UPCO
C/Alberto Aguilera 23
28015 Madrid

Eurocopter España SA
Cra del Barrio de la Fortuna 10
Cuatro Vientos Madrid

MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO DE FIN DE CARRERA

« Guerra electrónica »

AUTOR : Laura GARCIA-CASTAÑO FDEZ.

DIRECTOR : José Ramón ALONSO HUMADA

INDICE :

PRÓLOGO.....3

PARTE I: MEMORIA.....9

CAPÍTULO I : INTRODUCCIÓN.....10

1. Introducción al proyecto.10 *10*
2. Identificación del tema de estudio: "Guerra electrónica" *12*
3. Helicópteros sobre los que se desarrolla el proyecto *16*
4. Introducción a los misiles *19*
5. Contramedidas *36*
6. Objetivos *52*
7. Metodología *57*
8. Recursos empleados *58*
9. Planificación temporal de actividades. *59*

CAPÍTULO II : RESULTADOS.....60

1. Primera fase: familiarización. *60*
2. Segunda fase: definición de requisitos. *65*
3. Tercera fase: definición de la arquitectura. *91*

CAPÍTULO III : CONCLUSIONES Y FUTUROS DESARROLLOS.....111

BIBLIOGRAFIA 114

PARTE II: ESTUDIO ECONÓMICO..... 116

PARTE III: PRESUPUESTO.....122

PRÓLOGO

En la memoria de este proyecto se recoge el trabajo del proyecto de fin de carrera titulado "Guerra electrónica" realizado en la empresa EUROCOPTER España durante el periodo septiembre 2005 – Junio 2006.

RESUMEN DEL PROYECTO.

Mi proyecto de fin de carrera se desarrolla en el departamento de electrónica de Eurocopter España. El grupo de Eurocopter nació en 1992 de la fusión entre Aerospatiale-Matra (Francia) y del espacio aéreo de DaimlerChrysler (Alemania). El 100% del grupo pertenece ahora a EADS (European Aeronautic Defense y Space Company), uno de los tres grupos aeroespaciales más grandes del mundo.

Guerra electrónica es la denominación general que comprende las acciones adoptadas para buscar, interceptar, identificar y/o ubicar fuentes de energía irradiadas con el fin de obtener un reconocimiento inmediato de una amenaza. Así pues, los sistemas de contramedida suministran una fuente de información requerida para acción inmediata que incluye contramedidas electrónicas, acciones de evasión, localización del blanco y otro empleo táctico de las fuerzas.

En general, los helicópteros deben disponer de un sistema detector de misiles suficientemente eficaz como para tener la posibilidad de utilizar algún tipo de contramedida que desvíe la trayectoria del misil y evite el impacto.
Existen tres tipos de misiles: guiados por radar, por infrarrojos y por láser.

Los más peligrosos son los **guiados por infrarrojos**, ya que son los más. Se lanzan desde tierra y se disparan manualmente alcanzando velocidades supersónicas. Se dirigen fundamentalmente a la tobera de los helicópteros, por donde se expulsan los gases. Para desviarlos se dispensan **bengalas** que crean una fuente de calor que distrae a un misil que se guíe por el calor que desprende una aeronave de cualquier tipo. Otra forma de desviarlos es enviar **un haz de infrarrojos** de mucha potencia que ciega al misil.

Los misiles **guiados por láser** funcionan siguiendo los reflejos de un haz de luz que ha iluminado previamente el helicóptero. Son menos numerosos y más caros. Ante este tipo de misiles se realizan **maniobras evasivas**.

Los misiles **guiados por radar** son poco comunes, se guían por las emisiones del helicóptero. Para desviarlos, el dispensador expulsa **chaff**, una sustancia formada por multitud de fibras de cristal recubiertas de aluminio y silica que se lanzan desde la aeronave y se dispersan, interfiriendo la señal del radar enemigo, de manera que se desvía así el proyectil del objetivo fijado por éste.

Mi proyecto consiste en integrar los siguientes equipos existentes:

- Dispensador de contramedidas M130
- Dispensador de IR. DIRCOM
- Alertador de radar ALR-400
- Detector de misiles MILDS
- Detector de Láser LWS ALTAS 2Q

El radar alertador avisa al piloto cuando recibe la frecuencia de un lanzamisiles que trata, a través de su propio radar, de localizar y fijar la posición de un aparato en el aire. Tiene cuatro antenas y puede darnos la dirección de lanzamiento del misil.

El detector láser detecta por su parte la presencia de un láser con el que el lanzamisiles fija el objetivo antes de disparar el proyectil, también nos proporciona su velocidad y trayectoria.

El MILDS un detector genérico de todo tipo de misil y nos da su posición. Funciona por la detección de emisión UV del misil enemigo.

El dispensador CMDS (Counter Mesure Dispensing System) es el encargado de enviar chaff contra misiles radar y bengalas contra misiles infrarrojos.

El último sistema a integrar será un DIRCOM envía haz de IR de mucha potencia.

El diseño del sistema requiere el desarrollo de un equipo que interconectará los sistemas, distribuirá las señales adecuadamente, comprobará el correcto estado de funcionamiento de los tres sistemas y presentará información al piloto tanto audible como gráfica. Este nuevo equipo dispondrá de un panel que irá montado en cabina desde el cual se controlará todo el sistema y que incluirá la interface de usuario, del alertador radar, láser y del MILDS. Este mismo panel mostrará la información gráfica de todo el sistema.
Mi proyecto comprende las fases de familiarización con los equipos, especificación de requisitos y de definición de arquitectura del sistema. Cada fase tendrá sus correspondientes objetivos.

La fase de especificación de requisitos define cuál es la finalidad del sistema y sus funciones:

- Descripción de requisitos funcionales: qué tiene que hacer exactamente cada parte del sistema.
- Descripción de requisitos de interface, incluyendo interfaces eléctricas, mecánicas, usuario-máquina, etc.
- Descripción de requisitos no funcionales, es decir cualquier otro requisito necesario que no esté incluido en los anteriores: condiciones ambientales, aseguramiento del producto y fiabilidad, diseño, fabricación, verificación, etc

La última fase es la definición de la arquitectura, es decir, la manera en la que deben cumplirse los requisitos definidos en la primera fase. Es una implementación de funciones.

Con este proyecto quedan perfectamente definidos todos los inputs, datos, condiciones, etc. que el equipo de diseño necesitará para construir el prototipo del sistema.

In this project report it is detailed the work of the project titled "Electronic Warfare" carried out in the company EUROCOPTER España during the period September 2005 - June 2006.

"ELECTRONIC WARFARE"

My final study project has been developed in the department of electronics of Eurocopter Spain. The group Eurocopter was born in 1992 from the fusion between Aerospatiale-matra (France) and the airspace of DaimlerChrysler (Germany). The 100% of the group belong now to EADS (European Aeronautic Defense and Space Company), one of the biggest aerospace groups of the world.

Electronic war is the general denomination that includes the adopted actions to look for, to intercept, to identify and/or to locate radiated power source with the purpose of obtaining an immediate recognition of a threat. Therefore, the countermeasure systems provide a source of information required for immediate action that includes electronic countermeasures, actions of evasion, location of the target and another use of forces.

In general, helicopters must have a sufficiently effective missile detector system to have the possibility of using some type of countermeasure that turns aside the trajectory of the missile and avoids the impact.

Three types of missiles exist: radar guided missiles, infrared guided missiles and laser guided ones.

The most dangerous ones are missiles guided by infrared emissions, since they are the most common. They are sent from ground and they are manually shot reaching supersonic speeds. They go fundamentally to the nozzle of the helicopters, where gases are expelled. Flares are dispensed to turn aside them, creating a heat source that distracts a missile that is guided by the heat that comes from an airship .Another form to disorient them is to send an infrared beam of much more power that blinds the missile.

The missiles guided by laser follow the reflections of a light beam that has illuminated the helicopter previously. They are less numerous and more expensive. In front of this type of missiles evasive actions are made.

The radar guided missiles are not very common; they are guided by the emissions of the helicopter. In order to turn aside them, the dispensing system expels chaff, a substance formed by aluminium covered crystal fibber multitude and silicifies. They are sent from the airship and they disperse, interfering with the signal of the enemy radar, so that the projectile is disoriented.

My project consists of integrating the following existing equipments:

- Counter measure dispensing system M130
- Infrared dispensing system DIRCOM
- ALR-400
- Missiles Detector MILDS
- Laser Detector LWS 2Q

The Radar Warning system warns the pilot when it receives the frequency of an enemy missile launcher, through his own radar, to locate and to fix the position of an apparatus to the air. It has four antennas and it can give the launch direction of the missile.
The laser detector detects the presence of a laser with which the missile launcher fixes the objective before shooting the projectile, it also provides its speed and trajectory.
The MILDS a generic detector of all type of missile and gives its position. It works by the detection of UV emission of the enemy missile.
Counter Measure Dispensing System CMDS is in charge of sending chaff against missiles radar and flares against infrared missiles.
The last system to integrate is the DIRCOM that sends IR beam of much power.

The design of the system requires the development of equipment that will interconnect the systems, will distribute the signals suitably, will verify the correct state of operation of the systems and will present information to the pilot in audibly and graphically. This new equipment will have a panel that will go in cabin from which all the system will be controlled and that will include the user interface. This same panel will show the graphical information of all the system.

My project includes the phases of familiarisation with the equipment, specification of requirements and definition of architecture of the system. Each phase will have its corresponding objectives.

The phase of specification of requirements defines the purpose of the system and its functions:

- Description of functional requirements: what each part of the system must exactly do.
- Description of interface requirements, including electrical, mechanical interfaces, user-machine, etc.
- Description of non-functional requirements: any other necessary requirement that it is not included in the previous ones as environmental conditions, securing of the product and reliability, design, manufacture, verification, etc

The last phase is the definition of the architecture, the way in which the requirements defined in first stage must be fulfilled. It is an implementation of functions.

With this project they are perfectly defined all the inputs, data, conditions, etc. that the design equipment will need to construct the prototype of the system.

Parte I:

MEMORIA

Capítulo I : INTRODUCCIÓN

En este capítulo se hace una introducción de este proyecto. En primer lugar haré una breve descripción de la empresa, para poder introducirnos mejor en el tema de estudio, ya que conociendo mejor el sector en el que trabaja la empresa, comprenderemos mejor la motivación y los objetivos del proyecto.

Posteriormente se dará una descripción del tema de estudio, así como la presentación de motivaciones, objetivos, metodología, etc.

1. Introducción al proyecto.

Presentación de Eurocopter España

En mi quinto curso de formación de ingeniería industrial en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería ICAI de la Universidad Pontificia de Comillas (UPCO), estoy realizando el proyecto de fin de carrera llamado "Guerra Electrónica" en la empresa EUROCOPTER ESPAÑA.

EUROCOPTER ESPAÑA, S.A. tercer pilar del grupo Eurocopter, está situada en Cuatro Vientos - Madrid. Sus actividades de ingeniería, fabricación, modernización, clientización, entrega y apoyo logístico, se realizan desde sus tres Unidades de Negocio (industrial, entregas y servicio al cliente y sistemas de defensa), con total responsabilidad en la comercialización, dirección de programas y soporte al producto de los helicópteros en España

El grupo de Eurocopter nació en 1992 de la fusión entre Aerospatiale-Matra-Matra (Francia) y del espacio aéreo de DaimlerChrysler (Alemania).

El 100% del grupo pertenece ahora a EADS (European Aeronautic, Defense y Space Company), cuya composición puede verse en la Ilustración 1 uno de los tres grupos

aeroespaciales más grandes del mundo. Actualmente solamente existen tres entidades: la casa matriz, Eurocopter, el subsidiario alemán, Eurocopter Deutschland y el tercer pilar, Eurocopter España.

Las instalaciones de EUROCOPTER España, muy adecuadamente situadas cerca del aeropuerto de Cuatro Vientos, abarcan 30 000 m2, de los cuales 1/3 son edificios cubiertos con tres hangares distintos, componentes dinámicos, talleres eléctricos y de motores, banco de prueba de caja de engranajes, ensayos no destructivos E.N.D. y un taller de pintura, una amplia línea de vuelo y un parque de aeronaves con acceso directo a la pista principal.

En la actualidad EUROCOPTER España está totalmente dedicada al apoyo de la flota militar y al mercado civil de los helicópteros EUROCOPTER en España, proporcionando además apoyo a las Fuerzas Armadas españolas en las flotas que no pertenecen a EUROCOPTER.

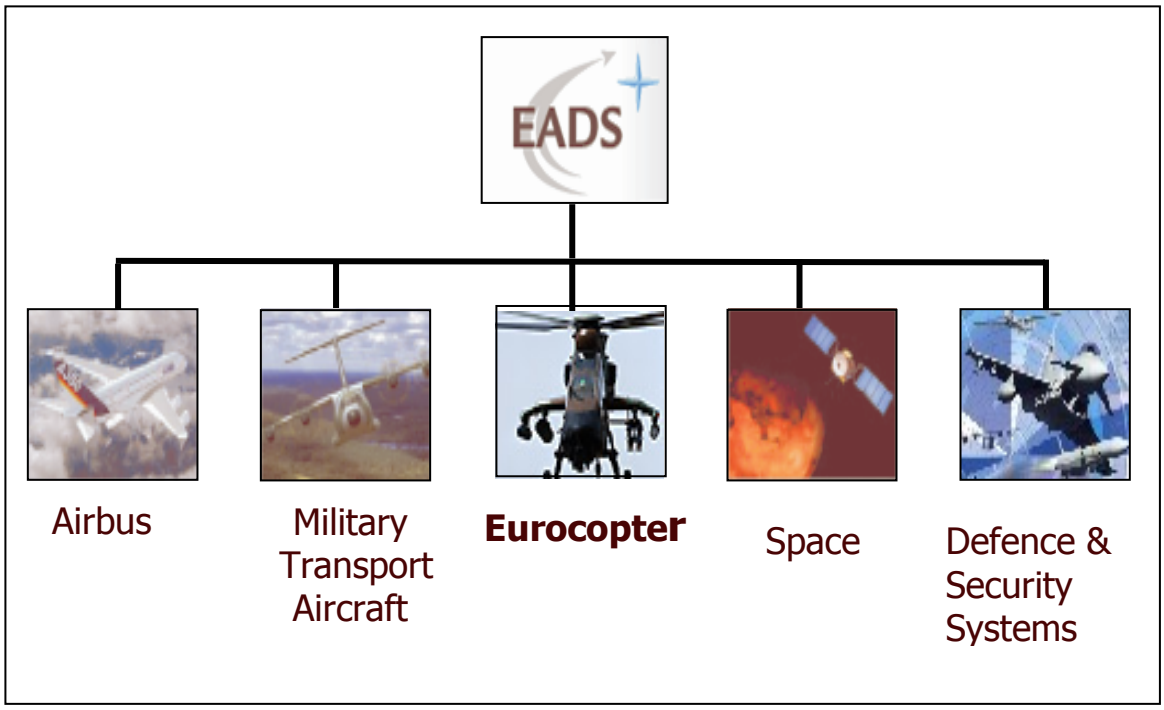


Ilustración 1: EUROCOPTER, una división de EADS.

2. Identificación del tema de estudio: "Guerra electrónica"

La guerra electrónica es la actividad militar que supone la utilización de energía electromagnética con el fin de determinar, explotar, reducir o impedir el uso hostil del espectro electromagnético por parte del adversario y a la vez conservar la utilización de dicho espectro en beneficio propio.

La utilización de equipos electrónicos alcanza a todos los niveles y modalidades de combate. Los equipos de comunicaciones permiten el control en tiempo real de todos los escalones de las fuerzas de combate y facilita al jefe de las mismas los datos necesarios para evaluar la situación.

Las redes de radar (siglas inglesas de Radar "Detección and Ranging", detección y telemetría por radio) facilitan una alerta previa de un ataque aéreo enemigo, y los sistemas electrónicos de dirección de tiro ayudan a la defensa antiaérea.
Estas redes electrónicas pueden guiar a los aviones de interceptación contra la fuerza atacante. Estos mismos aviones cuentan con un sofisticado conjunto de equipos para la detección de blancos, navegación y guiado de las armas hasta el objetivo. Sin embargo, como la totalidad de estos sistemas dependen en gran medida del espectro electromagnético en lo relativo a Inteligencia y operatividad, las fuerzas oponentes pueden utilizar otros dispositivos electromagnéticos para reducir su utilización óptima e incluso servirse de nuestro sistema.

Desde la invención del radar durante la Segunda Guerra Mundial, la Guerra Electrónica (Electronic War EW) no ha cesado de progresar a pasos agigantados hasta constituirse hoy en día en el factor decisivo de la victoria. De la misma forma que sin conquistar la superioridad aérea es impensable obtener la victoria, sin la superioridad electrónica es impensable conseguir ésta.

La capacidad de supervivencia de nuestras fuerzas en un ambiente hostil y la precisión y efectividad de nuestras armas dependen de nuestra capacidad para controlar el espectro electromagnético. Por otra parte la primera acción hostil en un enfrentamiento pasa siempre por la perturbación y el ataque a los sistemas de detección y comunicaciones del adversario.

La guerra electrónica no es un factor independiente pero ha de considerarse un factor importantísimo en la valoración de la supervivencia y la vulnerabilidad.

Dada la complejidad de las operaciones militares, la EW se divide en tres partes elementales (ver Ilustración 2):

Medidas de apoyo de Guerra Electrónica (ESM)

Área de la EW que comprende las acciones adoptadas para buscar, interceptar, identificar y/o ubicar fuentes de energía electromagnética irradiada con el fin de obtener un reconocimiento inmediato de la amenaza. Así pues, las ESM suministran una fuente de información requerida para acción inmediata que incluye contramedidas electrónicas, contramedidas electrónicas, acciones de evasión, localización del blanco y otro empleo táctico de las fuerzas.

Contramedidas electrónicas (ECM)

Área de la EW que comprende las acciones adoptadas para impedir o reducir la utilización enemiga del espectro electromagnético. Las ECM incluyen:

- Perturbación electrónica:

Es la deliberada radiación, reradiación o reflexión de energía electromagnética, con el objeto de reducir la utilización por parte del enemigo de dispositivos, equipos o sistemas electrónicos.

- Decepción electrónica:

La deliberada radiación, reradiación, 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.

Existen dos categorías de decepción electrónica:

- Decepción electrónica manipulativa: la alteración o simulación de radiaciones electromagnéticas amigas, con el fin de lograr la decepción.

- Decepción electromagnética imitativa: introducción de radiaciones en los canales enemigos, con el fin de imitar sus propias emisiones.

Medidas de Protección Electrónicas (EPM)

Área de la EW que comprende la adopción de medidas encaminadas a asegurar el uso propio del espectro electromagnético a pesar del empleo de la Guerra Electrónica por parte del enemigo.

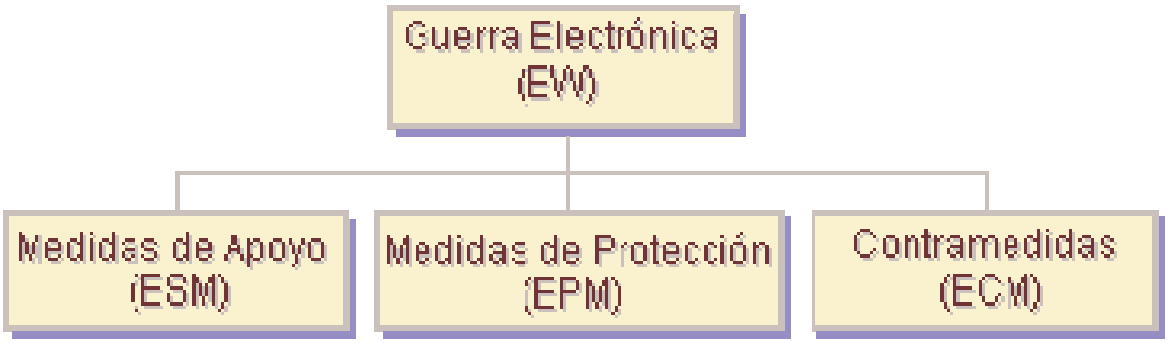


Ilustración 2: Guerra electrónica

Por último, un concepto que cada vez tiene mayor importancia es el control de emisiones (EMCON). Se trata del control selectivo de energía electromagnética o acústica emitida con el fin de minimizar la detección de la misma por los sensores enemigos, o bien para mejorar las prestaciones de los sensores instalados.

Con frecuencia se piensa que EMCON es silencio electrónico total. Bien podría ser así, pero el silencio electrónico es un tipo de EMCON. Tal como se ha definido, el EMCON es selectivo y se manifiesta según diferentes grados.

3. Helicópteros sobre los que se desarrolla el proyecto

En general, los helicópteros deben disponer de un sistema detector de misiles, suficientemente eficaz como para tener la posibilidad de utilizar algún tipo de contramedida que desvíe la trayectoria del misil y evite el impacto.

Mi proyecto va a centrarse en helicópteros Superpuma y Cougar, helicópteros utilizados en misiones transporte y apoyo, no de combate.

El Superpuma es un helicóptero civil de medio-peso (Ilustración 3). Sus características operacionales y su gran cabina, explican su éxito particularmente para el transporte de pasajeros. Las grandes reservas de energía, su nivel de seguridad, y la comodidad hacen del Superpuma un helicóptero perfectamente adecuado para realizar actividades de costa u otras operaciones civiles. Entre sus misiones principales como pueden verse en la Ilustración 4, se encuentran las actividades de transporte VIP, búsqueda y rescate, actividades costeras, servicios públicos, etc.

