAV cumpla su función. Hay que tener en cuenta aquí que el deseo de una gran resistencia en vuelo, exige una fracción muy alta de combustible, por consiguiente tienden a tener una carga útil baja que ronda el 10-20% del peso total del UAV.

Sensores: Son utilizados para proporcionar la funcionalidad básica que permita al UAV mantener el vuelo sin apenas intervención humana, infrarrojos y giróscopos son los más comunes. Además cuentan con lo último en tecnología de comunicaciones, que les permite la transmisión de datos a grandes distancias.

Actuadores: Se encargan de interpretar las órdenes del sistema de control de vuelo, para transmitirlos en movimientos en el UAV. Pueden ser de diversos tipos, hidráulicos, eléctricos, etc.

Estación de control: Situada normalmente en tierra, es el centro de operación cuando no trabaja en modo autónomo el UAV, puede recibir los datos para ser procesados y posteriormente

analizados. Se agrupan en su interior el conjunto de estructuras que permiten mantener el enlace vía datos con el UAV PASI.

1.3 Clasificación del PASI

En función a sus características:

- De ala fija: UAV que requieren una pista de despegue, o catapultar su lanzamiento, suelen tener gran resistencia y pueden volar con altas velocidades de crucero.
- Helicópteros: De despegue vertical, su mayor ventaja es su maniobrabilidad. Son útiles especialmente para misiones civiles. Pueden tener diferentes configuraciones, rotores en tándem, multi-rotores, rotores coaxiales, etc. Pueden ser incluso dirigibles, que son más ligeros, de gran tamaño y vuelan a velocidades bajas.
- De ala batida: Tienen pequeñas alas flexibles inspiradas en las aves e insectos. También existen multitud de configuraciones híbridas, de despegue vertical que inclinan sus rotores.

La siguiente ilustración muestra otro tipo de clasificación donde podemos observar la relación entre su alcance y altitud, referenciado con la línea de visión máxima para aquellas aeronaves que no usen conexión vía satélite.

En función al alcance y altitud:

- HALE: High Altitude Long Endurance. Sobre 10 000 m de techo y más de 24 horas de movimiento. Pueden viajar largas distancias haciendo misiones de reconocimiento y supervivencia. Normalmente van armados y son operados por fuerzas aéreas.
- MALE: Medium Altitude Long Endurance. 5000–10 000 m de techo y 24 horas de duración aproximada. Menor alcance que los HALE. El PASI se encontraría en esta categoría, siendo necesario además línea de visión directa entre la estación de control terrestre o Ground Data Terminal (GDT) y la aeronave.
- LAE: Low Altitude Endurance. Techo de operación menor de 2500 metros pero con un alcance de unos 200 km, y una autonomía menor debido a la mayor resistencia aerodinámica que sufre en las capas más bajas de la atmósfera.
- MRE: Medium Range Endurance. Ya no emplean línea de visión directa, teniendo un alcance de 1000 km aproximadamente, por lo que tienen un carácter táctico. Además cuentan con sistemas de comunicaciones satelitales para la comunicación entre UAV y GDT.
- ALO: Prototipo de UAV español de la empresa INTA, que se caracteriza por ser más ligero que su predecesor, el PASI, reduciendo su alcance considerablemente y empleando línea de visión directa. Tiene un carácter táctico para empleo en unidades tipo Batallón o superior.
- ATLANTE: Proyecto a nivel nacional de INTA en colaboración con la casa EADS basado en el desarrollo de aeronaves no tripuladas con carácter táctico de Medium Range (MR), es decir, de alcance menor de 200 km con línea de visión directa.