Ilustración 3: Super Puma AS 332L1

Gracias a su radio de acción de unos 1.200 kilómetros, el SuperPuma ha realizado con éxito misiones de exploración petrolífera en el mar y, equipados de un sistema especial, pueden utilizarse bajo condiciones más extremas para el rescate en aire.

Ilustración 4: Actividades del Superpuma

La versión militar, COGUAR (Ilustración 5) se utiliza para la ayuda logística y el transporte táctico y realiza la gama entera de las misiones navales realizadas por un helicóptero. Tiene un volumen útil muy grande, una cabina espaciosa de hasta 29 tropas en y 2 miembros del equipo. Sus actividades son de vigilancia marítima, alerta anti-submarinos, transporte logístico, etc. El Cougar AS 532 AL tiene un peso de despegue máximo de 9 toneladas y de una velocidad de crucero de 260 km/h.

Ilustración 5: Cougar AS 532SC

Ilustración 6: Actividades del Cougar

4. Introducción a los misiles

Ilustración 7: Lanzamiento de un misil.

A lo largo de la historia, en sus contiendas el hombre siempre ha intentado exponerse lo menos posible a las amenazas de sus adversarios. Empezó usando su propia fuerza para proyectar objetos a una distancia limitada y más adelante le siguieron máquinas simples como la catapulta. Un gran salto cualitativo en este campo fue la aparición del cañón en el siglo XIII en China. Aunque muy toscos e ineficaces, la semilla estaba plantada, y éstos se fueron perfeccionando logrando mayor alcance y precisión. No obstante, se llegó a un límite en su alcance (principal característica) y además, al aumentar éste, también ser perdía en precisión. Esto hizo que los ingenieros y científicos comenzaran a plantearse una nueva opción que hasta entonces había sido relegada a un segundo plano: los cohetes.

Éstos, a diferencia del cañón que otorgaba un intenso y breve empuje inicial, poseían una autopropulsión duradera, de forma que eran constantemente acelerados, y para incrementar el alcance bastaba con aumentar el tamaño del proyectil.

LOS COHETES

Los pioneros en desarrollar este ingenio fueron nuevamente los chinos. Un cohete, en su forma más básica es un tubo con uno de sus orificios tapado y relleno de alguna materia propelente como la pólvora, que al quemarse genere abundantes gases calientes, que por el efecto acción-reacción lo impulsen al salir por el orificio libre. Su primera aplicación bélica conocida fue la que le dieron los chinos al acoplar un pequeño cohete a las flechas, mejorando notablemente la cadencia de tiro de los arcos.

A finales del siglo XVIII les tocó el turno a los indios contra los ingleses. Estos poseían unos pequeños cohetes en grandes cantidades, que usaron a discreción contra los británicos provocando su retirada. Esto demostró que podían ser un arma eficaz y el enemigo vencido tomó buena nota, desarrollando los suyos propios y mejorándolos. William Congreve fue quien lideró la investigación desarrollando el modelo típico de cohete y varilla larga con una pequeña cabeza explosiva en la punta. Este modelo fue destinado a la Royal Navy, que lo utilizó ampliamente en la guerra contra Francia.

Ya a mediados del siglo XIX, cuando el cohete estaba presente en la artillería de muchos ejércitos, otro británico, William Hale, tuvo la idea de aplicar la teoría de giro de las balas a los cohetes, para así evitar que variasen su trayectoria sin recurrir a la ineficaz varilla. Conseguía ese giro imprimiéndole una ligera deflexión a los gases de salida en las tres pequeñas toberas. No obstante, llegados a este punto, los cañones mejoraron notablemente pero el cohete quedó estancado.

Fue a finales de siglo cuando el profesor ruso Konstantin Tsiolkovsky desarrolló multitud de ideas sobre cohetería, concretamente, la más notable fue la aplicación del combustible líquido. Otro hombre que impulsó notablemente esta ciencia a nivel teórico fue Herman Obert. Pero finalmente el impulso práctico, bastante grande por cierto, vino de mano de Robert H. Goddard. Éste enfocó su investigación en torno al motor de combustible líquido. Al primer prototipo que voló durante tres segundos el 16 de marzo de 1.926 le siguieron otros muchos, cada vez más grandes y potentes.
Otra importante innovación que introdujo fue la de equipar a los cohetes con giroscopios.

Durante la Segunda Guerra Mundial se produjo un gran desarrollo en este campo. Los cohetes ofrecían una atractiva alternativa a los cañones al ser estos más baratos en conjunto y más adaptables a las diferentes situaciones de la batalla.
El modelo de motor más extendido fue el de combustible sólido, ya que el líquido quedó relegado a tareas de RATO (Rocket assisted Take Off, Despegue asistido por cohetes). El sistema sólido era mucho más económico, fiable y eficaz para su uso en cohetes de pequeño y mediano tamaño que a su vez fueron los únicos. Se utilizaron para todo.

Alemania, la URSS y EEUU fueron los países que más los usaron (ver Ilustración 8). El denominador común fueron los que equiparon los cazas y otros aviones. Estos los portaban bajo las alas como apoyo al cañón, insuficiente contra objetivos grandes o resistentes. Dada su ligereza y aerodinámica forma no encontraron demasiadas trabas a la hora de ser adaptados en unos discretos raíles. Los más pequeños eran incluso válidos como arma de combate aéreo y para ellos, Alemania fabricó un modelo específico, el R4M (Rakete 4 kg Minenkopf). Se cargaban hasta 24 de ellos bajos las alas en contenedores compactos y se disparaban de una vez. Eran letales contra los bombarderos pesados. No obstante, su uso habitual era el ataque terrestre. Una vez hecho el cohete, se le podían adaptar diferentes cabezas de guerra; Anti-blindaje, de propósito general, incendiaria, etc

Ilustración 8: Caza estadounidense durante la Segunda Guerra Mundial

En el ámbito naval también gozaron de cierta presencia, aunque los grandes cañones que equipaban los buques de guerra les desterraron a tareas muy específicas. Señalar entre ellas las de barrer las playas previamente ante un desembarco, equipando algunas barcazas con lanzadores múltiples. También en éstas se usaron con el fin de lanzar cabos a lo alto de los precipicios y poder escalarlos, penetrando de esa forma por una zona que el enemigo no lo esperase. Finalmente en el campo terrestre, si que gozaron de un gran protagonismo, ya que aquí si que existía ya una tradición. Con los cohetes se conseguía una movilidad y sorpresa superior a la de los cañones, ya que además superaban notablemente la cadencia de tiro de éstos.

Desde entonces hasta ahora, los cohetes han evolucionado muy poco dándoseles el mismo uso que en aquella época. Ataque Aire-Superficie ligero y Superficie-Superficie medio. Esto se debe a que su evolución dio lugar a una nueva variante, el misil.

LOS MISILES

El principal defecto que adolecen los cohetes es su falta de precisión. Una vez disparado y agotado su combustible sigue una trayectoria balística invariable al igual que los proyectiles de cañón. Lo único que puede hacerse es estimar la posición del enemigo y apuntar lo mejor posible. Eso hace que sean necesarias grandes cantidades para causar los efectos deseados. No obstante, dada su limitada velocidad en comparación a los cañones y su versatilidad, permitían la inclusión en el conjunto de algún sistema de guía. Es esta capacidad lo que diferencia al misil de cualquier otra arma, la posibilidad de elegir el objetivo exacto, y ello puede conseguirse de diversos métodos; Programando la zona previamente en el misil, controlándolo desde la plataforma de lanzamiento durante su vuelo o haciendo que este mismo, a través de sensores busque automáticamente a su objetivo y lo siga. Cada método es apropiado para un determinado fin, pero en cualquier caso, usando el adecuado se consigue destruir el objetivo con un solo disparo y con mayor certeza.

Otro denominador común en los misiles es que son autopropulsados por su propia motorización y conviene señalar que si bien, éstos nacieron del cohete y por lo general esta es su propulsión habitual, también existen propulsados por turbina y otros medios.

De nuevo hemos de remontarnos a la Segunda Guerra Mundial para conocer los inicios de los misiles. Estos aparecieron de manos alemanas en su frenética carrera para encontrar un arma que cambiase el sentido de la contienda a mediados de la misma. Dado que el avance aliado se estaba produciendo en todos los medios, a la vez que diseñaron los primeros misiles, estos fueron de varios tipos y mientras que algunos fueron por necesidad, otros lo fueron por simple sed de venganza, como su propio nombre indicaba.

En el campo de los misiles balísticos crearon la Vergeltungswaffe 2 (Arma de venganza 2) comúnmente conocida como V2. Este misil era básicamente un cohete monoetapa de combustible líquido del tipo "programable" ya que su sistema de guía consistía en unos giroscopios en los cuales se programaba la trayectoria a seguir, por lo general la que

acababa en Londres. Esto puede llevar a la confusión ya que un cohete en trayectoria balística pura, con los correspondientes cálculos podría hacer lo mismo, pero realmente jamás gozaría de la precisión otorgada por los giroscopios, ya que corregían las desviaciones en la ruta (por el viento por ejemplo) a medida que el misil se desplazaba, garantizando que caería en la zona fijada.

Por parte de los misiles de crucero, la Luftwaffe creó su propia Vergeltungswaffe, la V1. En este caso se trataba de un concepto mucho más simple. Una bomba con alas impulsada por un motor pulsoreactor. Ésta también usaba giroscopios, pero estaban más limitados y simplemente operaban las superficies de control para mantenerla en su ruta. No podía programársele un objetivo concreto y tenía que ser disparada apuntando ya al mismo. Mediante un rudimentario sistema se calculaba la distancia recorrida y cuando se suponía que ya sobrevolaba el objetivo el combustible se cortaba y la bomba caía. Al igual que los actuales misiles de crucero, dada su limitada velocidad, la V1 era fácilmente interceptable, lo que le hacía ineficaz. No obstante, los misiles actuales suplen esa carencia sirviéndose de la tecnología más puntera para volar a ras de suelo y evitar ser detectados.

Finalmente en el área de misiles convencionales crearon una gran variedad de tipos. Superficie-Aire, Aire-Aire, Aire-Superficie y Superficie-Superficie (Estos últimos al nivel de la V2).

MISILES CONVENCIONALES

En este apartado, entran los misiles propulsados por motor de cohete y que por lo general poseen un rango inferior a los 500 Km. Estos son los más extendidos y de los que existen gran variedad a causa de su precio relativamente bajo y su versatilidad y digo relativamente ya que estas armas son realmente caras y con un desarrollo complicado, pero ya los misiles de crucero y los ICBM [2] están al alcance de muy pocas naciones, especialmente los últimos.

Clasificación básica

Para una mejor comprensión, dada la multitud de aspectos que caracterizan a estos misiles, los agruparé en diferentes clasificaciones, y en este caso, comenzaremos según su tipología básica, es decir, según su funcionamiento.

- Programables:

Son los más simples. Antes de ser disparados se les programa una ruta y el punto de impacto al cual se dirigen tras ser lanzados. Su principal inconveniente es que una vez disparados, su rumbo será fijo e invariable.

- Pasivos:

Solo poseen un detector que se limita a buscar un determinado tipo de radiación del espectro electromagnético que el objetivo emita. Con él busca las emisiones de gases calientes de los motores de los aviones dirigiéndolo hacia las mismas. Solo hay que indicarle hacia donde buscar y una vez disparado el piloto puede olvidarse de él ya que el misil lo hará todo. Otras posibilidades de detección serían el radar y la luz. Estos

[2] Un misil balístico intercontinental (MBI), *ICBM* por sus siglas en inglés, es un misil de largo alcance que usa una trayectoria balística que implica un importante ascenso y descenso, incluyendo trayectorias suborbitales y parcialmente orbitales.

misiles pertenecen al conjunto "Fire & Forget" (Dispara y olvida). (
Ilustración 9)

Ilustración 9: Funcionamiento de un misil pasivo

- Semi-activos:

Al igual que los anteriores sólo poseen un detector, pero éste busca en una zona del espectro en la que los objetivos no suelen emitir, a saber: Radar y láser. Es por esto que necesitan alguna fuente emisora de esa radiación que "ilumine" (éste es el término técnico y correcto aunque no se refiera a luz visible) al objetivo, para que al reflejarse sobre el mismo, el detector pueda captarla y guiarse hasta él. Por lo general la fuente emisora suele ser la propia plataforma de lanzamiento, pero también suelen darse casos de ser ajenas, como cuando un comando infiltrado ilumina con un láser un puente para guiar al misil hasta él con mayor precisión que el avión. En el caso de los semi-activos el principal inconveniente que presentan es que el objetivo ha de estar constantemente iluminado, ya que de no ser así, el misil se perderá. Ilustración 10

Ilustración 10: Funcionamiento del misil semi-activo

- Activos:

En este caso los misiles también poseen un sensor que no busca la radiación que los objetivos suelen emitir, pero llevan incorporado en el conjunto una fuente emisora para iluminarlos. De esta forma, a pesar de utilizar el mismo sistema que los semi-activos, la plataforma de lanzamiento puede olvidarse de ellos, por lo que éstos también pertenecen a la categoría Fire & Forget. En este grupo, la radiación utilizada está limitada al radar. Ilustración 11

Ilustración 11: Funcionamiento del misil activo

- Teledirigidos:

En esta última variante, la plataforma de lanzamiento controla mediante un radar, u otro sistema, la posición constante del objetivo y con algún sistema de telemando (Radio, cables, etc…) va guiando el misil hasta el mismo. En esta variante el misil carece de sensor. En caso de transmitir las órdenes mediante radio, el misil se conoce con el nombre de radiocomandado, y si lo hace con cables, el sistema se conoce como filoguiado. Si la plataforma corta el seguimiento del objetivo, el misil errará. Ilustración 12

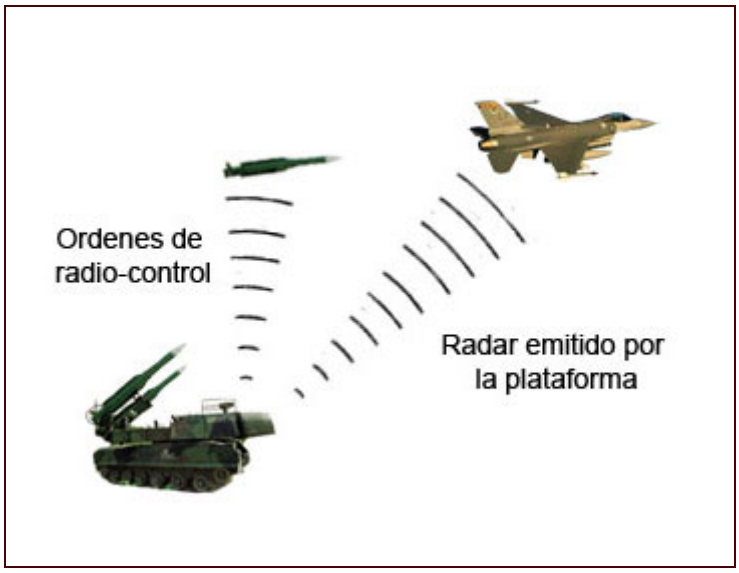


Ilustración 12: Funcionamiento del misil teledirigido

A pesar de todo, hoy día muchos misiles incorporan la combinación de varios de estos métodos con el fin de aumentar las posibilidades de éxito. Por ejemplo un misil activo puede configurarse como pasivo para que se limite a buscar emisiones de radar en caso de que el blanco esté emitiendo.

Sistemas de control

El misil puede ser dividido en 4 sistemas principales como puede verse en la Ilustración 13: Esquema general de un misil:

- Motor
- Cabeza de guerra
- Sistema de guía
- Sistema de control.

Es en este último en el que nos centraremos ahora. El sistema de guía es quien dicta hacia dónde debe dirigirse el misil, pero es el de control el que interpreta y ejecuta esas órdenes. Hemos de tener en cuenta que al igual que en el caso de los aviones, es la sustentación lo que mantiene al misil en el aire, y por ello en su desplazamiento a través del mismo rigen las mismas normas y se aplican los mismos principios.

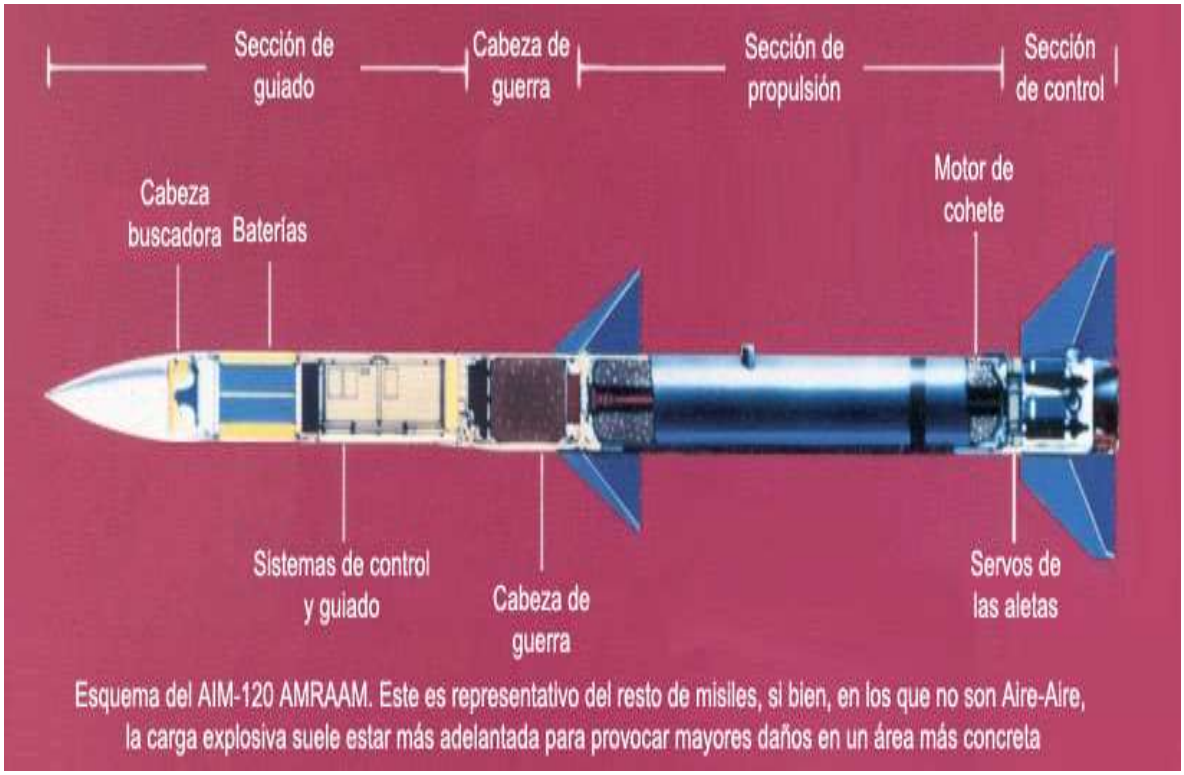


Ilustración 13: Esquema general de un misil

Recordemos que la principal virtud del misil es que puede variar su rumbo al margen de las trayectorias balísticas, y para ello se sirve de unas superficies de control como los aviones. Estas superficies son las aletas que podemos apreciar en su fuselaje y que son accionadas mediante servomecanismos conectados al sistema de control. Es éste el que decide qué inclinación darles con el fin de lograr el rumbo deseado.
Estos planos reciben diferente nombre según su ubicación en el cuerpo del misil:

- Aletas de cola (Ilustración 14): En este caso las superficies de control se colocan en la zona trasera. Esta es la opción más habitual ya que ofrece una gran maniobrabilidad cuando opera con fuertes ángulos de ataque. En cualquier caso, fijas o móviles, las aletas de cola se incluyen en todos los misiles.

Ilustración 14: El misil Patriot, que solo posee aletas de cola

- Alas (Ilustración 15) : aquí las superficies de control se encuentran en la zona media, y con ello se logra unos tiempos de respuesta bastante rápidos y una mayor estabilidad del misil, facilitando la tarea de la cabeza buscadora. No obstante, el efecto que producen es menor al de las aletas de cola y para lograr los mismos resultados han de ser considerablemente más grandes.

Ilustración 15: misil de control mediante alas con aletas traseras fijas

- Planos canard (Ilustración 16): Estos ocupan la posición delantera, cerca de la cabeza buscadora. Los planos canard, gracias a su ubicación permiten al misil omitir las alas ya que ofrecen la elevación necesaria sin tener que recurrir a la sustentación adicional de éstas. Su principal ventaja radica en lograr una buena respuesta en ángulos de ataque poco pronunciados, no obstante, el estar adelantados al centro de gravedad provoca una falta de estabilidad que requiere de grandes aletas de cola fijas para poder equilibrar.

Ilustración 16: El complejo Split canard del Archer que además incorpora unos pequeños deflectores adicionales delanteros

Otra posibilidad de control del misil muy efectiva y poco común es la de flujo vectorial. En ella el control de la dirección se produce gracias a la emisión de los gases en un determinado ángulo. Esto se puede conseguir de diferentes métodos:

- Inyectando gases calientes o combustible desde una determinada zona dentro de la tobera,
- colocando unas superficies deflectoras en la salida que desvíen el flujo o
- mecanizando al tobera y haciéndola completamente vectorial.

Esto dota a los misiles de una enorme capacidad de maniobra. No obstante nunca se delega totalmente el control del mismo en este sistema, ya que los misiles no mantienen el motor encendido en todo momento.

Tras unos segundos en los que son acelerados a su máxima velocidad, el misil continúa gracias a su energía mecánica (principalmente cinética) con el motor apagado por haber consumido todo su combustible, y sin los gases de éste, el sistema es ya inútil. En cualquier caso, lo más habitual es encontrar una combinación de varios tipos. Ilustración 17

Ilustración 17: Tobera y deflectores de flujo

Sistemas de guía

Como ya dijimos, la diferencia entre el misil y su antecesor el cohete la marca el hecho de que los primeros son guiados. Tras quedar patente la versatilidad y eficacia de los misiles, los ejércitos se dedicaron a diseñar multitud de sistemas de guiado con el fin de mejorarlas.

Por su sencillez, el primer sistema fue el de filoguiado, pero en paralelo también se desarrolló el radiocomandado, de lo que se deduce que los primeros misiles fueron todos teledirigidos. No obstante, los alemanes también realizaron algunas tentativas con sistemas más avanzados pero sin demasiado éxito. Ya con la aparición del transistor a finales de 1.947 se avanzó mucho en este aspecto gracias a la revolución que supuso este componente en el campo de la electrónica sustituyendo a las poco funcionales válvulas de vacío y permitiendo sistemas más complejos. Esto posibilitó el uso de sensores (Ilustración 18) más o menos simples que dieron lugar a los primeros misiles pasivos y semiactivos, pero también dio pie a desarrollar y perfeccionar los misiles teledirigidos y programables que hoy día se siguen usando en buena medida. Por ser estos últimos los más sencillos, comenzaremos esta clasificación con ellos.

Ilustración 18: El sensor del sistema de guía suele alojarse en la punta de los misiles

- Programables

El principal sistema de guía en los misiles programables es la inercial. En ella, al misil se le programa previamente una ruta con el fin de que la siga en su viaje. Esto se consigue mediante giroscopios, los cuales sirven para detectar con suma precisión cambios de posición y rumbo. De esta forma, basándose en la información de los giroscopios y la que le fue programada, el misil conoce en todo momento su posición y a donde debe dirigirse. Este sistema es útil para objetivos estáticos y cuya ubicación se conozca con exactitud. Por ello suele usarse contra grandes superficies donde la precisión no es necesaria. Otra posibilidad muy usual hoy día es la combinación de este método con otro sistema de guía cuando la distancia al objetivo impide el correcto funcionamiento del sistema normal. Al misil se le programa la posible ubicación del objetivo, y una vez cerca de él, el control del arma pasa al otro sistema de guía que le otorgará una mayor precisión.

- Teledirigidos

Una de las formas de guiar un misil es manualmente y obviamente ha de hacerse a distancia. El método más sencillo es el filoguiado ya que requiere pocos circuitos y es barato. Mediante un panel de mandos sencillo en el que existe un dispositivo de control de 2 ejes, generalmente una palanca, se controla el lanzamiento del misil y su dirección. Éste está conectado mediante hilos conductores a la plataforma de lanzamiento y a los controles y a su vez, los hilos están enrollados en unos contenedores que facilitan su rápida liberación. Estos contenedores, que por lo general estarán alojados en el misil contendrán hilo suficiente como para cubrir el alcance máximo del mismo. Una vez que el misil abandona la plataforma el operador lo controla para que se dirija al blanco, y al poder realizar correcciones a lo largo de todo el recorrido, da igual que el objetivo se encuentre en movimiento.

Con el fin de facilitar su guía, al no ser fácilmente visible un misil a distancias de un kilómetro o más, suele incorporársele en la zona trasera una bengala que identifique de forma clara su posición constante. (Ilustración 19)

En cualquier caso, como ya dijimos este sistema tiene un porcentaje de aciertos bajo aún con artilleros muy entrenados lo que llevó a diseñar un nuevo sistema.

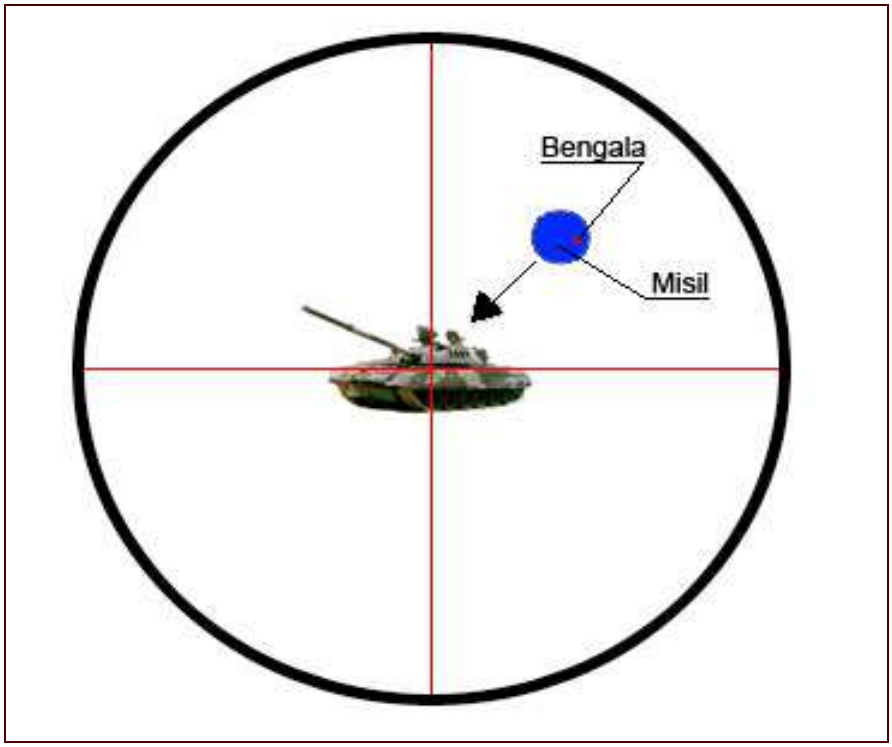


Ilustración 19: En este caso, la mira apunta al carro y el misil va ligeramente desviado. Los sensores lo detectan y ordenan la corrección del rumbo para poder hacer blanco

Hay ocasiones en las que no se puede recurrir al filoguiado por lo que el cableado se sustituye por ondas de radio. Basta con colocar en la plataforma un emisor y en el misil un receptor. Esto da lugar a los misiles radiocomandados o radiodirigidos. Por otra parte, además de estas opciones para los misiles teledirigidos, existen otras en la que se automatiza totalmente el control del misil. En este caso, el principal sensor que eran los ojos del operador ha sido sustituido por otro sistema electrónico. El más habitual es el radar por su eficacia y precisión. En esta variante un radar detecta y mide en tiempo real los parámetros del objetivo como son su velocidad posición y dirección. Dichos datos son transmitidos al procesador central de la plataforma de lanzamiento que a su vez envía a través de radio (En estos casos usar cables no interesa dadas las misiones a las que va encomendado este sistema) las ordenes para ajustar el rumbo del misil hacia el objetivo. Este conjunto radar-radiocomando suele dar buenos resultados y ostenta una gran precisión.

5. Contramedidas

Llegados a este punto convendría señalar que junto a la línea de investigación de los misiles, existe otra paralela dedicada a restarles efectividad a éstos. Los medios con los que se intenta neutralizar a un misil se conocen como **contramedidas**, y su variedad es tan amplia como la de los misiles. Las hay de todo tipo, desde las más agresivas que consisten en la literal destrucción del misil a las más discretas, que simplemente intentan evitar que se dirijan al blanco. Las primeras son comunes para todo tipo de misil, y a la hora de destruirlos, poco importa cual sea su guía. En cambio, las que solo buscan evadirlos, intentan engañar o entorpecer a su sistema de guiado con el fin de hacerles errar.

En el caso concreto de los misiles teledirigidos, como ya dijimos, destruirlos sería una opción, pero este sistema es bastante más complejo .En estos misiles es importante recordar que todo el sistema de guiado se encuentra en la plataforma de lanzamiento así que otra opción viable sería destruir la misma. Un ejemplo lo tenemos en los carristas, que al detectar una estela de humo que presumiblemente sea de un misil y que por su trayectoria les amenace, no dudarán en disparar con sus cañones al origen de ésta con la esperanza de destruir la plataforma. Esta táctica no deja de ser una contramedida. Ya entre otras posibles y menos radicales se encuentra el crear una cortina de humo que oculte al objetivo o en el caso de que la plataforma opere con radar confundir e interferir a éste, como veremos en los misiles semi-activos.

- Pasivos

En estos misiles se prescinde de cualquier actuación externa y humana siendo totalmente automáticos. Aquí el misil se limita a recibir algún tipo de radiación que el objetivo emita para poder guiarse hasta el mismo. Para ello dispone de diferentes tipos de detectores sensibles a una determinada longitud de onda del espectro electromagnético. El tipo de radiación más común es la **infrarroja**, y es que la emiten todos los cuerpos cuya temperatura sea superior a los -273 ºC. Cuanto mayor sea la temperatura, mayor será la firma IR del cuerpo (Se usa el término "firma" para definir la emisión o capacidad de reflexión de un cuerpo a una determinada longitud de onda). Por lo general

la mayoría de objetivos militares (Vehículos terrestres, aviones, helicópteros y barcos) son metálicos y poseen un motor térmico. Estas dos características les dota de mayor emisión IR que el entorno que les rodea haciendo que resalten en los sensores. (ver Ilustración 20) En el misil, la radiación entra a través de unas lentes especialmente acondicionadas para trabajar en esa longitud de onda y que la focalizarán optimizando el rendimiento del sensor.

Existen tres tipos de buscadores IR cuyo funcionamiento es aplicable a los que funcionan con longitud de onda ultravioleta y que en este caso, en vez de buscar esa longitud de onda, buscan la ausencia de la misma, es decir, la sombra que en ella provoca el objeto. El primer tipo es el más básico y se conoce como Spin-scan (Escaneo por giro). En esta variante, la radiación ya focalizada va a parar a un disco perforado que gira a una determinada velocidad. El misil, conociendo la forma en la que la radiación llega al disco, la posición de las perforaciones, y cuando incide ésta en el sensor, estimará la ubicación del objetivo, enviando las pertinentes ordenes al sistema de control.

Ilustración 20: Imagen tomada con una cámara infraroja. Nótese como resalta el motor

Un derivado de este sistema sustituye el disco por un sistema de espejos y es conocido como Conical-scan (Escaneo cónico, ver Ilustración 21). Una vez focalizada la radiación, es enviada a un espejo oblicuo giratorio. En una sola vuelta, a medida que gira, el espejo irá enfocándola dentro de la carcasa del misil, hasta que en cierto punto de la vuelta, ésta incida en el sensor. En ese momento se produce un pulso enviado al sistema de control. El espejo continuará girando y la radiación volverá a enfocarse en cualquier otro lugar hasta que de nuevo vuelva a incidir en el sensor. En esta ocasión la posición del espejo cuando se produce el impulso habrá variado con respecto a la anterior en caso de que el objetivo se mueva. Ese cambio es procesado por el sistema de control y basándose en el cambio de posición, podrá estimar en tiempo real tanto la posición del objetivo como su rumbo más inmediato. Obviamente, el espejo gira a bastante velocidad con el fin de precisar todo lo posible la posición.

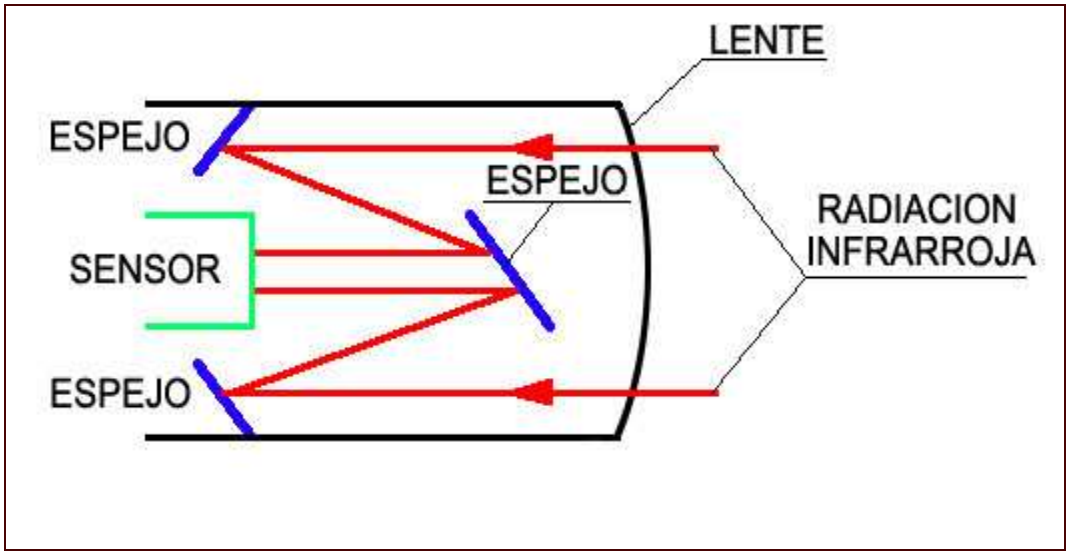


Ilustración 21: Funcionamiento del sistema Conical Scan. La radiación tras ser focalizada por la lente es reflejada por unos espejos al espejo giratorio que en una determinada posición la hará incidir en el sensor

El último sistema es el más avanzado y eficaz. En el Image Seeker (Buscador por imagen), también conocido como I2R, el sensor es el que hace todo el trabajo. Este consiste en varios sensores pequeños. Tras ser focalizada, la radiación incide en diferentes puntos de la superficie de la placa de sensores, activando sobre los que incida (Pulso) y quedando inertes los que no reciban energía alguna. De esta manera, se forma un mapa de puntos, y a medida que el objetivo se mueva, éstos también lo harán. En base a como se muevan (Unos envíen pulsos y otros dejen de enviarlos) el sistema de control podrá estimar posición y dirección del objetivo. Otra ventaja de este sistema es que con un software avanzado, se pueden detectar otros parámetros como la forma del objetivo y con ello identificar sus puntos flacos previamente programados. Finalmente, señalar que en los misiles de última generación, al ser muy simple el Image Seeker mecánicamente hablando, se opta por hacerlo móvil con el fin de aumentar el ángulo de detección del misil y así evitar que todo el conjunto tenga que moverse para poder detectar las emisiones.

Vistos los buscadores IR, el resto de guías de misiles pasivos se explica más fácilmente.

En los misiles denominados Anti-radiación, el buscador lo conforman unas antenas sensibles a una determinada longitud de onda dentro del espectro del radar. El misil es lanzado contra una fuente de radar, y el sistema de control, basándose en cual de las antenas recibe energía de forma más intensa (Son varias, y cada una solo recibirá en un determinado ángulo), estimará la posición. Cuando todas las antenas reciban ondas de radar con igual intensidad, significará que el misil va directo hacia su objetivo.

La última posibilidad de guía en misiles pasivos es la de televisión. En este caso, esta es idéntica al buscador IR "Image Seeker", solo que en este caso, los sensores serán sensibles a la luz visible. Básicamente es una cámara de TV.

En el campo de las contramedidas aplicables a este tipo de misiles encontramos gran variedad. Conviene distinguir entre contramedidas activas y pasivas. Las primeras actúan directamente contra el misil, mientras que las segundas intentan desviarlo por otros medios.

En el caso de misiles con guías IR o TV, sus detectores suelen ser muy sensibles con el fin de captar el máximo de radiación, por lo cual una "sobredosis" de ésta podría neutralizarlos. Para este fin sin duda lo idóneo es el láser, ya que es sumamente preciso y eficaz contra este tipo de sensores. Un pulso de láser que incida directamente contra la cabeza buscadora la cegará permanentemente o al menos el tiempo suficiente para que el misil pierda irremediablemente su objetivo. Otras posibilidades que ya entrarían en el campo de las pasivas es la de ofrecer falsos blancos que emitan en la longitud de onda que el misil busca. El ejemplo más habitual que podemos ver en la Ilustración 22 son las bengalas (flare). Éstas están especialmente diseñadas para emitir una fuerte radiación IR. Son lanzadas a una distancia prudencial del objetivo de forma que al misil se le presentaran de golpe un gran número de nuevos blancos posibles. Si casualmente una de ellas logra engañarlo éste la perseguirá olvidando al blanco. Obviamente el blanco realizará maniobras evasivas a medida que las suelta con el fin de facilitar esta posibilidad.

Ilustración 22: F-15 lanzando bengalas

Una variante de las bengalas y que suele usarse en blancos pequeños y poco ágiles como los carros de combate, frente a misiles IR es la de crear una nube a su alrededor de aerosol caliente que difumine la firma infrarroja del mismo.

Por su parte, los misiles también incorporan contra-contramedidas con el fin de hacerlos inmunes a éstas. Frente a las pasivas, suelen usarse discriminadores con el fin de diferenciar entre objetivo real y contramedidas. Por ejemplo, algunos incorporan detectores capaces de identificar los compuestos químicos de las bengalas, otros detectan su aceleración ya que una vez lanzadas, las bengalas reducen su velocidad al carecer de propulsión propia. Por su parte, los objetivos de los misiles anti-radiación, la defensa más eficaz que pueden poner en práctica es apagar su radar y si son móviles, alterar a su vez la posición. Con respecto a la defensa ante misiles de guía TV, lo mejor es crear una cortina de humo.

Comentado esto me gustaría puntualizar un hecho en el que mucha gente suele estar mal informada. Una vez que un misil pierde a su blanco, ya sea por acción de las contramedidas o cualquier otra cosa, éste ya no vuelve a engancharlo a no ser que el blanco vuelva a pasar por su campo de detección, cosa que por supuesto este último evitará. Es decir, el misil siempre se aproxima a su blanco a una velocidad muy superior, a no ser que ya esté próximo al máximo de su rango. Si éste se desvía o le pasa de largo, no da media vuelta para buscarle. Simplemente intentará buscar uno nuevo en su trayectoria. Esta característica sí la poseen los torpedos, que tras ejecutar la ruta programada, si no encuentran nada o si su blanco les evade, estarán dando vueltas sobre la zona hasta agotar su energía. No obstante, sí existe un misil capaz de girar en busca de su blanco si ha herrado la primera pasada, pero no deja de ser la única excepción. Es el israelí Pitón 4 que en caso de fallar y conservar suficiente energía, intentará un segundo acercamiento.

- Semi-activos

El uso de misiles semi-activos ofrecía una alternativa para seguir al objetivo usando otro tipo de radiación que no emitiese. Aunque el método pasivo puede parecer el idóneo presenta algunas carencias. Las longitudes de onda en las que emiten los blancos (Luz visible e infrarrojo) no son muy energéticas lo que provoca que éstas viajen poco recorrido con suficiente intensidad como para ser detectadas y además, los ingenieros suelen incluir en sus diseños supresores IR con el fin de reducir al mínimo la firma infrarroja. En cambio, las plataformas lanzadoras podían equipar grandes y potentes equipos de radar con los que iluminar al objetivo y que éste reflejase esas ondas llegando de nuevo al misil con suficiente intensidad. No obstante una cabeza buscadora de radar pasivo es más cara que una IR, por eso, el sistema de guía radar/semiactivo ha sido relegado a misiles de mayor rango, ya que aún siendo un coste mayor, siempre prevalecerá el hecho de poder atacar a alguien a la máxima distancia posible, básicamente para poder hacerlo antes de que tu oponente lo haga contigo.

Las antenas de radar también son más complejas que los sensores IR y que la de los anti-radiación normales teniendo que entrar en fundamentos de electrónica para su explicación por lo que la omitiré. No obstante si que trataremos fugazmente la teoría del radar para entender como funciona el conjunto y las contramedidas posibles.
La gran mayoría de radares, principalmente los antiaéreos, se basan en el efecto Doppler. Esto es que detectan al blanco en base a que se mueva con respecto al radar. Un ejemplo de este efecto es cuando estando en la acera, pasa junto a nosotros una ambulancia a velocidad considerable. La frecuencia en la que oímos su sirena es más aguda cuando se acerca y más grave cuando se aleja. Esto es por la compresión de sus ondas. Lo mismo pasa con el radar y es ese cambio lo que hace posible la detección del objetivo. Esto suele usarse en radares aéreos, pero en radares destinados a la detección de objetivos que puedan ser estáticos se utiliza otro método. Teniendo en cuenta que el sistema de guía radar semi-activa suele usarse en misiles Aire-Aire, nos ceñiremos a los radares de efecto Doppler también conocidos como de pulso (Los otros son de onda continua).

Por parte de contramedidas activas, tenemos las ECM (Electronic Counter Measures, contramedidas electrónicas). Están formadas por antenas que emiten en las mismas longitudes de onda que el radar de la plataforma del misil pero con pequeñas variaciones. Por ejemplo, emitirán más intensamente con el fin de que el misil se guíe por ellas, pero variando la frecuencia de los pulsos, así el misil pensará que está más lejos o más cerca calculando mal la posición del objetivo y errando. Otra opción es la de saturación que consiste en emitir a máxima potencia inutilizando el receptor y cegándolo. Al igual que los IR, los misiles más modernos incorporan resistencia frente a las ECM.