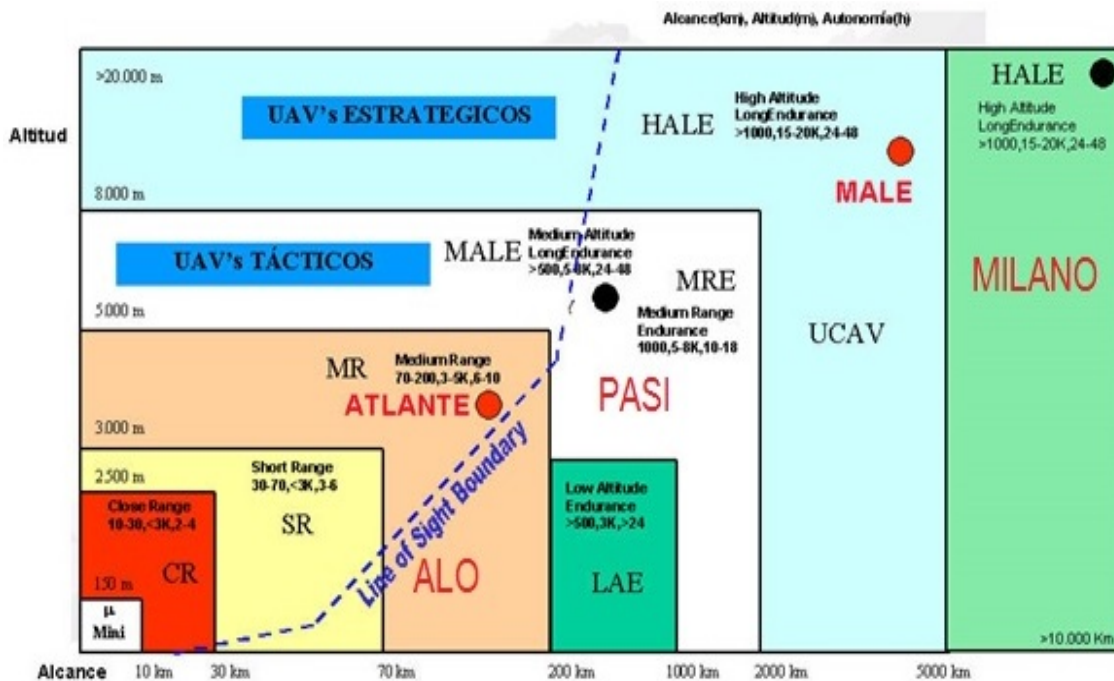


Figura 1.1 Clasificación UAV en función al alcance/ altitud

1.4 Principios de las comunicaciones

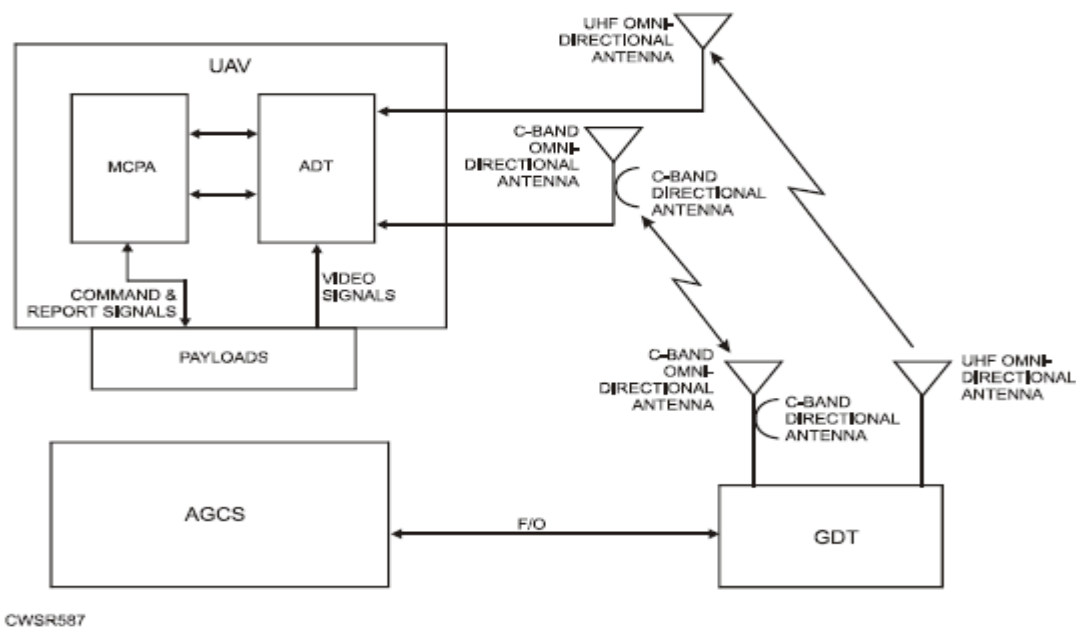


Figura 1.2 Esquema data link

En la ilustración anterior se muestra un diagrama donde podemos observar las diferentes antenas de transmisión empleadas por el UAV PASI sobre el cual realizaremos el estudio, y en general, el conjunto del sistema de comunicaciones.

Hay que tener en cuenta que la frecuencia en la que se trabaja, ya que es de vital importancia para temas no solo de alcance, sino también de cantidad de Mb/s o ancho de banda para el canal video

descendente. A mayor frecuencia, mayor capacidad, pero también costes más elevados. Es por eso por lo que cada vez tiene una mayor trascendencia los métodos de compresión de imagen más eficientes a la vez que más ligeros. Nuestro sistema data link para el UAV PASI trabaja siempre en banda C como canal principal y en banda UHF como canal de reserva.

Dadas las características de esta banda C se necesita visión directa con la propia aeronave, su rango se puede ver afectado por la humedad del aire, y puede crear problemas con la potencia de transmisión en áreas con población debido a la tecnología 802.11.b/g. Pero por otro lado, permite la transmisión de datos de video comprimido de alta resolución, a un costo asequible, con un tamaño reducido de antenas, y además tiene una baja distorsión en el empleo de técnicas de espectro ensanchado.

Seguimiento de la antena directiva situada en la GDT

La antena directiva de la GCS puede realizar el seguimiento del UAV utilizando alguna de las técnicas siguientes:

Lazo abierto. La antena directiva conoce en todo momento en qué posición GPS se encuentra ella misma y también le llega la posición en la que se encuentra el UAV (a través de otro data link secundario, mission computer, etc). La antena realiza una serie de operaciones trigonométricas y conoce los ángulos de elevación y acimut hacia los que debe apuntar. El problema que presenta esta técnica es que el sistema no funcionaría a partir del momento en que se pierda la información de posición del UAV.

Lazo cerrado. La antena directiva hace un seguimiento del UAV siguiendo la señal que transmite el UAV. Este proceso comienza fijando una posición conocida por la antena de la GCS y haciendo que el UAV pase por allí. A partir de que el UAV pase por ese punto, la antena directiva de tierra detecta la señal y realiza el seguimiento.

En caso de que la antena de tierra pierda al UAV se pueden iniciar diferentes procesos:

- La antena inicia una búsqueda del avión haciendo un patrón de movimiento en torno a la última posición conocida del avión (espiral, etc).
- Si la antena directiva de tierra no está apuntando al avión no habrá enlace ascendente tampoco. Después de un cierto tiempo sin que el avión reciba control de tierra, el avión volverá a casa o a una posición conocida.

Funcionamiento de las antenas del UAV PASI

En el GDT hay tres antenas para la comunicación con el vehículo aéreo:

- Primarias (subida y bajada): Omnidireccional y direccional.
- Secundaria: Omnidireccional.

El operador realiza manualmente la selección de la antena primaria. La antena omnidireccional se utiliza para operaciones de corto alcance y la antena direccional se utiliza para un vuelo de mayor alcance. El mismo UAV calcula su posición y azimut a través del GPS y se la envía a la GCS a través del data link primario de banda C. El seguimiento y apuntamiento de la estación (GDT)

al UAV lo calcula la misma GDT con valores de telemetría del UAV (modo TRACK) o también se calcula este apuntamiento de la antena por el mismo reporte GPS del UAV que envía a la GDT-GCS a través del data link primario de banda C, este apuntamiento de la GDT sería modo GPS.

El apuntamiento de la antena de banda C embarcada en el UAV es realizado mediante el conocimiento de la posición GPS que recibe el mismo UAV y su dirección de vuelo conocida mediante el magnetómetro. El UAV también conoce la posición GPS de la GDT. Para el despegue y aterrizaje la señal RF por propagación es más estable en UHF; seguimiento, antena direccional banda C. Podemos resumir que el cambio de antena omnidireccional a direccional se puede considerar en el paso del despegue al control del avión. La selección entre las dos antenas se realiza mediante una orden del operador o mediante la lógica predeterminada del UAV.

Funcionamiento del terminal aéreo

El UAV recibe dos canales de subida: primario y secundario. El canal primario utiliza la frecuencia en banda C y el secundario utiliza la banda de UHF. El terminal de datos embarcado decodifica los datos y los envía al centro de procesamiento de la aeronave para su tratamiento. La central de procesamiento utiliza los datos para generar los comandos recibidos y transmitirlos a los otros sistemas del UAV (control de vuelo, carga de pago y aviónica). Un único canal es suficiente para el control del UAV, mientras que el otro canal proporciona redundancia.

Mejoras en la comunicación PASI

Para entender el método de funcionamiento de las comunicaciones, tenemos que tener en cuenta ciertas características como son:

BER (Bit Error Rate): Indica el número de bits fallidos o mal interpretados al aplicar métodos de compresión, o mediante un aumento de la distancia que provoque excesivo ruido, dando lugar a que el propio sensor no sea capaz de reconocer los dígitos. Especialmente en los UAV cuya carga útil implique un gran ancho de banda, por lo que habrá que aplicar grandes técnicas de compresión.