Respecto a las contramedidas pasivas, tenemos el **chaff** y las cintas metálicas. El primero consiste en unas minúsculas fibras de plástico recubiertas de aluminio, material reflectante al radar. Estas se compactan en unos pequeños paquetes que son lanzados por el avión y que se expanden formando una gran nube. Desde el punto de vista del misil, éste detecta la aparición de nuevos objetivos, ya que a pesar de ser un conjunto de fibras, su separación es inferior a la amplitud del radar y lo detecta como un objeto sólido. Las cintas metálicas funcionan igual salvo que en este caso son unas largas cintas de aluminio. Recientemente se ha desarrollado un nuevo sistema consistente en un pod remolcado (Ilustración 23) por cable que emite las ECM atrayendo toda la atención del misil a él, librando al objetivo de todo peligro.

Ilustración 23: Pod ECM remolcado

Otra opción de misiles semiactivos son los guiados por láser. La plataforma equipa un láser que enfoca sobre el objetivo, mientras que el misil incorpora una cabeza buscadora sensible al mismo. Es muy utilizado en armas anti-carro y en general para ataques que requieran mucha precisión. La contramedida más efectiva contra este tipo de arma es la de ocultarse tras el humo y hacer maniobras evasivas.

- Activos

Finalmente en el campo de los activos solo tenemos un tipo de guía que es el radar. Aquí el misil dispone tanto del emisor como del receptor. Este conjunto, a pesar de constituir un radar muy simple, es suficiente para iluminar y así poder seguir su objetivo, e incluso buscarlos por si mismo. Sin embargo no hay que olvidar que este radar va a ser de un solo uso y por lo tanto se procura hacerlo lo más económico posible. Esto implica que su alcance sea reducido, por lo que en misiles convencionales (Generalmente Aire-Aire), la mayoría del trayecto se haga mediante guía inercial o en modo semi-activo, para una vez llegado a una distancia cercana al objetivo, ya se active su radar. Este tipo de guía fue creada porque aún siendo un sistema notablemente más caro que cualquier otro, permite a la plataforma de lanzamiento buscar nuevos objetivos en lugar de mantener iluminado al actual. Otra ventaja es la de permitir alcances muy superiores; Por ejemplo a la hora de lanzar un misil a ciegas sin conocer la posición del objetivo al encontrarse éste tras el horizonte. Se le programa en el sistema inercial la ruta hacia la ubicación aproximada y una vez allí enciende su sistema que ya engancha al objetivo. Esta táctica suele usarse en guerra naval, al darse en grandes rangos y estar los objetivos a ras de suelo. En cuanto a las contramedidas para enfrentarse a este tipo de misiles, comentar que son las mimas que para los misiles semi-activos guiados por radar.

Otros sistemas de guía

Por su singularidad veremos aparte el sistema de "beam rider" que viene a significar guiado a través de rayo. Este es uno de los sistemas más primigenios pero a la vez complicados, comparado por ejemplo con el sistema pasivo. En este caso, la plataforma equipaba un radar de seguimiento para obtener parámetros precisos sobre el objetivo y su trayectoria. Estos datos son procesados y enviados a una estación que enviaba un rayo en una longitud de onda determinada (radar, radio) con la trayectoria que debía seguir el misil. Por su parte, este último incorporaba unos sensores que detectaban el rayo. Una vez lanzado, se metía en la trayectoria del rayo que tenía diferentes secciones longitudinales que el misil podía interpretar para saber si se estaba desviando y por que lado.

Lo habitual es que haya varios sistemas de guía combinados en un misil. En los de corto alcance, lo normal es uno, pero ya en medio y sobre todo en largo, se usan diferentes sistemas para cada etapa del viaje. En misiles de rango medio y largo, por lo general se monta un sistema principal que será el que defina el tipo de misil y que actuará en su etapa final. En caso de ser un misil semi-activo, estos sistemas adicionales se omiten, pero en pasivos y activos suele incluirse el binomio inercial + radiocomandado. Estos lo guiaran hasta que se encuentre lo suficientemente cerca como para enganchar al blanco con sus propios sensores. Se implantan estos dos ya que el inercial, a pesar de ser menos efectivo permite a la plataforma olvidarse del misil. En caso de no existir problema para efectuar un seguimiento con el radar durante la primera etapa, se usará el sistema radiocomandado, mucho más eficiente.

- Misiles Aire-Aire

Los misiles Aire-Aire son lanzados desde un avión o helicóptero, por lo general un caza y su objetivo es atacar a otra aeronave. El arma que se perfilaba como idónea era una que pudiese infligir daños a los aviones enemigos desde una distancia segura y que pudiese apuntarse sin demasiadas complicaciones. Un cohete guiado o lo que es lo mismo, un misil, y como complemento para afinar su efectividad se le incluyó un

detonador acústico que se basaba en el efecto Doppler para estimar el momento de máxima proximidad al avión.

En cuanto a los misiles de rango medio, a éstos se les confió una guía semi-activa mediante radar ya que a esos rangos este tipo de guía se mostraba más eficaz. La IR era incapaz de detectar un objetivo a tal distancia (20-40 kilómetros) y por su parte, al radar le era indiferente desde que ángulo se aproximaba al objetivo.

En los IR se recurría a un sencillo telémetro láser mientras que en los de guiado por radar, éste hacía también las veces de telémetro.

Otro aspecto que se mejoró fue el de que los misiles pasaron de tener un perfil de vuelo de persecución a uno de interceptación. Esto significa que el misil acorta camino anticipándose a la ruta del objetivo en lugar de limitarse a seguirle, lográndose con ello mayores alcances. Para entenderlo mejor situémonos en el sistema de guía de un misil IR por ejemplo; Una vez que el blanco se percata que le han disparado iniciará evasivas girando muy cerrado. En ese caso el sistema del sensor detectara que la trayectoria del avión con respecto al misil ha variado 2º hacia la derecha. Para anticiparse a ella entonces el misil virará 6º a la derecha. De esta forma se fijará un punto en el que ambas trayectoria se cruzarán.

Continuando con las mejoras, hay que señalar que como ya dijimos, los misiles solo podían ser guiados por el calor de los motores. Si se disparaban contra el hemisferio delantero del avión, el fuselaje de éste tapaba los motores y el misil era incapaz de detectar nada. A esto se le llamaba misiles de aspecto trasero. Sin embargo, también comentamos que todo objeto por encima del 0 absoluto en la escala Kelvin emite radiación IR, y mayor será ésta cuanto más caliente esté el objeto. En el caso de los aviones, dadas sus altas velocidades, la fricción crea calor en determinados puntos que puede ser detectado por las cabezas IR más sensibles, como podemos observar en la Ilustración 24. Con ellas llegaron los nuevos misiles "todo aspecto" que podían ser disparados desde cualquier ángulo.

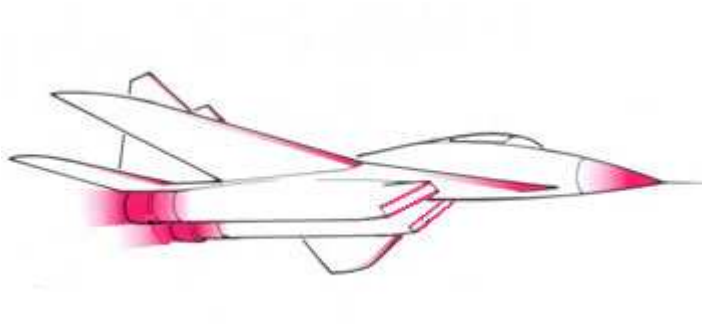


Ilustración 24: Las zonas que mas se calientan en un avión en vuelo

Comentado lo referente a las evasivas, conviene señalar que los misiles IR, al ser pasivos y no emitir ninguna señal para detectar el avión, son indetectables salvo que se establezca contacto visual con ellos (Por lo general con el rebufo de humo generado por el motor de cohete).

Por lo general suele usarse el radar del avión para localizarlos y dispararlos ya que ofrece un mayor margen de enganche. Al usar el radar, sus ondas son detectadas por el RWR (Radar Warning Receiver, receptor de alertas de radar) del avión enemigo que le dará la alarma.

El panorama actual de misiles AA puede dividirse entre los activos y los pasivos siendo excluidos gradualmente los semi-activos.

- Misiles Aire-Superficie

En este caso el misil es lanzado por una aeronave contra un objetivo en la superficie. Dentro de esta categoría, los destinados específicamente a objetivos navales se conocen como anti-buque, mientras que el resto, a pesar de poder utilizarse para diferentes propósitos, se les conoce también por el objetivo al que suelen atacar, como los anti-carro o los anti-radiación.

Los Aire-Superficie destinados a objetivos terrestres, pero que en algunos casos pueden ser usados contra buques.

En los de guía IR o TV la cámara que incorporan envía en tiempo real una imagen a alguna pantalla en la cabina del avión desde la cual el operador puede verificar sobre que blanco desea lanzar el misil y bloquearlo, como puede verse en la Ilustración 25.

Ilustración 25: Imagen que envía la cabeza buscadora I2R del Maverik al avión lanzador

Las contramedidas contra ellos son el aerosol caliente y las cortinas de humo respectivamente Como se observa en la Ilustración 26

Ilustración 26: Merkava israelí lanzando humo

Salta a la vista que en ningún caso se recurre a sistemas activos. La causa es que en combate aéreo los objetivos a abatir suelen ser más caros que los terrestres y no renta usar misiles caros contra esos objetivos. Otro aspecto es que en este tipo de misiones el piloto se enfrenta a unas amenazas menos peligrosas y más fáciles de controlar, por lo que no existe

- Misiles Superficie-Aire

Más conocidos como antiaéreos, estos misiles lanzados desde plataformas ubicadas en tierra o mar, tienen como único objetivo derribar aeronaves. En este caso, comparten prácticamente todas las características de los AA, hasta el punto que muchos han sido desarrollados para ser usados tanto desde superficie como desde aeronave. Véase Ilustración 27. La principal diferencia suele ser el tamaño ya que para igualar el rango de un AA convencional requieren un mayor motor de cohete. Esto se debe a que ha de enfrentarse al aire más denso de la superficie que frena notablemente su avance y además ha de emplear gran cantidad de energía en ascender.

Por otro lado comparten el denominador común de los Aire-Superficie y es que son pasivos o semi-activos. En este caso esto se debe a que por un lado, las plataformas de lanzamiento solo poseen esa misión y la capacidad de seguir a varios blancos a la vez por lo que solo han de centrarse en ellos. Por el otro tenemos el hecho de que en caso de ser atacadas no tiene muchas posibilidades de supervivencia y su mejor defensa es un ataque eficaz. De estas plataformas existen varia posibilidades; Sistemas portátiles, vehículos autónomos, grupos de vehículos con diferentes funciones que forman un sistema y buques. En el primer caso, el tipo de misil usado es siempre el pasivo ya que éste es completamente automático y no requiere de otros sistemas externos que hagan perder la portabilidad Como ya apuntamos el misil incorpora todos los sistemas y basta con ser apuntado para blocarlo y lanzarlo, aunque para aligerar peso y poder ser transportado por una sola persona suelen ser pequeños y por tanto su alcance reducido (inferior a los 10 kilómetros). En el resto de plataformas, el tamaño y alcance del misil va en base a la capacidad de ésta. Y ya se usan IR para rangos pequeños y semi-activos guiados por radar en rangos largos.

Conviene señalar que estos misiles son expresamente defensivos. Dependiendo de su rango y la movilidad de su plataforma protegerán pequeños grupos móviles, bases enteras o a la propia plataforma como es el caso de buques.

Ilustración 27: El misil AA AIM-120 adaptado para su uso como misil antiaéreo

- Misiles Superficie-Superficie

De nuevo en esta categoría podemos agruparlos en 3 tipos; Anti-carro, multipropósito de rango medio e ICBM (Inter Continental Ballistic Missile, misil balístico intercontinental). Los últimos, al igual que los de crucero que dependiendo de su tipo pueden pertenecer a esta categoría, también serán estudiados en la segunda parte de este artículo.

En cuanto a los anti-carro lanzados desde superficie, al igual que pasa entre los AA y los antiaéreos, comparten todas las características de sus homólogos lanzados desde avión. Muchas versiones son fabricadas para ambos tipos de plataformas.

Sobre los misiles multipropósito de rango medio, dada su gran variedad comentar que básicamente se rigen por los principios del resto, predominado el tipo de guía inercial más un tipo específico en final si se incluye. Suelen portar una gran cabeza de guerra o submuniciones.

6. Objetivos

El guiado de misiles se define como el conjunto de operaciones que, actuando sobre la trayectoria de un misil, tiende a asegurar que ésta se realice según lo programado. Para lograrlo, el guiado deberá corregir las alteraciones causadas, y las modificaciones introducidas por diversos factores, cuya predicción no tuvo lugar, o resultó imposible obtener con anterioridad al instante del lanzamiento.
Por otra parte, el guiado justifica su presencia, en la existencia de elementos aleatorios, es decir, en aquellos factores cuya incidencia sobre la trayectoria de un misil, resulta imposible predecir antes del disparo, con la exactitud necesaria para posibilitar su corrección, mediante un adecuado cambio de los parámetros iniciales del lanzamiento.

Mi proyecto va a centrarse en tres tipos de misiles: misiles guiados por radar, por infrarrojos y por láser. Dada la descripción anterior sobre cada tipo de guiado, voy a realizar un breve resumen de cada uno de ellos y de sus respectivas contramedidas.

Como se puede deducir de la explicación anterior, los más peligrosos son los guiados por infrarrojos, ya que son los más corrientes y más utilizados. El entrenamiento para su utilización es muy simple, ya que su uso es muy básico. Se lanzan normalmente desde tierra y se disparan manualmente alcanzando velocidades supersónicas. Como se ha explicado antes, se dirigen fundamentalmente a la tobera de los helicópteros, por donde se expulsan los gases.
Para desviarlos se dispensan bengalas, que emiten más infrarrojos que los gases , y el misil desvía su trayectoria siguiendo las bengalas. Las bengalas crean una fuente de calor que distrae a un misil que se guíe por el calor que desprende una aeronave de cualquier tipo.
Otra forma es enviar un haz de infrarrojos de mucha potencia que ciega al misil y éste se desorienta perdiendo el objetivo de su punto de mira.

Los misiles guiados por láser funcionan siguiendo los reflejos de un haz de luz que ha iluminado previamente el helicóptero. Son menos numerosos y más caros. Ante este tipo de misiles , la contramedida más eficaz es realizar maniobras evasivas.

Los misiles guiados por radar también son menos comunes que los guiados por IR. Éstos se guían por los ecos de las emisiones radar del helicóptero. Para desviarlos, el dispensador expulsa chaff, que es una sustancia formada por multitud de fibras de cristal recubiertas de aluminio y silica que se lanzan desde la aeronave y se dispersan, interfiriendo la señal del radar enemigo, de manera que se desvía así el proyectil del objetivo fijado por éste. En la Ilustración 28: Amenazas y defensas se muestra una figura explicativa:

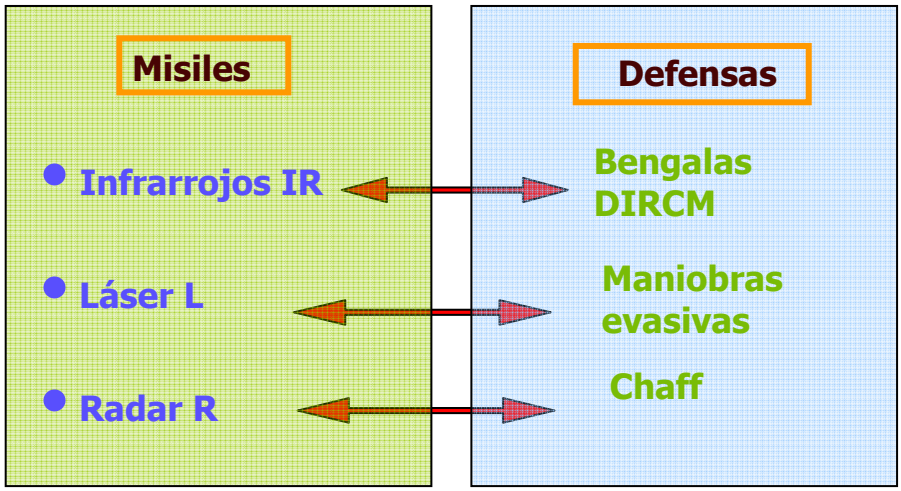


Ilustración 28: Amenazas y defensas

Mi proyecto se desarrolla dentro de este dominio, en el departamento de electrónica de Eurocopter España y forma parte de de un ambicioso proyecto consiste en integrar dos tipos de equipos diferentes y existentes. Por un lado equipos de detección de amenazas y por otro de reacción frente amenazas.

Los equipos de detección de amenazas son los siguientes:

EQUIPO	**DETECCION**	**FABRICANTE**	**MODELO**
Alertador radar (RWR)	Radar	INDRA	ALR-400
Detector de misiles (MILDS)	UV	EADS	AAR-60
Detector de láser (LWS)	Láser	EADS	ALTAS 2Q

Y los de reacción frente a amenazas son:

EQUIPO	**EMISION**	**FABRICANTE**	**MODELO**
Dispensador	Chaff Flare RF Láser	TRACOR	M130v(2)
Emisor de infrarrojos (DIRCM)	Infrarrojos	RAFAEL	

La integración se realizará mediante una Unidad de Control adicional que se desarrollará. Este equipo distribuirá las señales adecuadamente, comprobará el correcto estado de funcionamiento de los equipos integrados y presentará información al piloto tanto audible como gráficamente.

Un esquema explicativo se muestra en la figura siguiente:

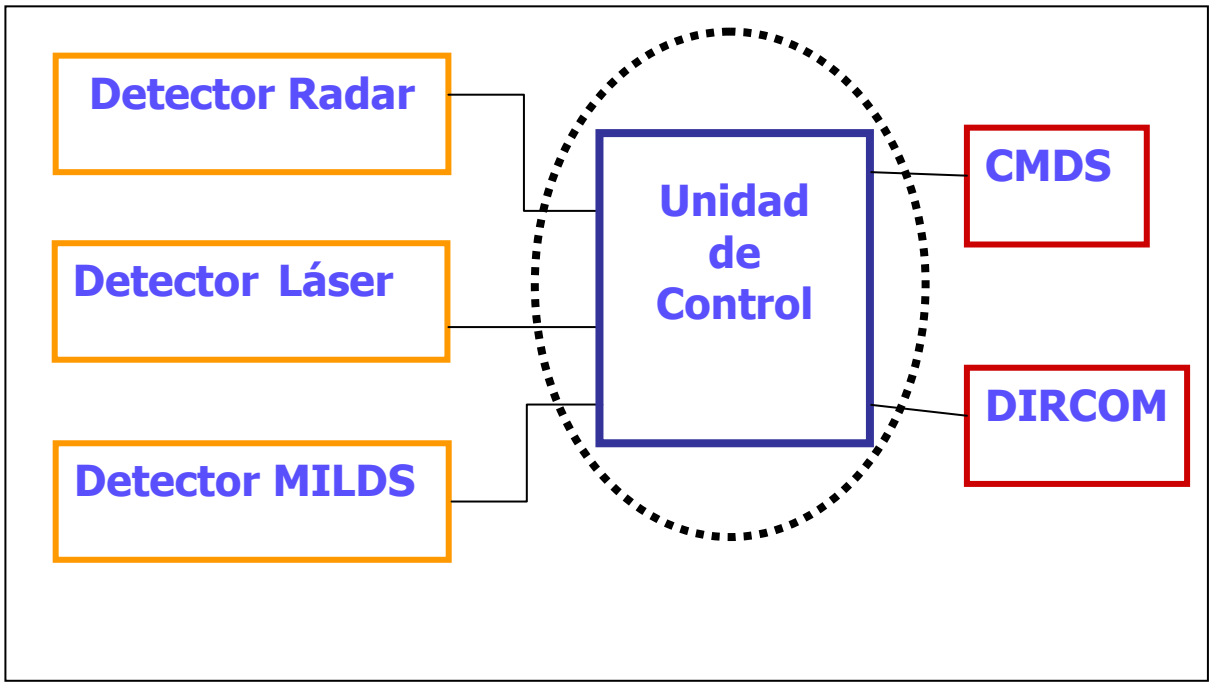


Ilustración 29: esquema de los sistemas a integrar

El equipo que se desarrollará constará de una sola caja de aviónica que irá instalada en cabina y en su frontal tendrá los mandos y displays necesarios. Desde el frontal de este equipo se controlará todo el sistema e incluirá la interface de usuario de todo el sistema. Se mantendrán los paneles de cada equipo para tener control a funciones locales y presentación de datos específicos de cada sistema.

El sistema tendrá las provisiones necesarias para poder ampliarlo mediante un sistema de alerta Láser y un interferidor de infrarrojos.

Se determinará la posición óptima de ubicación de los dispensadores para que su eficacia sea máxima. Lo mismo habrá que hacer con los sensores del alertador radar y del MILDS.

La parte de este desarrollo que tendré que realizar serán las fases de documentación y familiarización con los equipos, especificación de requisitos y de definición de arquitectura. Cada fase tendrá sus correspondientes objetivos.