Rango de acción: Existen tres métodos claros para aumentar este alcance.

- 1.- Cambiando el tipo de modulación de la onda, de MSK a 16-PSK, que produce una reducción del BER pero que a la vez recibe 4 dB menos de manera contrapuesta.
- 2.- Antenas direccionales de mayor ganancia que permitan corregirse en azimut y elevación.
- 3.- Incremento de la potencia de transmisión en un orden de 20W-30W.

PROJECT CHARTER						TFG
Título: SISTEMAS DE EPM PARA LA INTEGRIDAD DEL UAV PASI Y SUS COMUNICACIONES						
Project Leader: Sergio Carretero Alvedro					Localización: León	
Recursos: 3 UAVs PASI acantonados en el Regimiento de Artillería de Campaña nº63 (RACA63)						
Stakeholders: Todo el ET dado que se mejora la integridad de sus medios de adquisición y localización de objetivos						
Descripción general del proyecto:						
Análisis de los principales riesgos y posibles limitaciones a la hora de realizar una integración del Radar Warning Receiver (RWR) y del encriptador de datos TELEM06. Serán las dos herramientas empleadas en el proyecto para solucionar las principales deficiencias actuales con las que cuenta el UAV PASI en cuanto a medidas de protección electromagnética y para mejorar su integridad física. Para la elección de cada uno de estos sistemas se realizó un estudio preliminar entre varios fabricantes para poder cumplir con los principales requisitos de la aeronave.						
Business case:						
Dada la gran importancia que tiene hoy en día nuestros UAVs, en concreto el PASI, como medios de localización y adquisición de objetivos, así como elemento base para generar inteligencia enemiga en operaciones, como ya se ha demostrado. Por todo lo anterior se sabe que la mejora de este sistema no solo supone un beneficio para el mismo, sino para todas las unidades que a la vez depende de su integridad y capacidad de generar datos validos en el transcurso de las operaciones, dado que por desgracia el ET español cuenta con muy pocos efectivos.						
Objetivos y requisitos del proyecto:						
El objetivo final que persigue el proyecto es la búsqueda de una solución a los principales riesgos físicos y las comunicaciones, que se obtendran mediante un análisis de riesgos de la aeronave. Para ello, es requisito fundamental la integración de sistemas capaces de suplir estas deficiencias, así como la de elaboral manuales capaces de facilitar la integración de los mismos en la aeronave. Es un requisito fundamental el estudio previo de los posibles sistemas a emplear antes de decantarse por uno, y que este se vea relfejado en el documento a realizar.						
Entregables e hitos:		Fecha inicio	Fecha fin		Fecha inicio	Fecha fin
Proyecto:				M4 Selección de un encriptador y posterior integración	30/05/2015	01/07/2015
M1 Fase recogida información		10/02/2015	15/04/2015	M5 Comprobación de funcionamiento de ambbos sistemas	01/07/2015	15/08/2015
M2 Análisis de los principales sistemas elegidos		15/04/2015	01/05/2015	M6 Implementación en el UAV PASI	15/08/2015	06/09/2015
M3 Selección de un RWR y posterior integración		01/05/2015	30/05/2015			
Riesgos de alto nivel:						
Los principales riesgos con los que podrian encontrarse la aplicación de este proyecto son la falta de interés o presupuesto por mejorar un UAV que ya se encuentra en algunos ambitos obsoleto frente a sus competidores, así como la retirada de servicio de los mismos. A menor escala podríamos encontrarnos con la falta de medios para poder realizar las integraciones, errores de compatibilidad del software o hardware, así como el mal funcionamiento conjunto de los sistemas integrados en la aeronave.						