La fase de especificación de requisitos define cuál es la finalidad del sistema y sus funciones, los objetivos son los siguientes:

- Descripción de requisitos funcionales: especificación de las funciones de cada parte del sistema.
- Descripción de requisitos de interface, incluyendo interfaces eléctricas, mecánicas, usuario-máquina, etc.
- Descripción de requisitos no funcionales, es decir cualquier otro requisito necesario para el perfecto funcionamiento del sistema que no esté incluido en los anteriores, como pueden ser condiciones ambientales, aseguramiento del producto y fiabilidad, diseño, fabricación, verificación, etc
- Finalmente la salida de esta fase será un documento que contendrá todos los datos y conclusiones recopilados en esta fase.

La segunda fase a realizar es la definición de la arquitectura, es decir, la manera en la que deben cumplirse los requisitos definidos en la primera fase.

Los objetivos de esta fase son:

- Definición de la arquitectura de funciones o sea la implementación de funciones
- Redacción de un documento que permita la continuación del proyecto.

El objetivo global de mi proyecto es responder a una necesidad industrial, es decir la realización de un proyecto real que tendrá su aplicación en el mundo industrial, permitiendo la continuidad de las siguientes fases del proyecto: el diseño detallado, la instalación e integración en el helicóptero y la certificación.

7. Metodología

La metodología que se seguirá a lo largo de la realización del proyecto será una metodología general de fases de trabajo de cualquier proyecto, es decir, una parte de desarrollo, una parte de instalación y otra de certificación.

1ª Fase: Familiarización con los equipos

2ª Fase: Definición de requisitos

Funcionales

De interface

No Funcionales

3ª Fase: Definición de la arquitectura

Implementación de funciones

4ª Fase: Diseño detallado y construcción prototipo

5ª Fase: Verificación y Fabricación.

Como he comentado anteriormente, mi tarea comprende las tres primeras fases del cuadro anterior.

En un principio, dedicaré unos dos meses a la familiarización con el proyecto, estudiando cada sistema que vamos a utilizar por separado.

La primera etapa del desarrollo será la definición de requisitos y la segunda fase será la definición de la arquitectura que han quedado definidas el apartado anterior.

8. Recursos empleados

Los recursos que se han utilizado, han sido básicamente la documentación de los diversos equipos que vamos a integrar. Es decir, los diferentes manuales, especificaciones técnicas, así como diversos documentos de normativas militares tanto españolas como americanas.

No he tenido la necesidad de utilizar ningún tipo de hardware o software específico, aunque si he tenido la posibilidad de utilizar un sistema de simulación del Counter Measure Dispensing System, (CMDS) para poder comprender su modo de funcionamiento. Con este sistema procedíamos a la simulación de pulsos, con los cuales el dispensador debía hacer explotar una de sus cargas o varias según la secuencia que hubiéramos elegido previamente.

Posteriormente, el sistema procedía a un recuento de cargas enviadas y restantes, y nos enviaba una señal de alarma en caso de haberse quedado sin munición. Este recuento se lleva a cabo por el Countermeasure dispenser tester que podemos ver en la Ilustración 30

Ilustración 30: Countermeasure Dispenser Tester

9. Planificación temporal de actividades.

La fecha de comienzo del proyecto fue el 1 de octubre de 2005 y la fecha prevista de finalización fue mayo 2005, y así poder proceder a su corrección o resolución de algún imprevisto durante el mes de Junio.

La primera fase será de familiarización con el proyecto y con los sistemas a utilizar (Lectura de manuales y manipulación de los sistemas). Esta primera fase se realizará desde Octubre hasta principios de Diciembre.

La segunda etapa es la definición de requisitos (descrita anteriormente en la sección de objetivos) a la que se dedicarán los meses de Diciembre, Enero y Febrero.

La siguiente fase será la definición de la arquitectura (también descrito anteriormente) durante los meses de Marzo, Abril y Mayo.

La última etapa, la finalización será para terminar de redactar los documentos requeridos y solucionar cualquier imprevisto.

	Oct.	**Nov.**	**Dic.**	**Enero**	**Febr.**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**	**Junio**
Familiarización									
Definición de requisitos									
Arquitectura									
Finalización									

Capítulo II : RESULTADOS

1. Primera fase: familiarización.

El objetivo de esta primera fase es familiarizarse con los equipos del Sistema de Autoprotección Integrada para ser instalado inicialmente en helicópteros Cougar. Este sistema integra el dispensador M130, el DIRCM, el alertador de radar ALR-400, el detector de misiles MILDS y el detector de Láser LWS ALTAS 2Q.

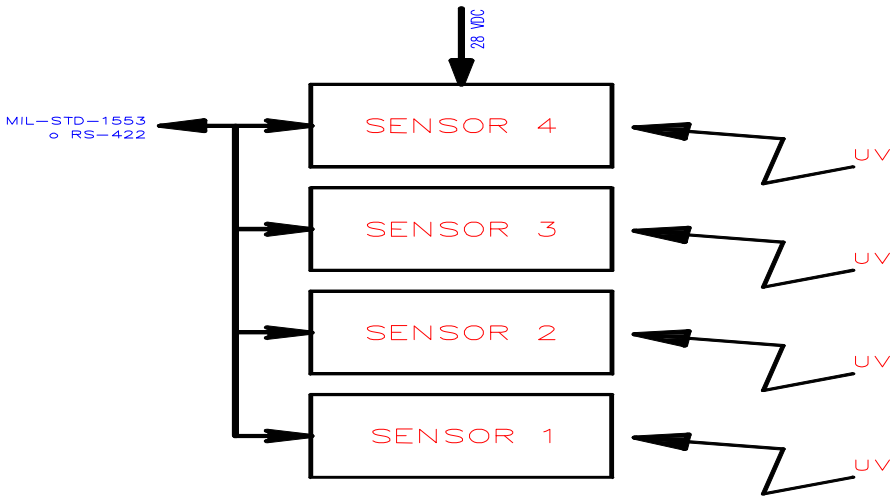
Detector de misiles (MILDS)

Este equipo detecta emisiones ultravioleta provenientes del penacho de combustión del motor de los misiles.

El subsistema consta de 4 sensores UV. Cada sensor cubre 90º en azimut y 90º en elevación. De esta manera con los 4 sensores se cubren los 360º de azimut y 90º en elevación. No tiene un panel dedicado de control ni presentación para el usuario.

La interface externa del subsistema es mediante un bus RS-422 o MIL-STD-1553.

La alimentación es de 28 VDC.



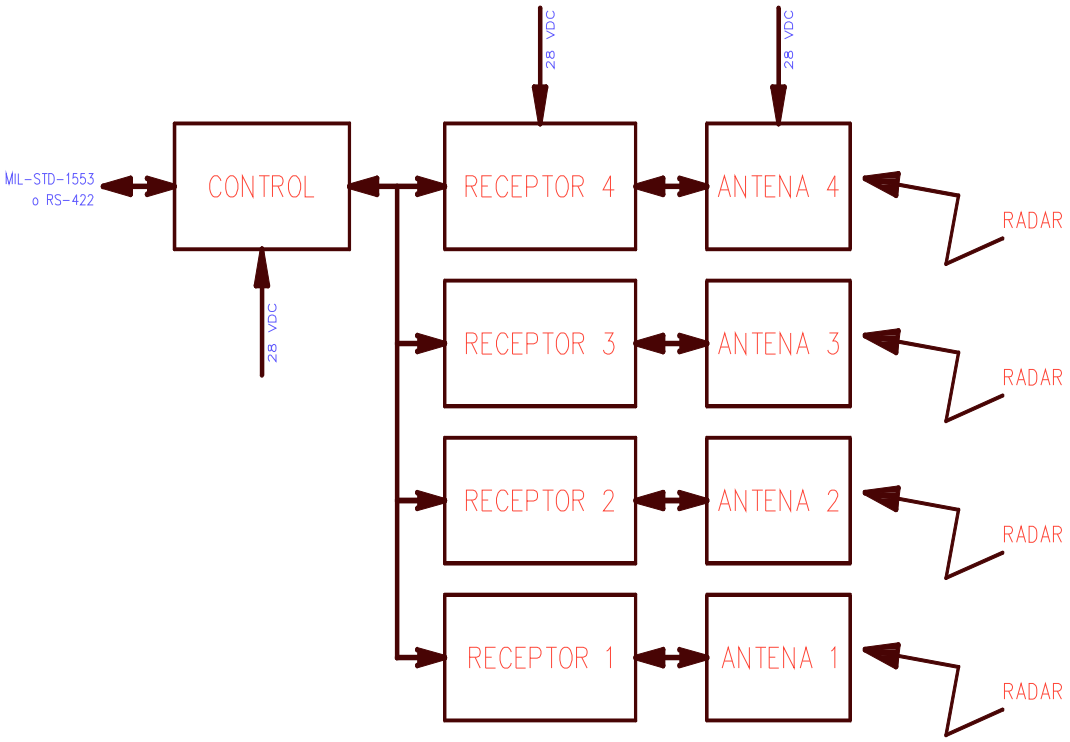
Detector de radar (RWR)

Este subsistema detecta emisiones radar que lleguen al helicóptero desde tierra o desde una aeronave. La señal recibida se identifica, se calcula su ángulo de llegada y se clasifica su letalidad.

Consta de nueve LRUs que son la unidad de proceso, cuatro antenas y cuatro receptores.

Tienen interface externa mediante un bus RS-422 o MIL-STD-1553.

Se alimenta con 28 VDC.



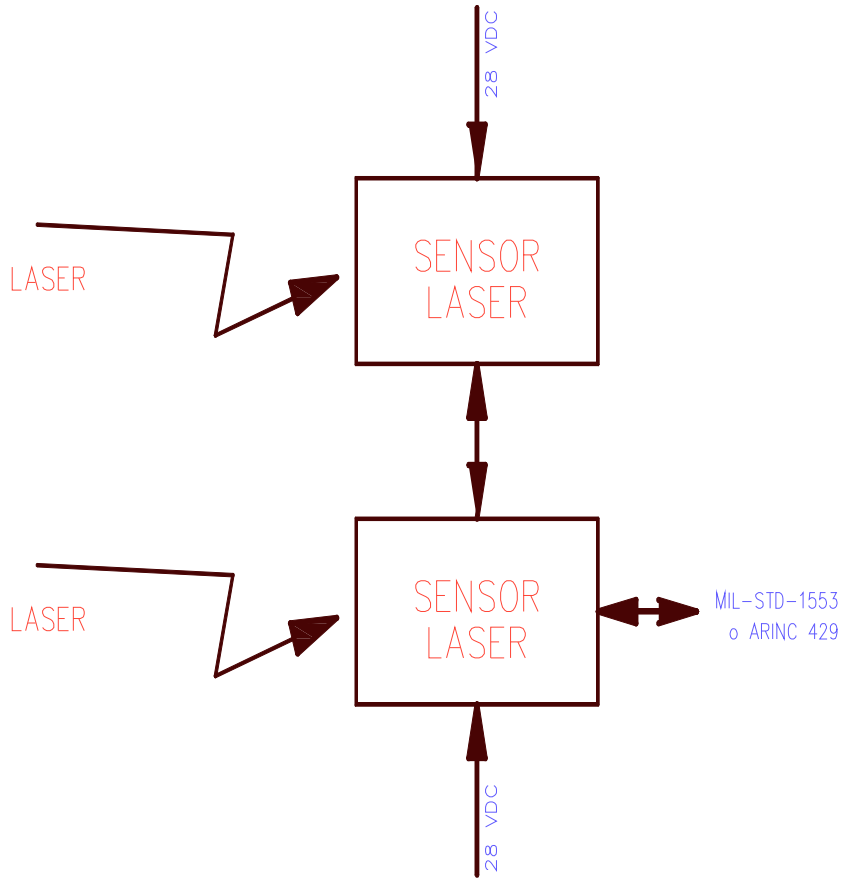
Detector láser (LWR)

Este equipo detecta si el helicóptero está siendo iluminado con un láser.

El subsistema consta de 2 LRUs. Así se cubren los 360º de azimut y 90º en elevación. No tiene un panel dedicado de control ni presentación para el usuario.

La interface externa del subsistema es mediante un bus RS-422 o MIL-STD-1553.

La alimentación es de 28 VDC.



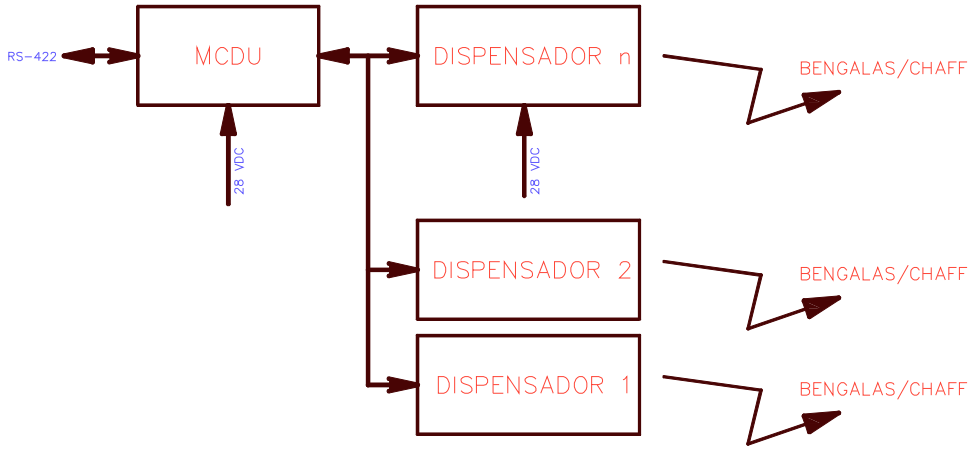
Dispensador de bengalas y chaff

Este equipo esparce señuelos de dos tipos: bengalas emisoras de infrarrojos y laminillas metálicas reflectoras de radar (chaff). También puede esparcir señuelos láser y RF, aunque éstos se utilizan con menor frecuencia.

El subsistema consta de un panel de control desde el que el operador lo controla y tantos dispensadores como se deseen instalar con un máximo de 16.

La interface externa del subsistema es mediante un bus RS-422.

La alimentación es de 28 VDC.



Emisor direccional de infrarrojos

Este equipo emite un haz estrecho de infrarrojos en la dirección en la que viene el misil. El haz de infrarrojos se genera en una lámpara infrarroja de alta potencia con un espejo parabólico. La lámpara está montada sobre una plataforma de dos ejes de giro de forma que puede apuntar en cualquier dirección.

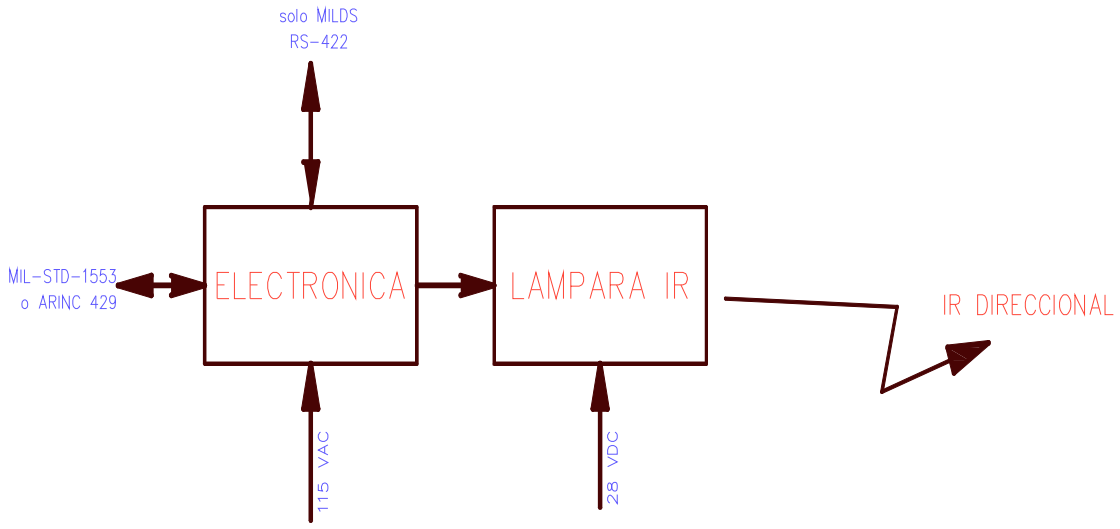
La dirección con que llega el misil la proporciona el MWS y el sistema apunta el haz de infrarrojos en dicha dirección.

Este equipo consta de dos LRUs, una es la lámpara que va montada externamente y lo más cerca posible a las fuentes de infrarrojos del helicóptero, es decir las toberas de las turbinas. La otra LRU es la electrónica de control del subsistema. Esta LRU puede ir alojada en cualquier lugar interior del helicóptero donde se pueda instalar aviónica.

Este sistema tiene una interface de datos externa que puede ser MIL-STD-1553 o ARINC-429. Dispone de una interface adicional dedicada al MILDS que es RS-422. No tiene panel de control para el usuario.

El peso de la LRU de la lámpara es de 25 kg. y la LRU de electrónica pesa 9 kg.

La LRU de la lámpara consume 6 kW cuando se ilumina la lámpara y 200 W en reposo. La alimentación la toma de los 110 VAC. La LRU de electrónica consume 80 W, tomados de los 28 VDC.



2. Segunda fase: definición de requisitos.

Objetivo

El objetivo de este documento es establecer los requisitos del Sistema de Autoprotección Integrada para ser instalado inicialmente en helicópteros Cougar. Este sistema integra el dispensador M130, el DIRCM, el alertador de radar ALR-400, el detector de misiles MILDS y el detector de Láser LWS ALTAS 2Q.

Orientación

Los requisitos deben ser trazables con respecto al diseño pero fundamentalmente son un instrumento de desarrollo. Los objetivos de los requisitos son:

- proporcionar una visión conceptual del sistema
- identificar estudios comparativos, áreas de mejora y de optimización antes de emprender el diseño
- demostrar al usuario que todas sus necesidades están reflejadas en el desarrollo
- proporcionar una sólida base para el diseño
- proporcionar la base para los ensayos de calificación del sistema

Cada requisito es una definición clara y concisa de una necesidad.

Instalación

Como plataforma base para la instalación se tomarán los helicópteros Cougar. Sin embargo el diseño de este sistema posibilitará su integración en helicópteros diferentes de los mencionados anteriormente, la única diferencia será la ubicación de los elementos receptores y dispensadores situados en el fuselaje ya que esta ubicación dependerá de la forma y obstrucciones que cada tipo de helicóptero presente.

Identificación de requisitos y trazabilidad

Cada requisito será identificado con R-xxxx, donde xxxx es un número correlativo. Antes de cada requisito se mostrará su identificación y el método de verificación, de esta manera:

R-743		A, E, D, I, S
Identificación del requisito		Método de Verificación

Verificación de los requisitos

Los métodos de verificación pueden ser: análisis, ensayos, documentación, inspección o similaridad. Cada requisito se comprobará mediante al menos uno de los siguientes métodos:

Análisis: elaboración de informes técnicos que demuestren que el requisito se cumple. Este método se representa por A.

- Ensayos: se realizan los ensayos necesarios para comprobar el comportamiento del sistema. Este método se representa por E.
- Documentación: ciertos documentos pueden contener pruebas de que el requisito se cumple. Este método se representa por D.
- Inspección: viendo la parte correspondiente se puede corroborar que el requisito se ha cumplido. Este método se representa por I.
- Similaridad: cuando se utilizan elementos de los cuales se tiene constancia de que en otros sistemas cumplen los requisitos. Este método se representa por S.

2.1 Requisitos del sistema

2.1.1 Requisitos funcionales

2.1.1.1 Detección de amenazas

R-0010		*D*

La detección de amenazas radar se realizará con el Alertador de radar ALR-400 de INDRA.

R-0020		*D*

Para cada amenaza radar detectada se dispondrá de la siguiente información:

- Identificación del misil
- Letalidad
- Ángulo de llegada
- Velocidad de acercamiento

R-0030		*D*

Se presentarán y gestionarán 4 amenazas radar simultáneas, como mínimo.

R-0040		*D*

El subsistema de detección de amenazas radar cubrirá una zona de detección de 360º en azimut y de al menos de -45º hasta +45º en elevación con respecto a la horizontal.

R-0050		*D*

Todos los misiles que se dirijan al H/C, se detectarán mediante la emisión UV de su motor cohete y serán identificadas con el detector de misiles MILDS AAR-60 fabricado por EADS.

R-0060		*D*

Para cada amenaza UV detectada se dispondrá de la siguiente información:

- Ángulo de llegada
- Velocidad de acercamiento

R-0070		*D*

Se presentarán y gestionarán 4 amenazas UV simultáneas como mínimo.

R-0080		*D*

El sistema podrá instalar hasta 6 sensores. Si se montan 4 sensores, se cubrirán 360º en azimut y al menos de -45º hasta +45º en elevación con respecto a la horizontal.

R-0090		*D*

Si se montan 5 sensores, se cubrirán 360º en azimut y al menos de -90º hasta +45º en elevación con respecto a la horizontal.

R-0100		*D*

Si se montan 6 sensores, se cubrirán 360º en azimut y de -90º hasta +90º en elevación con respecto a la horizontal.

R-0110		*D*

La detección de iluminaciones láser se realizará con el detector de láser LWS ALTAS 2Q fabricado por EADS.