Tabla 2.1 Project charter

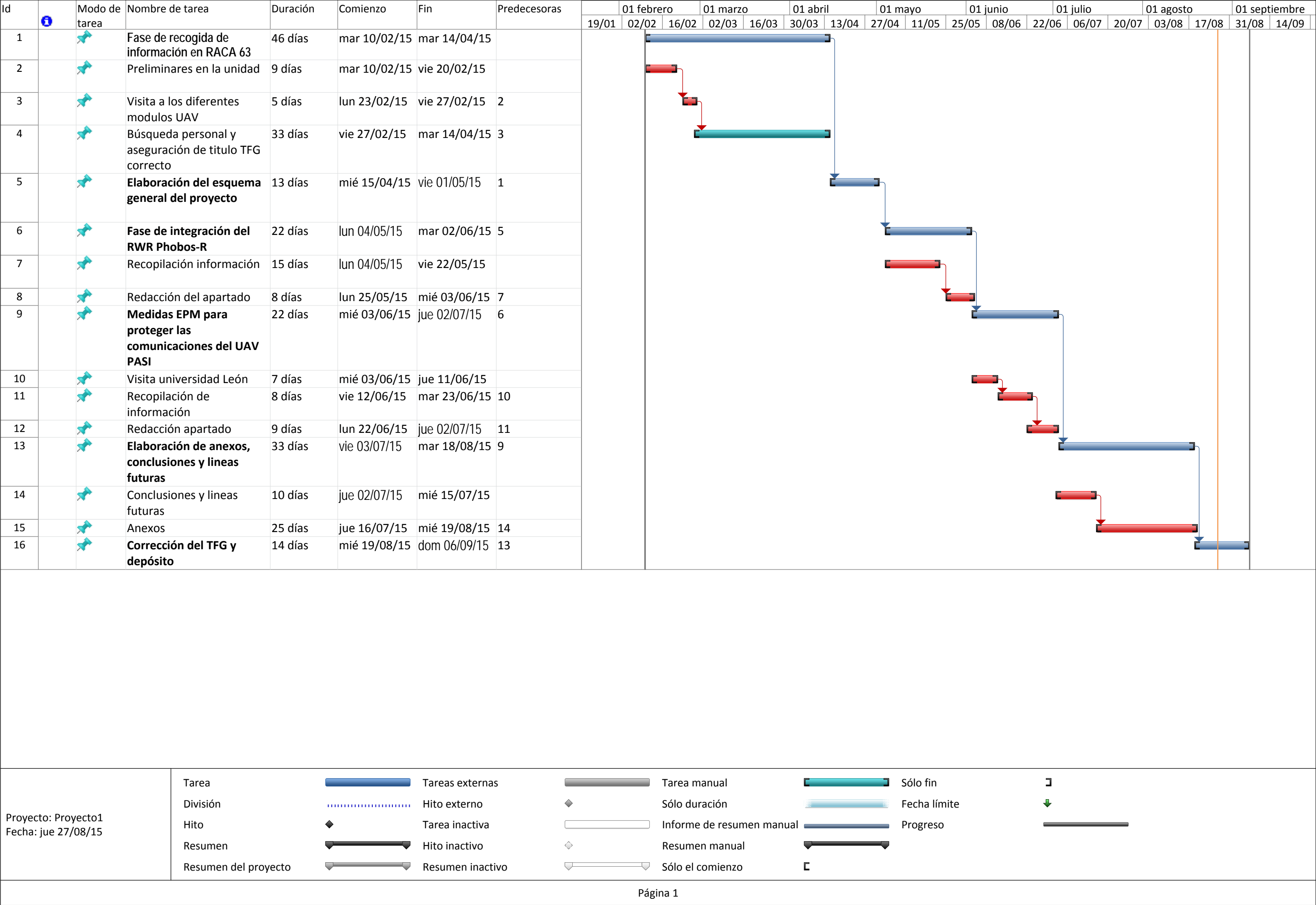


Figura 3.1 Diagrama de Gantt

Anexo 4. Análisis de riesgos

ANALISIS DE RIESGOS

Project Name:			SISTEMAS DE EPM PARA LA INTEGRIDAD DEL UAV PASI Y SUS COMUNICACIONES					
Project Leader:			Sergio Carretero Alvedro					Start Date: 10/02/2015
Risk Evaluation								
ID	Risk Description	Risk category	Reason for risk	Impact (low, middle, high)	Probability (1,2,3)	Risk-class	Risk Effects	Measure
1	Derribo por arma antiaérea	Ataque	Enemigo lanza un misil contra nuestro UAV y este no lo detecta.	M	3	3M	Pérdida de operatividad del UAV	Implantar un RWR o incluso un sistema de decepción contra misiles pasivos.
2	UAV PASI detectado por RADAR en plena acción activando alerta temprana enemiga.	Detección	En el transcurso de cualquier operación, seríamos detectados por el enemigo y podría aplicar un plan de decepción, obteniendo información herronea.	H	3	3H	El enemigo activa sus sistemas de alerta temprana ya que sabe de nuestra presencia, perdemos iniciativa.	Instalar en el UAV PASI un RWR que nos indique si un RADAR nos ha detectado, para poder tomar las medidas oportunas.
3	Falta de combustible en vuelo	Técnico	Despiste por parte de los operadores o fallo en el indicador	M	1	1M	Posible parada del motor del avión.	Comprobar previamente que funciona todos los indicadores en el angar, y que los niveles de combustible estan al máximo.
4	Averia en el sistema de posicionamiento GPS	Técnico	Fallo en sistema de posicionamiento global, o averia en antenas/ sistema.	L	1	1L	No se podría posicionar de manera automatica el UAV en el mapa.	El operador tendría que realizar todas las operaciones en vuelo de manera manual hasta que se solucionase el problema.
5	Error en la conexión del UAV por exceso de distancia	Operador	El operador excese la distancia máxima por negligencia a la que puede operar el sistema.	L	2	2L	El UAV se pondría a volar en circulos ascendentes hasta que nuestro sistema recuperase la conexión, sino volveria automaticamente a la base en modo autonomo	Mejorar la instrucción de los operadores.
6	Nuestro GDT o ADT sea perturbado de una manera intencionada por sistemas jamming	Ataque	El enemigo ataca la comunicación de nuestros UAVs generando ruido, e impidiendo el intercambio de datos.	H	3	3H	El UAV PASI quedaría incapacitado para realizar las tareas de observación y localización que tiene encomendadas	Introducir sistemas de protección electromagnetica en nuestro UAV (EPM), para mejorar su seguridad, a la vez de realizar previamente un profundo analisis para saber
7	Averia en el sensor óptico	Técnico	Por cualquier motivo técnico nuestro sensor optico deja de captar datos de inteligencia.	M	2	2M	El UAV PASI al no tener otras capacidades quedaría inoperativo para realizar su funcion principal de vigilancia	Volver a la base para realizar una comprobacion del origen del fallo.
8	Aumento de la temperatura del motor	Técnico	El motor por fallo en refrigeración se sobrecalienta	H	1	1H	Podría llegar a incendiarse el motor debido a la gasolina.	Reducir la velocidad del motor para intentar bajar su temperatura y volver rapidamente a la base
9	Error eléctrico en cualquier sistema de vuelo	Técnico	Podria afectar a los sistemas de comunicaciones inutilizando a la vez sus funciones	H	1	1H	Quedaría cualquier sistema inoperativo.	Depende de la gravedad del fallo

Tabla 4.1 Análisis de riesgos

Project Risk Matrix

Probability	3	2	1			
	0	0	1	1	1	1
	0	0	1	0	1	1
				Low	Medium	High
				Impact		

Statistic

Risk-Class	Nr
High (red)	1
High to Medium (orange)	2
Medium (yellow)	2
Low (green)	1
Total:	6

25/08/2015 0:27

Anexo 5. Manual de instalación y acondicionamiento del RWR en el UAV PASI

Para comenzar con la posible integración física, deberíamos analizar primero las características del PASI que harían posible un empleo efectivo del RWR.

1. La primera y más importante es que tiene un techo máximo de 20000 pies, comparado con los 60000 pies que tiene de alcance el PHOBOS.
2. El peso máximo de carga útil es de 100 kg libres, pero hay que tener en cuenta que un sobrepeso afectara a la carga de combustible, y en última instancia al centro de gravedad de la aeronave. Con 7 kg de peso de sistema, partimos de la ventaja de que no se verá prácticamente afectado ya que representa solo un 7% de la carga que puede mantener en vuelo.
3. Cuenta con espacio externo entre el tren de aterrizaje trasero y el sensor electro óptico suficiente para realizar la integración (véase figura 5.1).
4. El consumo es menor de 25 Watt, muy inferior al que es capaz de proporcionar la fuente de corriente.

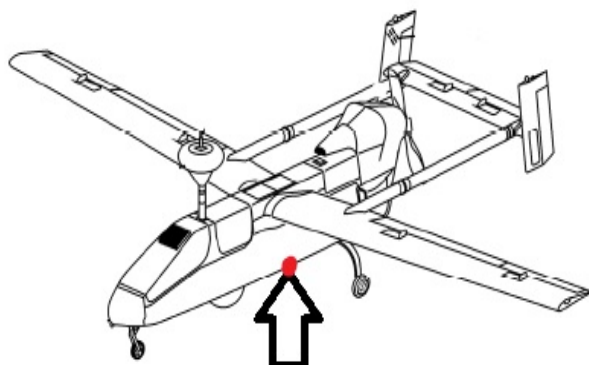


Figura 5.1 Esquema del UAV PASI y zona de integración del RWR

Proceso de integración física

A la hora de realizar la instalación, el RWR PHOBOS deberá conectarse principalmente a dos fuentes, una de alimentación y otra de bus de información, de manera que no quedará ningún cable externo suelto. El IFF que proporciona no será necesario conectarlo ya que nuestro UAV no cuenta con esa capacidad. En un futuro sería interesante trabajar en una posterior integración del identificador amigo/ enemigo para así con las emisiones electromagnéticas procedentes de cualquier aeronave o arma antiaérea, saber las posibles medidas que habría que adoptar. Lidaremos también con el problema de la falta de espacio, que será nuestro principal inconveniente, de manera que se propondrán una serie de soluciones.

Integración del IFF

Este iría integrado a la antena omnidireccional del UAV PASI, mediante la conexión existente con el puerto NATO estándar Mast I/F situado en la cara inferior del RWR. El problema residiría no en conectar el IFF con la aeronave, sino el de establecer en la GDT un receptor para la señal que emitiese el mismo, no teniendo este además un carácter táctico ya que el UAV sería rápidamente detectable, ya que emite en todas las frecuencias. Además, si reserváramos la conexión en UHF procedente de la antena omnidireccional para el IFF, solo podríamos emplear la

banda C para comandos de control, arriesgándonos a perder la transmisión de órdenes a la aeronave (véase figura 5.2).

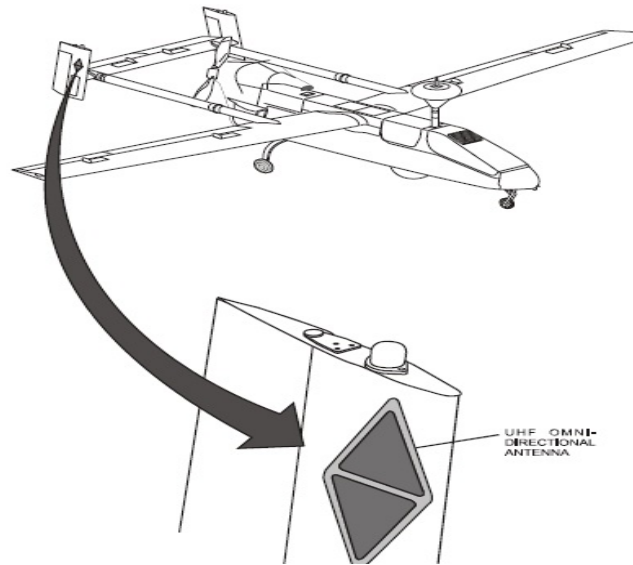


Figura 5.2 Antena omnidireccional del UAV PASI para integrar el IFF

Para que fueran efectivos los cambios se debe integrar con el módulo de procesamiento de la GDT (véase figura 5.3), de manera que la información captada por la aeronave estando en vuelo, pueda ser procesada en tierra y nos permita distinguir aeronaves enemigas, de las que no. Este proceso nos permitiría no sólo saber si el PASI está en peligro debido a un avión enemigo, sino también nos proporciona la capacidad de tener un control del espacio aéreo principalmente en zona de operaciones.

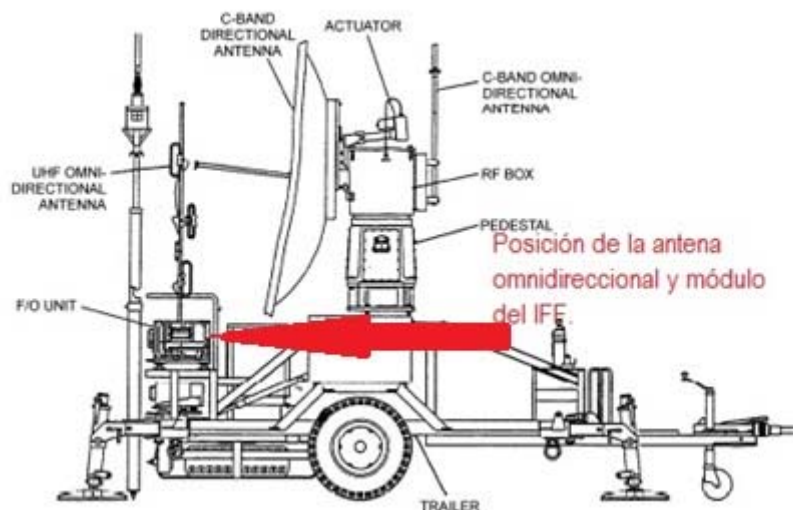


Figura 5.3 Ubicación del módulo de procesamiento y antena UHF para el IFF del UAV PASI

Problema de espacio

Dado que en la parte del PASI que nos encontramos, existe el tanque de combustible, la manera de proceder sería o bien quitar uno de los dos depósitos, o reducir una de ellos, elevándolo e introduciendo por debajo el cableado que irá a la estación de distribución de corriente o EPD (Electrical Power Distribution) por un lado, y por otro lado conectando al sistema de transmisión del canal de bajada del terminal de datos aéreo a nuestro equipo. Información más gráfica acerca de este proceso para el sistema en el anexo 6 "Problema de espacio".

El cableado y todo lo correspondiente a la alimentación tanto eléctrica, como el flujo de datos se situaría en el compartimento de carga útil, aunque el orificio necesario para que se atornillase el sensor iría situado en una posición más retrasada que el sensor óptico próximo al tren de rodaje de la aeronave (véase figura 5.4).

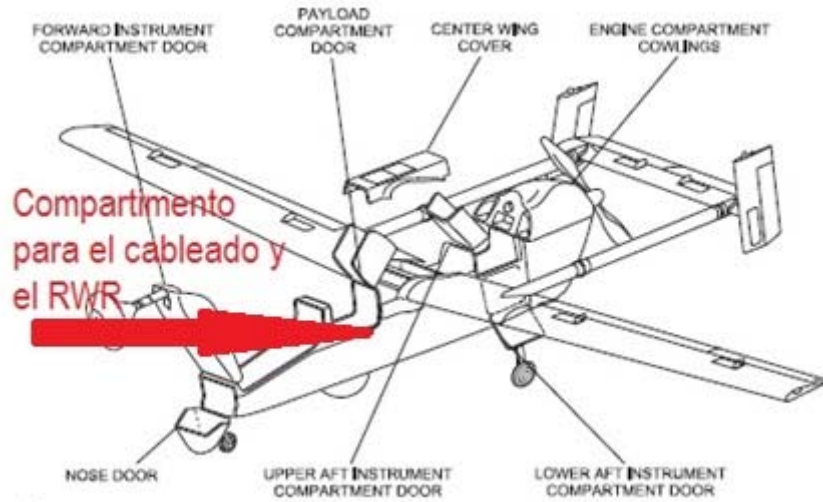


Figura 5.4 Diagrama de los diferentes compartimentos del UAV PASI

Conexión de alimentación

Según sus características técnicas, el RWR opera entre los 9 V hasta los 15 V, por lo que tendríamos que proporcionarle una toma con ese voltaje. Analizando el conjunto del sistema eléctrico, nos encontramos con que el PASI cuenta en su morro con una EPD con varias celdas. Una de 28 V conectada directamente con unos convertidores de corriente que varían entre 28 V para cargar la batería procedente del dinamo, uno de 14 V para iniciar la batería de emergencia, y dos de 15 V.