R-0120		*D*

Para cada amenaza láser detectada se dispondrá de la siguiente información:

- Identificación de LRF (Laser Range Finder) o LTD (Laser Target Designator)
- Identificación de la amenaza
- Banda láser
- Potencia láser
- Ángulo de llegada

R-0130		*D*

Se presentarán y gestionarán 4 amenazas láser simultáneas, como mínimo.

R-0140		*D*

El subsistema de detección de amenazas radar cubrirá una zona de detección de 360º en azimut y de al menos de -45º hasta +45º en elevación con respecto a la horizontal.

2.1.1.2 Señuelos

R-0150		*D*

El dispensador CMDS (Counter Mesure Dispensing System) M130 será el encargado del lanzamiento de bengalas y chaff. Este dispensador ofrece también la posibilidad de lanzar señuelos RF y láser.

R-0160		*D,I*

En el helicóptero se instalarán 4 dispensadores, 2 juntos en el lado izquierdo para cubrir la tobera de escape del motor izquierdo y otros 2 juntos en el lado derecho para la tobera del motor derecho. La finalidad de poner grupos de 2 dispensadores es duplicar la capacidad de señuelos y permitir así misiones de más duración. Cada dispensador carga 30 cartuchos.

R-0170		*A*

Se analizará la ubicación y ángulos de la colocación de los dispensadores para maximizar su eficacia en el lanzamiento de bengalas frente al desvío de misiles guiados por infrarrojos, dirigidos a las toberas de escape de los motores.

R-0180		*A*

Este análisis se hará para el caso de que el helicóptero no incorpore diluidores de gases de escape y para el caso de que si los lleve.

R-0190		*A*

Se analizará la ubicación y ángulos de la colocación de los dispensadores para maximizar su eficacia en el lanzamiento de chaff frente al desvío de misiles dirigidos al centro de gravedad de la firma radar del helicóptero.

R-0200		*A*

No es de esperar que las colocaciones para las diferentes funciones definidas arriba coincidan, y por lo tanto aparecerán las siguientes posibles colocaciones de los dispensadores dependiendo de la función principal:

- Colocación optimizada para bengalas sin diluidores
- Colocación optimizada para bengalas con diluidores
- Colocación optimizada para chaff

R-0210		*D*

La instalación presentará las tres opciones para que cada cliente pueda seleccionar la más adecuada para sus misiones. Una vez seleccionada una colocación, esta es fija para el H/C.

R-0220		*A*

Para cada una de las colocaciones se analizará la eficacia del señuelo no principal.

R-0230		*D*

El sistema integrará también un equipo DIRCM de RAFAEL, que emitirá un haz infrarrojo de alta potencia para cegar el sensor de misiles guiados por infrarrojos.

R-0240		*A, D*

En el helicóptero se instalarán 1 o 2 iluminadores IR en función de que el cliente contemple o no 2 amenazas simultáneas o que quiera cubrir los dos hemisferios. Se analizará la colocación de los iluminadores IR para su máxima eficacia considerando que el misil se dirige al centro de gravedad de la firma IR de las tobera de escape de los motores desde cualquier dirección.

R-0250		*A*

Este análisis se hará para el caso de que el helicóptero no incorpore diluidores de gases de escape y para el caso de que si los lleve.

2.1.1.3 Alertamiento

R-0260		*E*

El sistema podrá funcionar en modo automático, manual y combinado. En el modo automático, la detección de una amenaza UV por el MWS provocará, sin la intervención del operador, el lanzamiento de una secuencia de bengalas y/o chaff. La detección de una amenaza radar provocará, sin la intervención del operador, el lanzamiento de una secuencia de chaff.

R-0270		*E*

La secuencia de lanzamiento en modo automático la seleccionará el sistema en función de los parámetros de la amenaza detectada. El sistema podrá tener cargadas al menos 16 secuencias automáticas.

R-0280		*E*

Tanto en modo automático como manual, se presentará toda la información de las amenazas al operador y a través de su interface con el resto de la aeronave. De esta forma, aunque la secuencia automática se ejecute, el operador puede además iniciar una secuencia manual. Este es el modo combinado.

R-0290		*E*

En modo manual, el operador, inicia a voluntad, una secuencia manual.

R-0300		*E*

Las secuencias manuales podrán incluir lanzamientos de bengalas y chaff e iluminación con lámpara de IR.

R-0310		*E*

El sistema alertará a piloto y copiloto de forma auditiva mediante tonos y mensajes hablados.

R-0320		*E*

El sistema alertará al piloto y copiloto también de forma visual mediante una pantalla gráfica en color, luces en el equipo y también a través de luces en el panel de alarmas.

2.1.1.4 Comunicaciones

R-0330		*E*

El sistema se podrá comunicar con el equipo externo Mission Computer a través de un bus MIL-STD-1553 o RS-422.

R-0340		*E*

A través de esta interface se podrá controlar el sistema y el sistema podrá enviar al MC toda la información de estado del sistema y de detección de amenazas que se le soliciten.

R-0350		*E*

El sistema tendrá una entrada de "blanking de RF" para desconectar los receptores del RWR cuando algún equipo propio emita en las bandas de RF en las que recibe el RWR.

2.1.1.5 Grabación de la misión

R-0360		*E*

El sistema podrá grabar, a voluntad del operador, todas los datos e incidencias de una misión.

R-0370		*E*

Los parámetros que se podrán grabar serán los que se muestran en la tabla siguiente:

TIPO	***PARÁMETRO***
Global	• Status de cada subsistema • Hora del comienzo y finalización de la misión • Incidencias ocurridas en cualquier equipo con el momento en que ocurrieron • Todas las actuaciones del operador de teclas, controles y selecciones con el momento en que ocurrieron • Cada dato grabado irá acompañado de su time stamp
Helicóptero	• Posición en latitud, longitud y altura durante toda la misión • Actitud (pitch, roll y yaw) durante toda la misión
Detector UV	Datos de las amenazas desde que aparecen hasta que desaparecen de: • Posición relativa al H/C • Intensidad • Velocidad de acercamiento
Detector radar	Datos de las amenazas desde que aparecen hasta que desaparecen de: • Posición relativa al H/C • Intensidad • Velocidad de acercamiento • Identificación de la amenaza
Detector láser	Datos de las amenazas desde que aparecen hasta que desaparecen con información de tiempo, de: • Posición relativa al H/C • Intensidad • Tipo (LRF o LD) • PRF • Identificación de la amenaza
Dispensador	• Todas las órdenes de disparo tanto automáticas como semiautomáticas y manuales • Secuencia disparada • Incidencias en el disparo
EmisorIR	Dirección del haz en cada momento

R-0380		*E*

Los datos grabados de la misión se podrán descargar mediante la conexión de un cable y/o tarjeta de memoria Compact Flash tipos I y II.

R-0390		*D*

El cable se conectará en el frontal de la UCC.

R-0400		*E*

La tarjeta Compact Flash se insertará en el frontal de la UCC.

R-0410		*E*

La capacidad de grabación debe permitir al menos almacenar los datos de una misión de 6horas.

2.1.1.6 Funciones Generales

R-0420		*E*

El equipo presentará una alarma por pantalla de forma visual y a través de luces cuando falte la librería de cualquier sistema.

R-0040		*E*

El equipo presentará una señal de alarma cuando se acaben las municiones del dispensador.

R-0430		*E*

El sistema dispondrá de dos formas de borrar todas las librerías y datos grabados de la misión:

- Mediante un pulsador con protección mecánica para evitar su actuación accidental
- Mediante una conexión eléctrica al BLT, de manera que cuando este se active se inicien los borrados.

R-0431		*E*

Se podrá descargar el OFP de la CCU así como cargar una nueva versión de OFP mediante un conector sin necesidad de desmontar la unidad.

R-0432		*E*

Los equipos que se instalen en cabina serán compatibles con gafas de visión nocturna (NVG).

2.1.2 Requisitos de interface

2.1.2.1 Usuario

2.1.2.1.1 Pantalla

R-0440		*D*

El sistema tendrá comunicación con el usuario a través de una pantalla alfanumérica y gráfica.

R-0450		*D*

El tamaño de la pantalla será al menos de 4"x3".

R-0460		*D*

La resolución de la pantalla será al menos de 320x240 pixels.

R-0040		*E*

El tipo de amenaza detectada así como la cantidad de estas amenazas se comunicará al usuario de forma alfanumérica.

R-0470		*E*

La información alfanumérica que se puede presentar en pantalla para cada tipo de amenaza es la siguiente:

TIPO DE AMENAZA	*INFORMACIÓN A PRESENTAR*
UV (MWS)	– Ángulo de llegada – Velocidad de acercamiento
Radar (RWR)	– Identificación del misil – Letalidad – Ángulo de llegada – Velocidad de acercamiento
Laser (LWR)	– Identificación de LRF (Laser Range Finder) o LTD (Laser Target Designator) – Identificación de la amenaza – Banda láser – Potencia láser – Ángulo de llegada

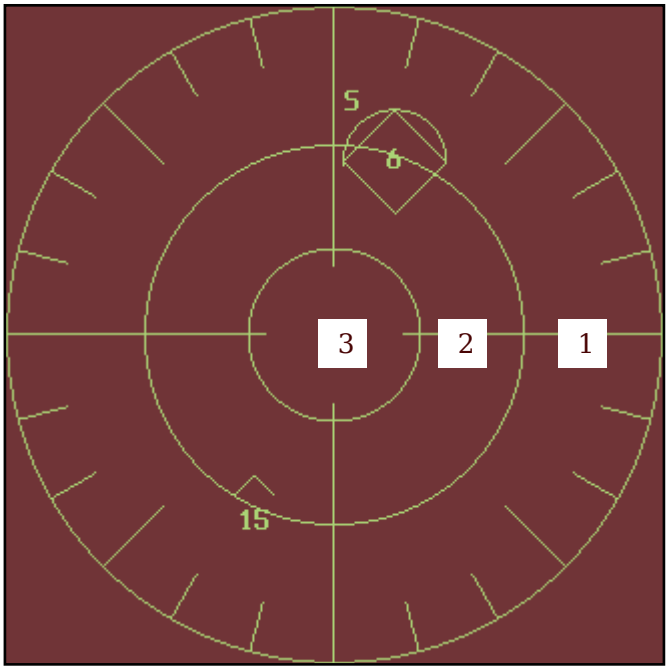
R-0480		*E*

La pantalla mostrará de manera alfanumérica las diferentes alertas de fallos en BIT de los sistemas y también otras alertas que no sean consideradas amenazas.

R-0490		*E*

La pantalla mostrará gráficamente las amenazas. El gráfico estará formado por tres anillos circulares concéntricos. La posición de una amenaza en el gráfico se representa mediante dos parámetros: la dirección en la que llega y la letalidad. La dirección en la que llega se representa mediante el ángulo con el centro y el radio que va hacia arriba. El radio que va hacia arriba representa el heading del helicóptero.

La letalidad se representa con la distancia al centro. El anillo exterior es la zona en la que la amenaza no puede fijarnos como blanco. El anillo intermedio es la zona en la que la amenaza puede fijarnos como blanco y el círculo interior es la zona en la que nuestro helicóptero es un blanco seguro para la amenaza y no podemos evadirnos mediante maniobras evasivas solamente.



R-0500		*E*

En la pantalla aparecerá un símbolo para cada amenaza.

R-0510		*E*

Los símbolos utilizados corresponderán a la normativa OTAN de simbología.

R-0520		*E*

Se podrán generar símbolos propios y almacenarlos de forma permanente.

R-0530		*E*

En la pantalla se podrán presentar de forma gráfica los diferentes tipos y cantidad de señuelos disponibles y lanzados.

R-0540		*E*

Se sugerirá en todo momento el mejor método de dispensación en función del tipo amenaza tanto en modo automático como semiautomático y manual.

R-0550		*E*

La pantalla dispondrá de teclas de función que permitan tanto operar el sistema mediante menús como seleccionar la información a presentar.

2.1.2.1.2 Auditiva

R-0560		*E*

El sistema dará información auditiva al usuario mediante tonos y mensajes de voz.

R-0570		*E*

Mediante tonos y voz se indicarán el tipo de amenaza y la letalidad.

R-0580		*E*

Se indicará de forma auditiva cualquier fallo detectado por el BIT en cualquiera de los subsistemas.

R-0590		*E*

Se indicará de forma auditiva cuando se alcance el nivel mínimo de cualquier tipo de munición.

R-0600		*E*

Se indicará de forma auditiva el hecho de acabarse cualquier tipo de munición.

2.1.2.1.3 Operación

R-0610		*E*

El equipo tendrá un pulsador de borrado inmediato de la siguiente información:

SUBSISTEMA	***INFORMACION A BORRAR***
Global	Todos los datos de la misión
UV (MWS)	Nada
Radar (RWR)	Biblioteca de identificación de amenazas
Laser (LWR)	Biblioteca de identificación de amenazas
Dispensador de bengalas y chaff	Tablas de secuencias en los modos automático, semiautomático y manual
Iluminador IR (DIRCM)	Nada

R-0620		E

Tendrá un interruptor general del sistema.

R-0630		*D*

En cabina habrá dos paneles de control y presentación: el que se desarrollará para controlar todo el sistema y el del dispensador de bengalas y chaff.

R-0640		*E*

El panel de control y presentación dispondrá de teclas de función predeterminadas para las funciones más frecuentes.

R-0650		*E*

El equipo dispondrá de un solo conector para cargar y descargar las librerías de todos los sistemas que las necesiten, situado en el frontal de la UCC.

R-0660		*E*

El equipo tendrá un pulsador BIT para comprobar el sistema completo.

R-0670		*E*

El sistema especificará las alarmas mediante luces, mediante mensajes en la pantalla y en el panel externo de alarmas.

2.1.2.2 Mecánica

R-0680		*D*

La UCC tendrá 5,75" de ancho según el estándar ARINC de frontales de cabina.

R-0690		*D*

La sujeción de la unidad de control en cabina se hará mediante tornillos de cuarto de vuelta tipo DZUS.

R-0700		*D*

La UCC no se montará con amortiguadores.

R-0710		*D*

Se seguirán las recomendaciones específicas de cada fabricante para los diferentes sistemas integrados en el equipo.

2.1.2.3 Ubicación externa del fuselaje

R-0720		*D, E*

Los equipos que se monten externos al fuselaje no modificarán las características de emisión y recepción de las antenas.

R-0730		*E*

No obstruirán el funcionamiento de ningún sistema del helicóptero ni en tierra ni en vuelo.

R-0740		*D, E*

La ubicación de los sensores será tal que no se produzcan zonas de sombra ni interferencias de ninguna parte del fuselaje, antenas, accesorios, etc. cuando el H/C está en vuelo, para el ángulo de visión de cada sensor.

R-0750		*D*

Se tratará de agrupar los sensores UV, radar y láser de forma que vayan sujetos en una misma pieza.

R-0760		*D*

La sustitución de un sensor por otro idéntico no requerirá reajuste de los ángulos de montaje.

R-0770		*D*

Se minimizará la mecanización de fuselaje.

R-0780		*D*

La ubicación de elementos externos al fuselaje no cambiará la ubicación de otros sistemas.

2.1.2.4 Eléctrica

R-0790		*E*

La alimentación de los equipos cumplirá con la norma MIL-STD-704.

2.1.2.5 Comunicación de datos

R-0800		*E*

La comunicación de datos externa al sistema, hacia y desde el MC, se hará mediante MIL-STD-1553 o RS-422.

R-0810		*E*

La información de posición del helicóptero se obtendrá de un GPS mediante un bus estándar.

R-0820		*E*

La información de actitud del helicóptero se obtendrá de un IMU dedicado o disponible en el helicóptero.

2.1.3 Requisitos no funcionales

2.1.3.1 Condiciones ambientales

R-0830		*E*

El sistema cumplirá con los siguientes requisitos ambientales definidos en el documento MIL-STD-810 "Environmental Test Methods and Engineering Guidelines" y aplicables al tipo de H/C Cougar:

TEST METHOD	***DESCRIPCIÓN***	***EQUIPOS EXTERNOS***	***EQUIPOS INTERNOS***
501.4	High Temperature	☐	☐
502.4	Low Temperature	☐	☐
505.4	Solar Radiation (Sunshine)	☐	
506.4	Rain	☐	
507.4	Humidity	☐	☐
508.5	Fungus	☐	☐
509.4	Salt Fog	☐	☐
510.4	Sand and Dust	☐	
514.5	Vibration	☐	☐
516.5	Shock	☐	☐
521.2	Icing/Freezing Rain	☐	

2.1.3.2 Compatibilidad electromagnética (EMC)

R-0840		*E*

El sistema y sus cableados cumplirán con los siguientes requisitos del documento MIL-STD-461 "Requirements for the control of electromagnetic interference characteristics of subsystem and equipement":

TEST METHOD	***DESCRIPCIÓN***
CE101	Conducted emissions, power leads, 30 Hz to 10 kHz
CE102	Conducted emissions, power leads, 10 kHz to 10 MHz
CS101	Conducted susceptibility, power leads, 30 Hz to 150 kHz
CS114	Conducted susceptibility, bulk cable injection, 10 kHz to 200 MHz
RE101	Radiated emissions, magnetic field, 30 Hz to 100 kHz
RE102	Radiated emissions, electric field, 10 kHz to 18 GHz
RS101	Radiated susceptibility, magnetic field, 30 Hz to 100 kHz
RS103	Radiated susceptibility, electric field, 2 MHz to 40 GHz

2.1.3.3 Masas y aislamiento

R-0850		*D*

Las cajas deberán ser metálicas .

R-0860		*E*

Estas cajas metálicas tendrán continuidad eléctrica al chasis del helicóptero.

2.1.3.4 Conectores

R-0870		*D*

Se utilizarán conectores tipo MIL 38999 serie III.

R-0880		*D*

Todos los cables y los conectores estarán claramente marcados. Los conectores serán seleccionados de manera que no se puedan insertar al revés ni en otro conector que no corresponda.

R-0890		*D*

Los conectores tendrán una fijación mecánica adecuada para evitar falsos contactos durante la operación debidos a vibraciones, aceleración y choques que puedan producirse en las condiciones de entorno especificado.

2.1.3.5 Fabricación: Materiales, procesos y componentes

R-0900		*D, I*

Se evitará el uso de materiales sensibles a la corrosión. Si son de uso obligado, se les proporcionará un tratamiento superficial adecuado para las condiciones ambientales requeridas.

R-0910		*D, I*

No se utilizarán materiales que puedan afectar a la salud del personal que manipule el equipo.

2.1.3.6 Aceptación

R-0920		*D*

Los ensayos de aceptación se harán en condiciones ambientales nominales.

R-0930		*D*

Los ensayos de aceptación se harán de acuerdo con un procedimiento que incluirá al menos:

- Inspección visual del hardware
- Verificación de los requisitos
- Identificación de defectos en material o fabricación
- Verificación de compatibilidad mecánica y eléctrica entre elementos

2.1.3.7 Verificación, comprobación y calibración

R-0940		*E*

La capacidad de autocomprobación será proporcionada siempre que sea posible.

R-0950		*E*

El sistema se autocomprobará y presentará el resultado mediante una indicación luminosa.

R-0960		*D*

El sistema se diseñará de forma que no necesite calibraciones.

R-0970		*D*

Se proporcionarán "test points" en los lugares necesarios para hacer mediciones de mantenimiento.

2.1.3.8 Acabado

R-0980		*I*

Se tendrá especial cuidado con las soldaduras, cableado, marcado y pintura. Se eliminarán todos los barbeados y bordes afilados.

2.1.3.9 Identificación y marcado

R-0990		*D, I*

Todos los subconjuntos estarán claramente marcados. Los subconjuntos comerciales contendrán al menos:

- Fabricante
- Part number del fabricante
- Versión
- Número de serie

R-1000		*D, I*

Los subconjuntos desarrollados contendrán al menos:

- Empresa que lo desarrolle
- Número de identificación del subconjunto
- Versión
- Número de serie

2.1.3.10 Almacenamiento

R-1010		*E*

Las condiciones de almacenamiento del sistema son:

- Temperatura: -10°C to +40°C
- Humedad relativa: < 90%
- Presión: nivel del mar hasta 3000 m.

2.1.3.11 Aseguramiento del producto y fiabilidad

2.1.3.11.1 Fiabilidad

R-1020		*D, A*

El sistema se diseñará para que pueda utilizarse de forma continua.

R-1030		*A*

El MTBF será superior a 1.000 horas de operación.

2.1.3.11.2 Seguridad

R-1040		*D*

El sistema cumplirá las normas de seguridad definidas en el documento MIL-STD-882D "Standard practice for system safety".

2.1.3.11.3 Mantenibilidad

R-1050		*D*

El sistema será diseñado para operación continua sin revisiones ni tareas de mantenimiento programadas.

R-1060		*D*

Se evitará el uso de pilas desechables.

R-1070		*D*

El sistema se diseñará para que, disponiendo de los repuestos necesarios, cualquier fallo se pueda reparar en menos de un día.