Se puede de esta manera conectar uno de los bus de 15 V a nuestro elemento, en concreto conectaríamos la fuente del motor auxiliar de arranque en caso de fallo. Al desconectarla, en caso de parada repentina del motor del UAV, la aeronave no tendría ningún medio para volver a arrancar el motor. La mejor solución sería ampliar directamente el número de buses asociados a la batería, ya que todos están asociados a algún cometido, no habiendo ninguno libre (véase figura 5.5).

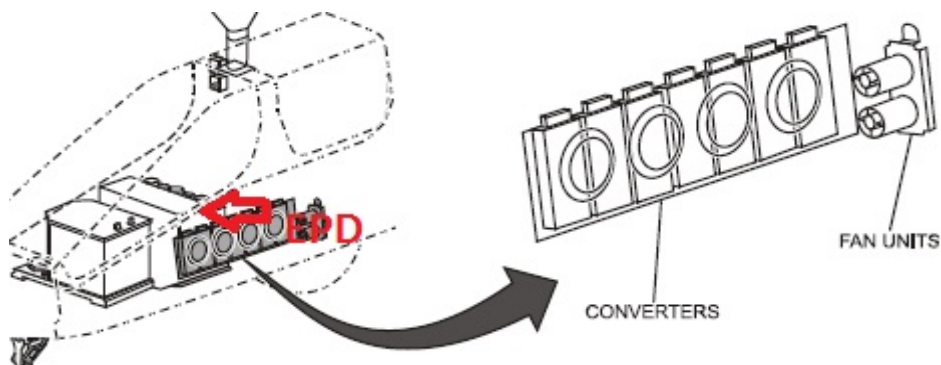


Figura 5.5 Integración eléctrica del RWR con el PASI

Integración datos vía GCS/ GDT

Aunque parece una de las partes con mayor complicación, este proceso es más sencillo debido a la interoperabilidad del propio software que incluye el pack. De esta manera solo necesitaríamos una conexión directa entre el terminal físico nuestro, y la central de procesamiento de la información del UAV PASI (MCPA) (véase figura 5.6), que es el centro donde se comprime toda la información, y se envía hacia las antenas en C-Band o UHF en función de la distancia a la que nos encontremos de la estación de control terrestre. La información, se comprimiría siguiendo el mismo proceso que la procedente del conjunto sensores.

Una vez llega la información a la GDT o estación de control terrestre, se podría trabajar con ella gracias al software integrado en el conjunto. De manera externa, si activamos la antena del RWR podríamos recibir directamente en un ordenador con el software los datos, ya que proporciona antena de recepción, **pero** los alcances no son iguales, que siempre serán más bajos que la conexión en banda C de la misma.

El principal problema de todo este proceso reside en la dificultad de la integración de los datos recibidos por la GDT con el software que proporciona el RWR. Además, los datos procedentes de la aeronave, tendrán que ser tratados en terminales diferentes, por un lado el video y por otro lado los datos del Phobos-R

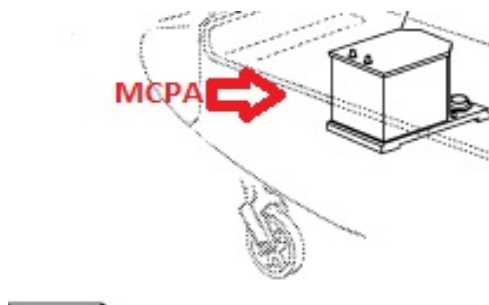


Figura 5.6 Posición de la MCPA en el interior del PASI

Anexo 6. Problema de espacio

En este anexo se tratará el problema de espacio a la hora de instalar el RWR PHOBOS-R. Tenemos que tener en cuenta que el siguiente documento indica una de las posibles maneras de hacerlo pero podría existir más, por lo que no solo se plantea una solución exclusiva. Lo primero que deberíamos saber es que existen tres tanques de combustible distintos (véase figura 6.1) y no todos ellos cobran la misma importancia. De los tres, el central es el más importante, ya que lleva incorporado en su interior el sistema de bombeo de combustible hacia el motor, por eso no podríamos retirarlo, lo que ya supone una desventaja significativa.

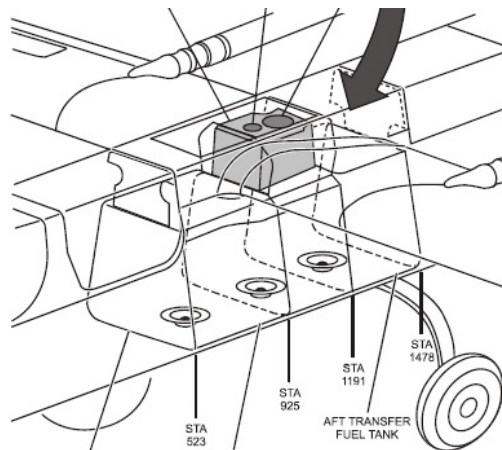


Figura 6.1 Tanques de combustible

Proceso para realizarlo

Punto 1: Sería desconectar el motor, MCPA, o cualquier sistema electrónico, para evitar que no haya ningún bombeo de combustible en el módulo de control (véase figura 6.2). Se debería poner todas en *off* excepto las de la válvula de combustible, que permitirían el vaciado de combustible de los tanques, en caso de que hubiese. Estas aberturas posteriormente, se emplearan para colocar y fijar la varilla que sujeta el RWR y por donde irás las conexiones hasta el centro de procesamiento (MCPA).

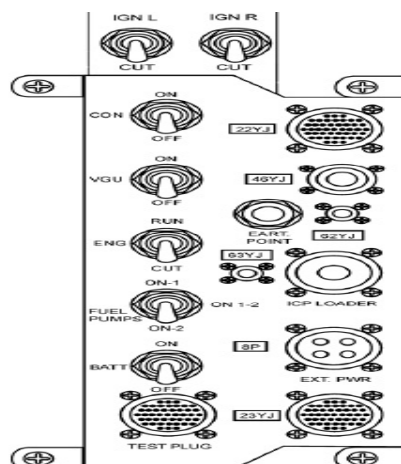


Figura 6.2 Módulo de control

Punto 2: Se eliminarían todos los mecanismos de bombeo de la celda más cercana al centro de gravedad del UAV para que este se viese menos afectado, y una vez desconectados sería retirar los tornillos que sujetan a la estructura del PASI el tanque de combustible (véase figura 6.3).

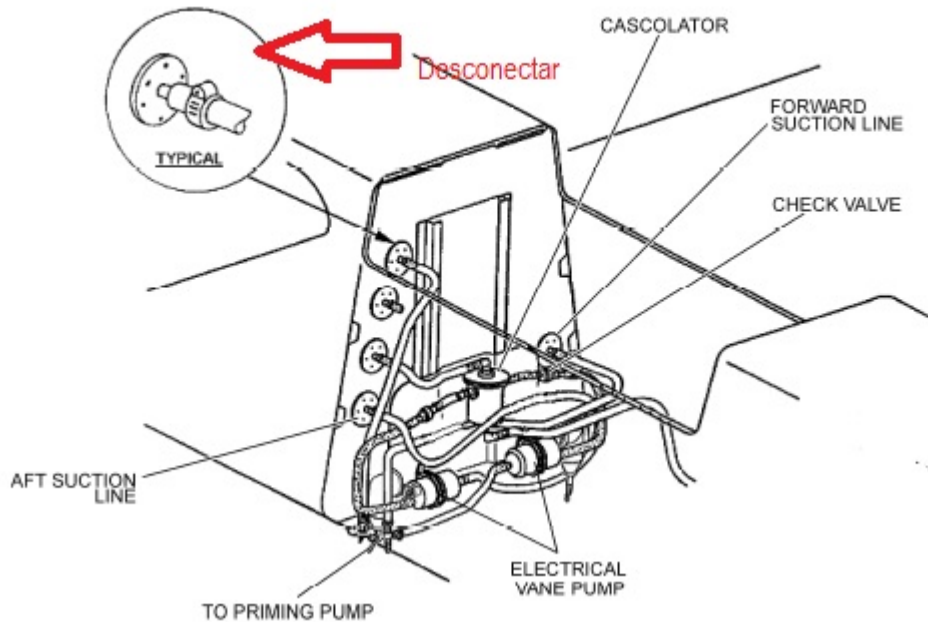


Figura 6.3 Sistema de bombeo del UAV PASI

Punto 3: Una vez estuviera desconectado y lo hubiésemos retirado, se debería comprobar si el ancho de las válvulas es suficiente para que pueda entrar la varilla que sostendrá al RWR unido y fijado por el interior. Si fuese suficiente se procedería a la instalación, sino se realizaría una abertura mayor en la estructura. La válvula se encontraría en la flecha roja de la siguiente ilustración (véase figura 6.4)

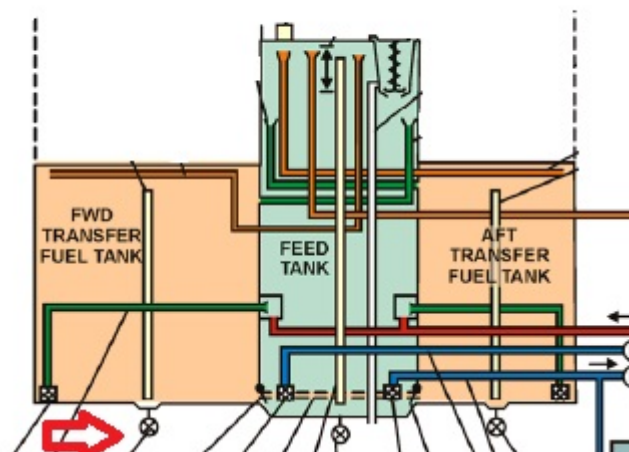


Figura 6.4 Válvula de salida del vástago de sujeción del RWR.

Anexo 7. Métodos EPM actuales y manual de integración del TELEM06

Métodos EPM actuales

En este apartado se tratarán las principales medidas empleadas por los UAV para proteger sus comunicaciones. Pasando por las encaminadas a conseguir una baja probabilidad de interceptación de las emisiones o “Low Probably Intercept” (LPI), métodos de encriptación más seguros y fiables, medidas contra ataques jamming o en busca de crear una decepción sobre el operador.

1.- LPI

En este caso, hablamos de una medida que tiene como función principal reducir la probabilidad de que nuestra GCS o estación de control terrestre sea detectada, ya que el UAV al no ser estático es mucho más complicado. Es de vital importancia que la estación de control en canal ascendente cuente con este sistema. Integra métodos para reducir la potencia de emisión, para evitar ser detectados por el enemigo, o que este interfiera en las comunicaciones.

2.- Encriptación

Parte fundamental y de las más básicas de la comunicación de un UAV. Al igual que el PASI, la mayor parte de los UAV encriptan su canal de subida de comandos, y muy pocos el de bajada (como en nuestro caso) de datos, no solo porque suponga una demora para la imagen en tiempo real, sino que además la información que proporciona la carga útil suele estar comprimida, necesitando un descompresor del mismo tipo para conseguir visualizar los datos.

3.- Resistencia al jamming

Este proceso es uno de los más difíciles de conseguir, ya que busca la combinación de operar con un ancho de banda amplio y una gran resistencia a la interferencia. Esta resistencia es un incremento de la capacidad de nuestro canal de datos para ser más tolerante a la potencia del jammer sin que esto lo degrade por debajo de un nivel aceptable. Seguidamente se muestran las principales maneras de obtener una mayor resistencia a este fenómeno:

- Incrementar la frecuencia de transmisión: Aumentar la frecuencia de emisión que la estación terrestre envía a la terminal aérea de la aeronave. Necesitaría un mayor consumo eléctrico, que influiría en los generadores. En el interior del UAV por razones de espacio y peso sería imposible. Opción menos recomendable.
- Incrementar la ganancia de la antena: Otra de las maneras para ganar potencia de transmisión es focalizar en una misma dirección la máxima radiación posible, es decir el uso de antenas más directivas.

La antena del UAV es capaz de discriminar entre la radiación proveniente de la antena de la GCS o estación terrestre frente a la de un sistema jamming en función de la dirección de esa energía. En la siguiente ilustración podemos observar como la mayor ganancia se experimenta en el lóbulo principal de la estación, frente que la radiación proveniente del jammer solo entrará en el lóbulo secundario de la antena direccional.

Para que este sistema sea posible deberá estar instalado un sistema de seguimiento para que el lóbulo principal apunte siempre a la aeronave. De esta manera ambos terminales, el terrestre y el aéreo están siempre apuntando en la misma dirección que será donde resida la mayor ganancia. Para que el jammer fuera efectivo, debería interponerse entre la línea de visión del UAV y la estación terrestre (véase figura 7.1).