R-1080		*D*

El sistema se diseñará y construirá de manera que se facilite su mantenimiento con respecto al montaje, desmontaje, inspección y sustitución de módulos. Para alcanzar este objetivo se considerará:

- Colocación jerárquica y modular de conjuntos y subconjuntos
- Accesibilidad de tornillos y todo tipo de fijaciones
- Rigidez de las partes cuyos elementos se puedan insertar y extraer
- Provisión para la identificación y marcado de cables, conectores y subconjuntos
- Accesibilidad a conectores y subconjuntos

R-1090		*D*

Se generará y entregará el Manual de Mantenimiento que incluirá el mantenimiento preventivo y las operaciones de mantenimiento correctivo que permitan a personal especializado realizar reparaciones de primer nivel después de cualquier fallo.

2.1.3.12 Diseño

2.1.3.12.1 Mecánico

R-1100		*D*

Todas las operaciones normales sobre el sistema serán realizadas sobre los paneles delanteros.

R-1110		*D*

Las características físicas del equipo como dimensiones y masa, serán compatibles con el resto de sistemas integrados en cabina.

2.1.3.12.2 Térmico

R-1120		*D*

Los equipos no utilizarán tomas específicas de aire de refrigeración.

2.1.3.12.3 Eléctrico

R-1130		*D*

Los relés e interruptores serán herméticos.

2.1.3.13 Certificación

R-1140		*D*

El proceso de certificación se hará a través del INTA con el objetivo de obtener el CMA.

R-1150		*D*

Se generará la documentación, formato y contenido requerido por el INTA.

3. Tercera fase: definición de la arquitectura.

Objetivo

El objetivo de este documento es definir la arquitectura del Sistema de Autoprotección Integrada para ser instalado inicialmente en helicópteros Cougar.
Este sistema distribuirá las señales de cada subsistema, comprobará el correcto estado de funcionamiento de los subsistemas integrados y presentará información a los pilotos tanto audible como gráficamente.

Se desarrollará la Unidad Central de Control que dispondrá de un panel que irá montado en cabina desde el cual se controlará todo el sistema y que incluirá la interface de usuario de todo el sistema.

El sistema tendrá las provisiones necesarias para poder ampliarlo mediante la integración de otros sistemas de Guerra Electrónica como interferidor RF, u otros.

Como resultado del análisis de requisitos, este documento proporciona la estructura, las interfaces y comunicaciones que satisfacen todos los requisitos del sistema.

Los objetivos de la fase de arquitectura incluyen:

- Dar una visión del sistema cercana al diseño detallado
- Hacer estudios comparativos cuando hay más de una solución viable
- Definir una continuidad clara hacia el diseño detallado
- Permite empezar a definir los ensayos de validación del sistema final
- Selecciona los componentes y técnicas fundamentales

Orientación

La arquitectura del sistema debe cumplir todos los requisitos. Es la herramienta fundamental para los diseñadores

El proceso de diseño de arquitectura describe las diferentes partes en que se divide el sistema y como están interconectadas. Se seleccionan las líneas principales de diseño,

que se aplicarán a la arquitectura global del sistema. Da una visión global y coherente del sistema. Describe lo que el sistema deberá hacer, qué parte del sistema es responsable de qué resultados y qué depende de qué.

Destinatarios

Los destinatarios de este documento son:

- Las personas del equipo de diseño
- Las personas del equipo de verificación
- Las personas del equipo de certificación.

Arquitectura del sistema

3.1 Arquitectura general

Las funciones principales del sistema son:

- Detección de amenazas y respuesta automática, manual o mixta de los sistemas de contramedidas.
- Comunicación al piloto de alertas de amenaza, cualquier circunstancia reseñable del sistema y cualquier tipo de problema en el propio sistema.
- Comunicación con otros sistemas de aviónica como un Mission Computer, un sistema de grabación de incidencias en vuelo u otros.

Para implementar estas funciones se parte de sistemas disponibles en el mercado y suficientemente probados para tener constancia de su eficacia en la autoprotección de helicópteros.

Los subsistemas de detección de amenazas que se utilizarán son los siguientes:

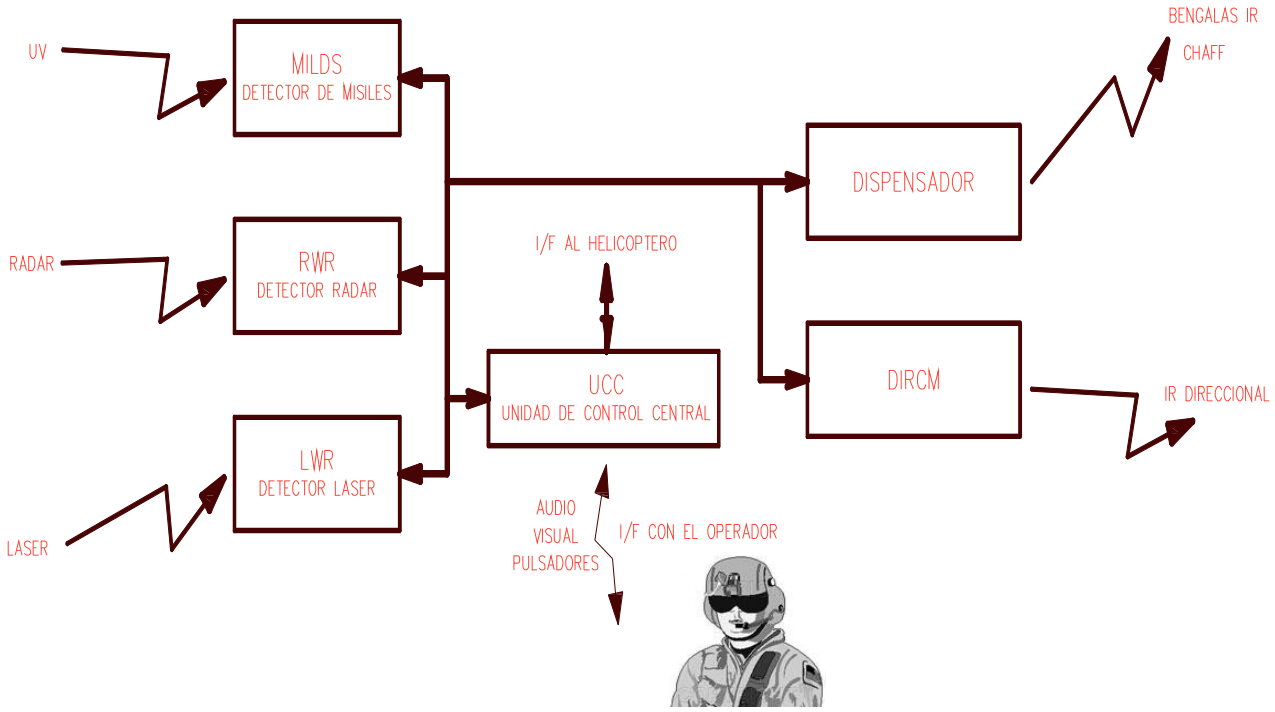
EQUIPO	***DETECCION***	***FABRICANTE***	***MODELO***
Alertador radar (RWR)	Radar	INDRA	ALR-400
Detector de misiles (MWS)	UV	EADS	AAR-60
Detector de láser (LWS)	Láser	EADS	ALTAS 2Q

Y los de reacción frente a amenazas son:

EQUIPO	***EMISION***	***FABRICANTE***	***MODELO***
Dispensador	Chaff Flare RF Láser	TRACOR	M130v(2)
Emisor de infrarrojos (DIRCM)	Infrarrojos	RAFAEL	

La integración se realizará mediante una Unidad de Control Central adicional que se desarrollará. Este equipo distribuirá las señales adecuadamente, comprobará el correcto estado de funcionamiento de los equipos integrados y presentará información al piloto tanto audible como gráfica.

El equipo que se desarrollará constará de una sola caja de aviónica que irá instalada en cabina y en su frontal tendrá los mandos y displays necesarios. Desde el frontal de este equipo se controlará todo el sistema e incluirá la interface de usuario de todo el sistema. Se mantendrán los paneles de cada equipo para tener control a funciones locales y presentación de datos específicos de cada sistema.



3.1.1 Subsistemas

- **Dispensador de contramedidas M130.**

Utilizaremos 4 de los 16 dispensadores que este subsistema puede controlar, dos en el lado izquierdo y dos en el lado derecho.

- **Lámpara direccional de IR DIRCM**

Este equipo consta de dos LRUs, una es la lámpara que va montada externamente y lo más cerca posible a las fuentes de infrarrojos del helicóptero, es decir las toberas de las turbinas. La otra LRU es la electrónica de control del subsistema. Esta LRU puede ir alojada en cualquier lugar interior del helicóptero donde se pueda instalar aviónica.

- **Alertador de radar ALR-400**

Utilizaremos las cuatro antenas y los cuatro receptores.

- **Detector de misiles MILDS**

Utilizaremos los 6 sensores disponibles, cubriendo así la totalidad de espacio rodeando el helicóptero. Cada sensor cubre 90º en azimut y 90º en elevación. De esta manera con los sensores se cubren los 360º de azimut y ±90º en elevación. Este equipo necesita complementarse de un sistema inercial INS que le proporcionará los siguientes datos:

- ángulos de yaw, pitch and roll: proporcionados directamente por el INS
- velocidades de yaw, pitch and roll: obtenidas a través de un integrador que actúa sobre los datos de la aceleración proporcionado sopor el INS.
- velocidades norte y este: directamente del INS
- altitud : a través del altímetro barométrico del helicóptero.

- **Detector de Láser LWS ALTAS 2Q**

Tendremos dos LRU´s para cubrir los 360º de azimut y los ± 45º de elevación.

3.1.2 Comunicación de datos interna

La comunicación interna entre los subsistemas se realizará mediante un bus MIL-STD-1553.

3.1.3 Comunicación de datos externa

La comunicación externa podrá realizarse mediante dos tipos de conexión a elegir por el usuario:

- MIL-STD-1553
- RS RS422

Ambas interfaces estarán implementadas en la Unidad Central de Control.

3.1.4 Alimentación del sistema

La alimentación de todos los equipos será de 28V en DC, salvo la lámpara del DIRCM que utilizará 115V/400Hz.

3.1.5 Interface de usuario

La comunicación al usuario se hará de forma auditiva y visual:

- **Indicaciones luminosas:**

A través de luces en el panel frontal se especificará:

- Si la amenaza ha traspasado la zona de seguridad del helicóptero.
- El sistema óptimo de contramedidas a utilizar.
- Se presentarán los fallos del sistema.
- El modo de funcionamiento del sistema.

Se indicará de forma alfanumérica la siguiente información:

- Tipo de amenaza.
- Cantidad de las mismas.
- Distancia de amenaza.
- Letalidad de la amenaza.
- Ángulo de llegada.
- Los señuelos disponibles, los cargados, los ya disparados y los restantes.
- Se sugerirá el mejor método de dispensación en función de la amenaza detectada.

Se representará de forma gráfica la siguiente información:

- La zona de seguridad del helicóptero.
- El tipo de amenaza mediante diferentes colores.
- En la pantalla se representarán las alertas de amenazas, las amenazas, ángulos de llegada y velocidad siguiendo la normativa OTAN de simbología.
- Se indicarán mediante diferentes símbolos los tipos de señuelos disponibles.

- **Indicaciones auditivas:**

  - Por tonos: se comunicará mediante tonos la detección de una amenaza, aumentando la frecuencia con la proximidad de la misma.
  - Mediante mensajes de voz: se comunicarán mediante mensajes de voz el tipo de amenaza detectada.

  Se comunicarán del mismo modo otras alertas del sistema que no constituyan amenazas, así como fallos del BIT y municiones acabadas.

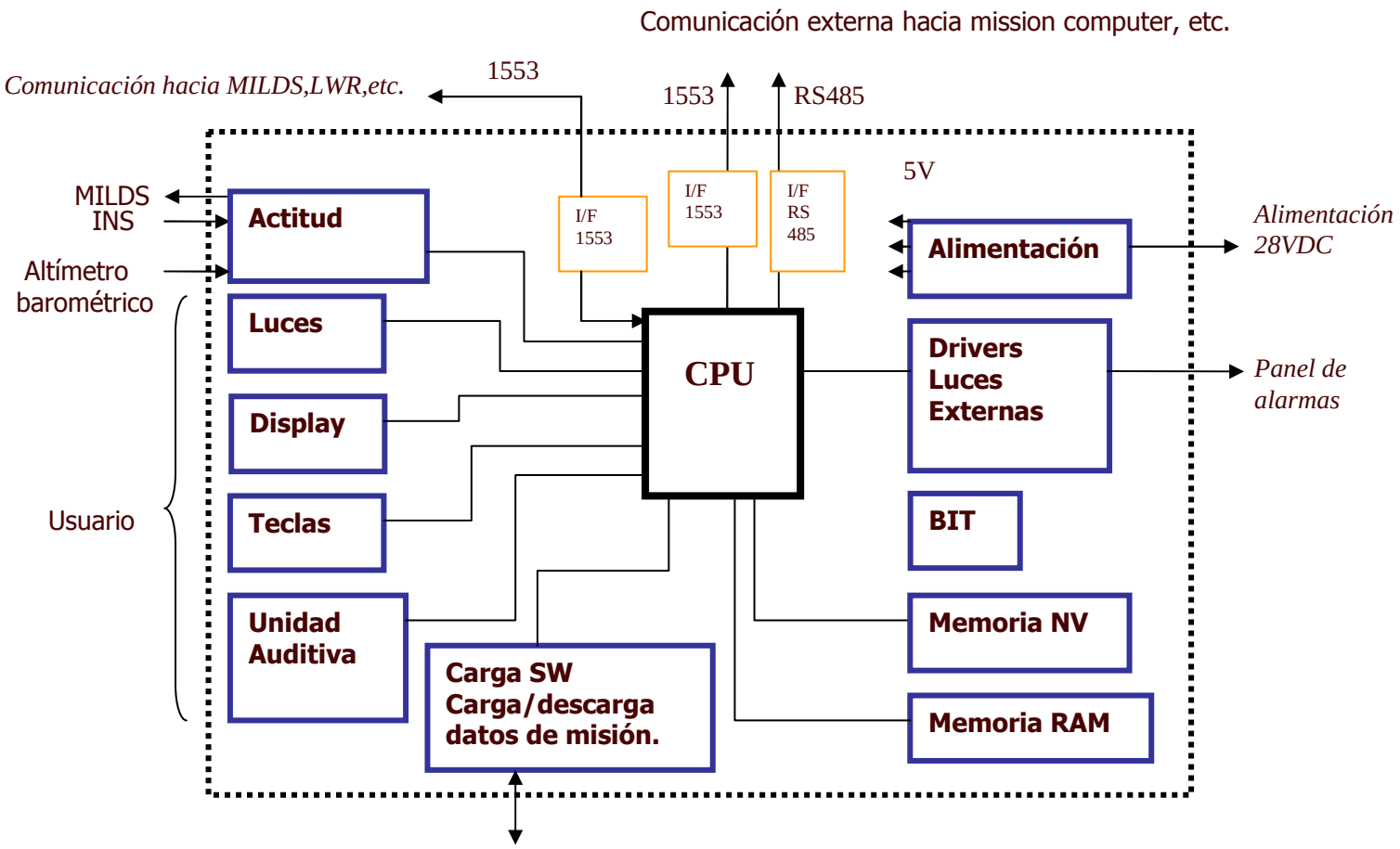
3.2 Arquitectura de bloques funcionales

Todos los subsistemas son comprados excepto la UCC, por lo tanto de aquí en adelante será este el único subsistema del que se desarrollará su arquitectura para poder diseñarlo.

3.2.1 Bloques funcionales de la UCC

El siguiente esquema muestra la estructura general de los bloques funcionales de la unidad de control.

Este equipo se diseñará en torno a un procesador central que gestionará todos los bloques funcionales de esta unidad.


Comunicación externa hacia mission computer, etc.
Comunicación hacia MILDS,LWR,etc.
1553
1553
RS485
5V
MILDS
INS
Altímetro
barométrico
Usuario
Actitud
Luces
Display
Teclas
Unidad
Auditiva
I/F
1553
I/F
1553
I/F
RS
485
CPU
Carga SW
Carga/descarga
datos de misión.
Alimentación
Drivers
Luces
Externas
BIT
Memoria NV
Memoria RAM
Alimentación
28VDC
Panel de
alarmas

Los bloques funcionales de la UCC son:

- **CPU.**

Se implementará con el microprocesador de 32 bits ARM y realizará las siguientes funciones:

- Ejecutará el OFP
- Atenderá las teclas de función
- Presentará en el display las diversas informaciones alfanuméricas y gráficas
- Recibirá los datos del INS para grabarlos y para enviarlos al MILDS con el formato requerido
- Recibirá los datos del altímetro barométrico
- Recibirá los datos GPS
- Controlará las luces externas del panel de avisos
- Controlará las luces locales del panel frontal
- Controlará los tonos y mensajes vocales enviados a los pilotos
- Realizará las mediciones y tests necesarios al HW y SW para el BIT
- Gestionará la memoria no volátil para datos de configuración y OFP
- Gestionará la memoria RAM
- Interface para pantalla externa
- Gestionará las diferentes interfaces de datos:
    - Bus 1553 del sistema
    - Bus 1553 externo
    - Bus RS-422
    - Bus ARINC-429
    - Bus IDE del driver Compact Flash

- Interface de carga/descarga de OFP
- Interface de carga/descarga de datos de misión

- **Teclas.**

Todas las operaciones del usuario se realizarán mediante las teclas de función y pulsadores e interruptores del frontal. Este bloque leerá las teclas y las procesará y presentará a la CPU.

- **Display.**

Presentará las diferentes informaciones alfanuméricas y gráficas. El display será al menos de 4"x3" y su resolución de al menos 320x240 pixels.

- **Interface con el INS.**

El INS proporciona la actitud del H/C, dada por sus ángulos roll, pitch and yaw, y sus correspondientes velocidades angulares. Estos datos son recibidos directamente del INS, se graban y se formatean adecuadamente para enviarlos al MILDS.

- **Interface con el altímetro barométrico.**

Esta información es necesaria para el dispensador y el RWR. Se lee, se graba y se formatea adecuadamente para enviarla al dispensador y el RWR.

- **Interface con el GPS.**

Este bloque adquirirá los datos GPS de un receptor GPS externo y podrá grabarlos como parte de los datos de misión.

- **Luces.**

Este bloque contiene los drivers para las luces tanto del panel de la UCC como las externas del panel de avisos.

- **Sonidos.**

Este bloque genera los tonos y los mensajes vocales que se enviarán a la caja de audio del H/C para que sean oídos por los pilotos.

- **BIT.**

Este bloque contendrá el HW necesario para comprobar el correcto funcionamiento de toda la unidad UCC y el OFP contendrá el SW necesario para hacer estos tests e iniciar los tests en todos los subsistemas y leer sus resultados.

- **Memoria no volátil.**

Esta memoria contendrá el OFP, los datos de configuración del sistema y los datos de misión.

- **Memoria RAM.**

Esta es la memoria temporal para operaciones y de propósito general. Es volátil y desaparecen los datos al apagar la UCC.

- **Interface para pantalla externa.**

Esta interface repetirá la información del display con formato VGA y composite y estará disponible en un conector externo.

- **Bus 1553 del sistema.**

Este bus es solamente interno y conectará los cinco subsistemas y la UCC. La UCC será el Bus Controller (BC) y los cinco subsistemas serán Remote Terminal (RT). Este bus será diferente del bus 1553 de interface con el resto de la aviónica.

- **Bus 1553 externo.**

En este bus la UCC y por lo tanto todo el sistema aparecerá como un RT.

- **Bus RS-422.**

  Este bus se conecta a sistemas externos y permite la transacción de la misma información que por el bus 1553 externo.

- **Bus ARINC-429.**

  Este bus también se conecta a sistemas externos y permite la transacción de la misma información que por el bus 1553 externo o el RS-422. Para integrar el sistema en el helicóptero, se podrá utilizar el bus 1553 externo, el RS-422 o el ARINC-429.

- **Bus IDE del driver Compact Flash.**

  Este bus y el driver Compact Flash son internos a la UCC.

- **Interface carga/descarga del OFP.**

  Esta interface permitirá la carga y descarga del OFP mediante la conexión de un equipo externo.

- **Interface de carga/descarga de datos de misión.**

  Este bloque permitirá la carga y descarga de datos de misión mediante la conexión a un equipo externo.

3.2.2 Comunicación interna 1553

El bus será redundante.

Únicamente la UCC será BC.