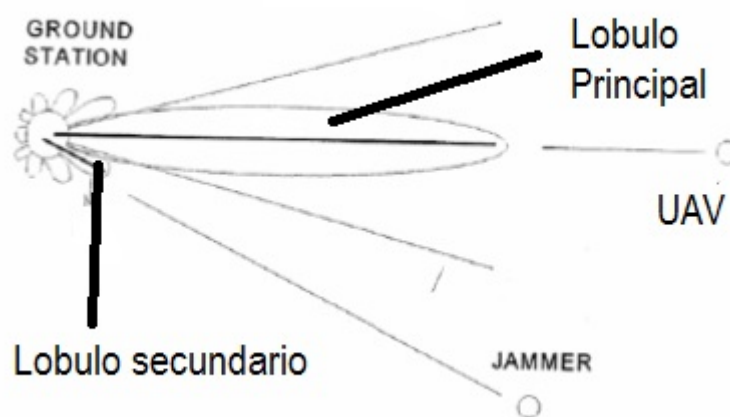


Figura 7.1 Esquema de la radiación de un jammer sobre el lóbulo secundario

- **Espectro ensanchado:** Este proceso trata de repartir los datos en un ancho de banda superior. Para el PASI habría que cambiar al completo el sistema de comunicaciones, haciéndolo demasiado costoso. Esta técnica aumenta en gran medida la cantidad de datos que se envían, por lo que muchas veces cuando trabajamos en banda C como el PASI, se limita la cantidad a poder transmitir, produciendo que si se sobrepasase dicha cantidad, se sature la banda y dejen de recibirse datos, o se reciban a velocidad muy reducida.

Como podemos observar en este apartado, la mayoría de restricciones recaen en la aeronave para aplicar cambios, por eso cuando hablamos de protección frente a amenazas externas en el data link, tendemos a relacionarlo con la GCS y posibles cambios a aplicar.

4.- Resistencia a la decepción electrónica¹

Para el UAV, esta clase de amenaza es de las más peligrosas, pudiendo ocasionar la pérdida del mismo. Un enemigo que aplique técnicas de decepción solo tendría que enviar el comando de apagar motor, o hacer creer al operador que el UAV está ascendiendo para que el mismo descienda. Para mejorar esta debilidad, la opción más fácil es la de introducción de códigos de autenticación. Estos no necesitan de una modificación de equipo, sino solo variar pequeños fragmentos del software.

Integración del sistema encriptador elegido

Antes de integrarlo en el sistema físicamente, es necesario conocer el conjunto de ventajas que nos proporciona, no solo de encriptación sino también de aspectos técnicos y de funcionamiento que vendrán recogidos en la siguiente tabla:

¹ La decepción electrónica es la deliberada radiación, alteración, absorción o reflexión de energía electromagnética con intención de desorientar al enemigo en la interpretación o uso de la información recibida a través de sus sistemas electrónicos.

Aspectos técnicos	<ul style="list-style-type: none"> • Puede soportar los 37 Mb/s de transmisión, más que suficiente calidad de señal sabiendo que la banda C del PASI trabaja con 9 Mb/s y hasta 200 Kb/s para comandos de control. • Compatible con IPv4 y IPv6, que son los protocolos de comunicación que emplea el PASI. • Consume entre 4,2 W y 16,5 W de pico máximo, por lo que es perfectamente suministrable por la fuente de la aeronave.
Aspectos de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Cuenta con un estándar de seguridad para ordenadores de europeos y americanos, que se encuentra dividido en cuatro niveles en función del grado de protección que se necesite en cada momento. • Utiliza gran cantidad de algoritmos, estos son reconocidos por la NSA, cuentan con varios tipos de algoritmos de cifrado en función del tipo de datos a trabajar. • Hardware integrado de aceleración criptográfica, es decir, un dispositivo que genera, almacena y protege claves, y a la vez puede obtener un alto rendimiento.

Tabla 7.1 Principales aspectos de seguridad y técnicos del TELEM06

El sistema está formado por dos partes diferenciadas, el TELEM06V (véase figura 7.2) que iría integrado en la terminal aérea, y el TELEM06GCS (véase figura 7.3) que como ya indica, iría en la estación de control. En las siguientes ilustraciones se muestran físicamente ambos dispositivos que se integraran en la estación terrestre y en el ADT.



Figura 7.2 TELEM06V



Figura 7.3 TELEM06GCS

Integración física

Por restricciones de peso o volumen no habría menor problema ya que pesa 96 gramos e iría dentro de la aeronave, entre el transmisor digital de video y el codificador, que en este caso podría ser incluso el SSM si quisiéramos que mantuviese las propiedades originales de ensanchamiento de frecuencia.

Integración del TELEM06V en el ADT

El proceso se basaría en colocar el cable de video proveniente del sensor óptico del PASI al encriptador de video TELEM06V, y este al módulo compresor de imagen JPEG2000, que envía los datos comprimidos al transmisor transmisor digital. De esta manera ya tendríamos la imagen de bajada encriptada (véase figura 7.4).

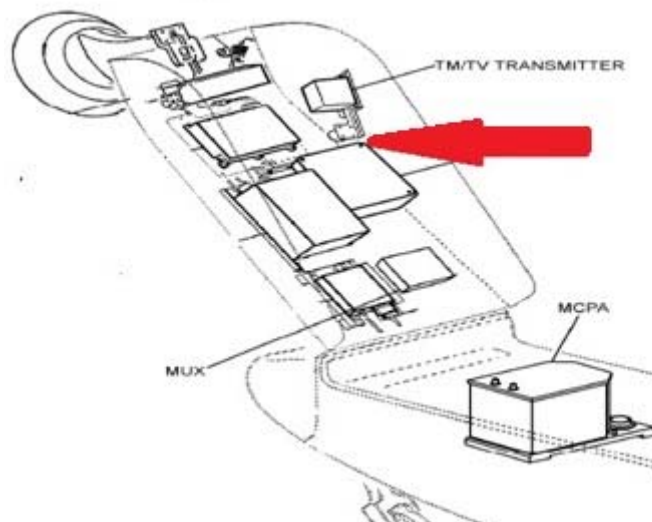


Figura 7.4 Espacio dentro del fuselaje del PASI donde se posicionaría el TELEM06V

Integración del TELEM06GCS en la GCS

Para recibir correctamente la imagen procedente de la aeronave, nuestro sistema tiene que estar posicionado entre el receptor/ transmisor y el módulo de procesamiento de la información de la GCS, para así poder encriptar tanto la información de subida como la de bajada. Debido al pequeño tamaño y peso no será necesario habilitar espacio adicional para su implementación. El problema sería conseguir que el conjunto de datos de salida o entrada, tanto de la carga útil como los comandos de control, pasaran por el encriptador, haciendo un cuello de botella y ralentizando la conexión.