Se implementarán los siguientes formatos de transferencia:

- Transferencia de BC a RT
- Transferencia de RT a BC
- Transferencia de RT a RT

- Mode command sin palabra de dato
- Mode command con palabra de dato (transmisión)
- Mode command con palabra de dato (recepción)

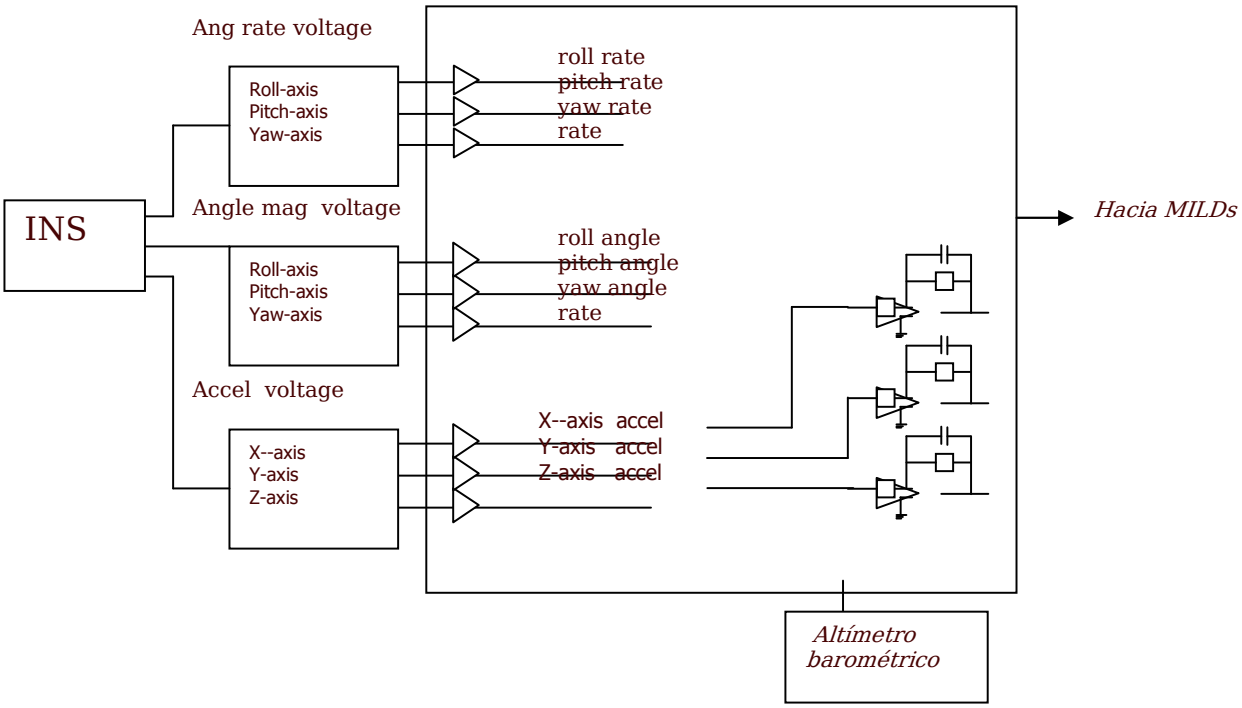
En modo broadcast, se implementarán los siguientes formatos de transferencia:

- Transferencia de BC a RTs
- Transferencia de RT a RTs
- Mode command sin palabra de dato
- Mode command con palabra de dato

Se implementarán los siguientes "mode codes":

- Synchronize
- Reset mode terminal

3.2.3 Descripción de detalle del INS



3.3 Arquitectura detallada de los bloques funcionales de la UCC

El hardware, incluyendo el procesador, se implementarán según el objetivo de System on Chip (SOC) mediante una FPGA o más de una si es necesario.
Las FPGAs serán de Xilinx con calificación militar.
El diseño del hardware implementado en FPGAs se hará mediante VHDL. No será necesario que las IPs compradas estén en VHDL.
El análisis y diseño del SW será orientado a objetos y se soportará con la notación UML. La codificación se hará en ADA y en ensamblador para los módulos que lo requieran.
Se utilizará el sistema operativo de tiempo real WxWorks.

3.3.1 CPU

El procesador tendrá una arquitectura ARM de 32 bits.

3.3.2 Teclas

El frontal de la UCC presentará 8 teclas de función, cuatro a cada lado del display, cuyas funciones dependerán del estado de la UCC y se indicará en el display al lado de cada tecla.
Además el frontal dispondrá de las siguientes teclas:

- BIT del sistema
- Destrucción de información

Se diseñará este bloque para que lea 16 teclas, de las cuales 6 no corresponderán a una tecla montada pero permitirán su futura expansión.
Este bloque eliminará los rebotes de la tecla pulsada durante 20 mS y generará una interrupción a la CPU poniendo a su disposición el código de la tecla pulsada. Al soltar

la tecla volverá a repetir el proceso de eliminar rebotes, generar interrupción y presentar el código correspondiente.

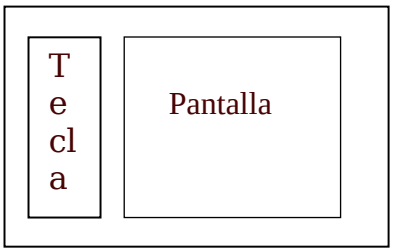
Hasta que no se suelta una tecla no se atenderá ninguna pulsación de otra tecla.

3.3.3 Display

El controlador del display generará toda la información a presentar, tanto alfanumérica como gráfica, en color. Soportará 256 colores y varios tamaños y tipos de letras. La resolución será de 340x240 pixels.

El display será compatible NVG y tendrá una luminosidad de al menos 900 cd/m^2. El tamaño será de al menos 4"x3". Tendrá protección contra arañazos.

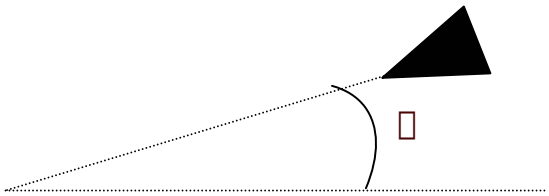
La pantalla y las teclas seguirán la distribución siguiente en el display:



La amenaza se representará mediante un triángulo que cambiará de color según la peligrosidad..

Se representará el ángulo θ de llegada de la amenaza.

Los señuelos disponibles se representarán los símbolos OTAN correspondientes



3.3.4 Interface INS

Los datos del INS se utilizan para el MILDS y para grabar la misión.

Se utilizará el AHRS400CC-200 de Crossbow. El INS nos da en forma analógica pitch, roll y heading así como las velocidades angulares y las aceleraciones lineales en x, y y z.

El bloque de adquisición tomará al menos 1000 muestras por segundo de cada una de las nueve entradas analógicas.

Estos datos se digitalizarán y se formatearán para enviarlos al MILDS por RS-422.

3.3.5 Interface con el altímetro barométrico

El altímetro barométrico nos da la altitud en forma analógica. También es parte de la información que digitalizamos y enviamos al MILDS por RS-422. Además Esta información se envía al RWR y se graba junto con los datos de misión.
Se harán 10 adquisiciones por segundo.

3.3.6 Interface con el GPS

Las tres coordenadas de la posición instantánea proporcionadas por el GPS se grabarán como parte de los datos de misión. Se utilizarán en tierra para reproducir la trayectoria y para localizar la posición del origen de las amenazas detectadas.
Se podrán recibir los datos del GPS mediante la interface ARINC-429 o mediante una línea RS-422. Al menos se aceptará el protocolo NMEA-183.
Se podrán aceptar hasta 20 posiciones por segundo.

3.3.7 Luces

Se podrán controlar hasta cuatro luces externas del panel de avisos del H/C.
Estas luces serán incandescentes y cada driver proporcionará 28 V y hasta 1 A. Se representarán al menos:

- Una luz de amenaza cierta .
- Una luz fallo de BIT.
- Una luz de alerta por falta de municiones.

3.3.8 Sonidos

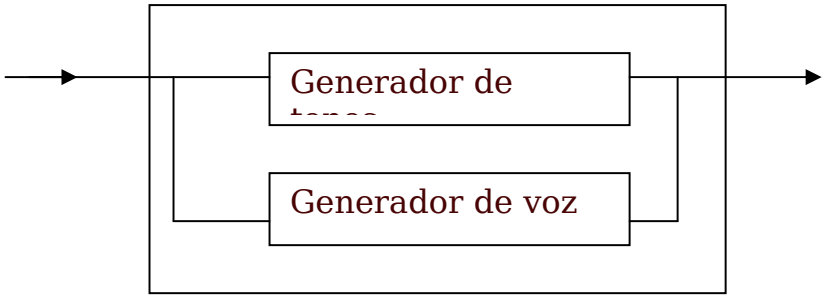
Procesamiento de los tonos y de los mensajes vocales que se transmiten al usuario.

El generador de sonidos será capaz de producir cincuenta tipos de mensajes tonales. Cada mensaje tonal podrá ser un tono, una sucesión de tonos o una modulación de tonos.

Se podrá asignar cualquier mensaje tonal a cualquier evento.

También almacenará al menos cincuenta mensajes de voz de al menos 5 segundos cada uno. También se podrá asignar cualquier mensaje de voz a cualquier evento.

Ya que la CPU emite los datos en formato digital, se utilizarán dos generadores de sonido.



3.3.9 BIT

El HW necesario para realizar el BIT no será superior al 10% del HW operativo.

3.3.10 Memoria no volátil

La memoria no volátil se utilizará para guardar la configuración del sistema, los datos de misión y el OFP.

Esta memoria tendrá capacidad suficiente para grabar los datos de una misión de seis horas.

3.3.11 Memoria RAM

La memoria RAM se utilizará para las operaciones intermedias del OFP.
Su capacidad será tal que el OFP solo utilice el 50%.

3.3.12 Interface pantalla externa

La información que aparece en el display se repetirá en una salida de vídeo con formato VGA y otra salida con formato composite, ambas en color.
La resolución de la salida VGA será de 320x240 pixels.
La salida composite será de 1 Vpp y formato PAL.

3.3.13 Interface bus 1553 del sistema

La interface doble redundante se hará mediante dos híbridos BC independientes en la UCC.
Habrá transformadores de adaptación de impedancia que se podrán conectar o no.

3.3.14 Interface bus 1553 externo

La interface doble redundante se hará mediante dos híbridos RT independientes en la UCC.
Habrá transformadores de adaptación de impedancia que se podrán conectar o no.
La dirección del RT se podrá fijar por menú.

3.3.15 Interface RS-422

Esta interface permitirá la integración externa con los mismos comandos que a través del bus 1553.

3.3.16 Interface ARINC-429

Esta interface dispondrá de un transmisor (Tx) y un receptor (Rx).

Será conforme a la especificación ARINC 429-16.

Se podrán configurar hasta 16 canales Tx y hasta 16 canales Tx.

Dispondrá de una memoria FIFO de 512 palabras.

Se podrá configurar la frecuencia de cada canal entre 12.5 y 100 KHz.

3.3.17 Interface IDE

Esta interface se utilizará para leer y escribir en el driver Compact Flash.

Bastará con que soporte un dispositivo.

Soportará los modos PIO 0, 1, 2, 3 y 4 así como los modos 1, 2 y 3 de transferencias DMA multipalabra. Soportará LBA y transferencia de bloques. La velocidad de transferencia de datos será de 100 Mbps.

3.3.18 Interface carga/descarga OFP

Esta interface servirá para la carga y descarga del OFP de la CCU.

3.3.19 Interface de blanking

Esta interface proporcionará una señal al sistema de EW que indicará que otro sistema del helicóptero está emitiendo RF dentro de alguna de las bandas en que recibe el RWR. Esta señal se mantendrá activa mientras la fuente emita. De esta forma el RWR se desconectará mientras esté activa la señal de blanking para evitar su saturación.

La velocidad de transferencia de datos será de 100 Mbps.

Capítulo III : CONCLUSIONES Y FUTUROS DESARROLLOS.

Hasta este punto han quedado totalmente definidos los datos y los inputs necesarios para que el equipo de diseño puede empezar a trabajar sobre el proyecto . Para la finalización completa de este proyecto, habría que tener en cuenta las siguientes fases:

Diseño detallado

Una vez definida la estrategia de diseño a seguir y elaborado el correspondiente diseño arquitectónico, es necesario establecer el diseño de la estructura interna de los objetos. El diseño detallado es la actividad técnica que sigue a la selección de arquitectura.

Su objetivo es dejar el proyecto preparado para la implementación: parte de los resultados de la fase de arquitectura, y produce un diseño completo y listo para la fase de programación.

Su finalidad es describir en detalle cada una de las partes de la solución.

Es importante verificar que el diseño detallado soporta los requisitos. Conviene comenzarlo por los aspectos que presentan mayores riesgos (risk driven) . Un diseño elegante mejora la implementación y el mantenimiento de una aplicación. En esta etapa se adecua el análisis a las características específicas del ambiente de implementación y se completan las distintas aplicaciones del sistema con los modelos de control, interfaz o comunicaciones, según sea el caso.

El equipo de diseño constará de ocho ingenieros que trabajarán durante dos años y medio en esta fase. Cuatro de ellos estarán dedicados al diseño de HW y los otros cuatro al diseño de SW.

Construcción de prototipo

El prototipado modela el producto final y permite efectuar un test sobre determinados atributos del mismo sin necesidad de que está disponible. Se trata, simplemente, de testear haciendo uso del modelo. Finalizado el prototipo, en su primera versión, se debe realizar los ajustes que permitan su implantación. Se harán no menos de dos versiones del prototipo. Al ser éste aprobado por el usuario se pasa a realizar un período de pruebas de sistema, con datos ficticios y reales, con la finalidad de conocer su "performance".
Del prototipo se encargarán un ingeniero y dos técnicos durante 6 meses.

Fase de calificación

La calificación aeronáutica es la declaración oficial de cumplimiento de las normas militares o, en su defecto, civiles para uso aeronáutico.

Esta fase sirve para identificar técnicamente una aeronave, definir sus características y expresar la calificación que merece para su utilización, deducida de la inspección en tierra y de las correspondientes pruebas en vuelo. La fase de calificación la llevarán a cabo dos ingenieros durante un año.

Fase de certificación

Esta fase garantiza que se han realizado los ensayos, análisis y todo tipo de pruebas y trabajos experimentales, necesarios para demostrar que cumplen con las bases de certificación establecidas para cada tipo de aeronave, motor o hélice, y que se cumplen llos requisitos de vuelo. Se llevan a cabo actividades de certificación que cubren los aspectos técnicos de todos los sistemas que componen una aeronave, incluidos los ensayos en vuelo.
En esta fase trabajarán tres ingenieros durante un año.

Fase Fabricación (coste/unidad)

La última fase será la de fabricación y venta del equipo. Para la fabricación de una unidad contaremos con un técnico y un periodo de tres meses.

BIBLIOGRAFIA

Documentos aplicables

Los siguientes documentos aplicables son parte constituyente del documento de requisitos entregado a Eurocopter España y son aplicables en su totalidad salvo indicación contraria.

DA1	MIL-STD-810 "Environmental Test Methods and Engineering Guidelines"
DA2	MIL-STD-461 Requirements for the control of electromagnetic interference characteristics of subsystem and equipement
DA3	MIL-STD-882D "Standard practice for system safety"

Los siguientes documentos aplicables son parte constituyente del documento de arquitectura entregado a Eurocopter España y son aplicables en su totalidad salvo indicación contraria en este documento.

DA1	Definición de Requisitos. Autoprotección Integrada para helicópteros Cougar. 135-REQ Ed.:1
DA2	MIL-STD-1477C NOT 1: SYMBOLS FOR ARMY SYSTEM DISPLAYS (METRIC
DA3	AHRS400 Series User's Manual Models: AHRS400CAAHRS400CBAHRS400CC- (DMU-HDX-AHRS) Revision A, March 2002 Document 7430-0004-01

Documentos de referencia

Los siguientes documentos de referencia nos ofrecen información complementaria útil durante el desarrollo de las fase de definición de requisitos y definición de arquitectura.

DR1	Curso práctico y de mantenimiento del CMDS M130 ROKAR INTERNATIONAL
DR2	MILDS Programme Description EADS
DR3	Interface Specification Asynchronous RS422 EWSC-MILDS II NH90
DR4	ICD-MLD-200000-00 Interface Control Document EWS-MILDS MILDS AN/AAR-60
DR5	Interface Control Document for As-332 Super-Puma helicopter M-130 V.2 CMDS
DR6	Technical manual operation and maintenance for the M-130V.2 Countermesures Dispensing System(CMDS) ROKAL INTERNATIONAL
DR7	Technical manual operation and maintenance for the M-130V.2 Countermesures Dispenser Test Set (CMTS) ROKAL INTERNATIONAL
DR8	MILDs HeSA System Description EADS
DR9	S-MLD-200000-00 Specification MILDS
DR10	S-MLD-200000-01General Requirement Specification Missile Launch Detection MILDS II
DR11	Proposal No 59542 for LWS ALTAS-2Q for Superpuma

Parte II:

ESTUDIO ECONÓMICO

Para analizar la rentabilidad de este proyecto, es importante realizar un estudio sobre el crecimiento del mercado de helicópteros, especialmente en el sector militar.

Es importante destacar que el objetivo de este proyecto no es implantar es sistema únicamente en helicópteros fabricados en EUROCOPTER sino penetrar en otros mercados, posicionando y comercializando el producto entre sus competidores.

El papel más importante en el mercado de helicópteros corresponde a las grandes empresas, debido en gran parte a que los clientes de helicópteros exigen un amplio soporte logístico que las empresas pequeñas no pueden aportar.

Debido a esta consideración, este estudio se basa en las empresas más significativas desde el punto de vista de porcentaje de mercado que ocupan.

Mucha gente cree que la aviación de alas giratorias va a continuar creciendo en la próxima década. A la par que la tecnología avanza, así los helicópteros volarán más lejos, más rápido y más alto que hasta ahora.
De acuerdo con la mayoría de las fuentes, el año 2000 fue un buen año para la industria comercial de helicópteros, incluso con los aumentos del precio de los combustibles. En general, la industria de los helicópteros sigue un crecimiento paralelo al de la economía.

Los últimos cuatro años han sido muy buenos, con unas ventas por encima de los 1,2 billones de dólares. En el 2001, los productores de helicópteros civiles entregaron cerca de 500 unidades valoradas en 1,3 billones de dólares. Según entramos en el 2002, nos enfrentamos a una recesión mundial y quizás deflación, debido a unos precios menores del petróleo. Para este año se produjo una disminución a 1,24 billones de dólares, seguida de una disminución mayor a 1,2 billones para el 2003. Para el 2010, el mercado civil se valora en 1,3 billones de dólares, que no representa ningún crecimiento importante respecto del mercado actual.

El mercado civil se puede considerar que es entre una cuarta y séptima parte del militar, en cuanto a dinero involucrado, dependiendo del año. La mayoría de la demanda del sector privado de helicópteros proviene de las áreas que típicamente no suelen tener crecimiento, como son la extracción de recursos (petróleo) o los utilitarios.

Mientras que las ventas han aumentado con el resurgimiento de las economías asiáticas, el hundimiento del euro plantea un problema para los productos americanos. Una posición débil del euro supone que los helicópteros construidos por Estados Unidos pueden ser demasiado caros comparados con sus competidores europeos. Productos con una alta calidad, pero más caros, crean unas claras desventajas competitivas en aquellos que son muy sensibles a variaciones de precios. En este punto es donde influye el tipo de aceptación de dichos problemas. Como la regla de NIMBY (Not in My Backyard) [4] continúa prevaleciendo en la mayoría de las áreas urbanas alrededor de Estados Unidos, muchos helipuertos están cerrando o no están recibiendo la aprobación local para abrir. Este hecho está cargando la ya de por sí sobrecargada infraestructura de los helicópteros.

Dos áreas en las que la aceptación pública no ha planteado mayores problemas son los servicios médicos de emergencia y cuerpos policiales. Estos campos se espera que crezcan moderadamente.

Si estudiamos el caso de Estados Unidos, las compañías civiles han avanzado normalmente desarrollando nuevas tecnologías para programas militares, y después reinvirtiendo esta tecnología en programas civiles.

---

4 El concepto nació décadas atrás en Estados Unidos para describir las actitudes de los vecinos que rechazaban proyectos en sus barrios, aunque no siempre les preocupaba que se implementaran en otros barrios o ciudades. El efecto o síndrome NIMBY en versión castellanizada de las siglas inglesas sería SPAN, versión castellanizada de las siglas inglesas y que significan sí, pero aquí no

Ejemplos de proyectos que suelen provocar el efecto nimby son: Centros de rehabilitación de toxicómanos, incineradoras de residuos urbanos, realojo de población marginal.

La respuesta europea a EEUU es algo distinta. Los gobiernos europeos y las industrias tienen una gran cantidad de programas de desarrollo con fondos gubernamentales. Pero existe un
problema con esta política. Tradicionalmente, Europa y otros países han respondido al adelanto en el mercado americano de defensa aportando una mayor ayuda al sector civil. Por lo tanto, la industria militar europea nunca se ha llegado a equiparar con la americana. De nuevo, el mercado militar estará siempre varias veces por delante del civil. Estos hechos sugieren que la creación de mercado en la industria del helicóptero es más importante que el desarrollo de tecnología. Ambos, EEUU y Europa están reconociendo los límites del modelo europeo, por lo que Europa está empezando a acercarse al modelo estadounidense.

La demanda militar de nuevos helicópteros depende principalmente de consideraciones presupuestarias y estratégicas, así como de la necesidad de renovar las flotas que se están quedando obsoletas. Se considera que la avanzada edad de la flota en servicio, la urgencia de una nueva generación de helicópteros **equipados con sistemas integrados de alta tecnología** y la continua introducción de aparatos de combate en muchas fuerzas armadas nacionales, contribuirán a estimular la demanda de helicópteros militares en los próximos años y por lo tanto se puede prever gran facilidad de posicionamiento de nuestro producto en el mercado.
Recientes programas militares a gran escala, como los realizados por Australia, Brasil, Indonesia y España, así como el Proyecto de Helicóptero Estándar nórdico, han confirmado esta tendencia. La demanda del sector militar ha estado siempre sometida a importantes variaciones de un año para otro debido a la evolución de las consideraciones estratégicas.
El segmento militar es altamente competitivo y se caracteriza por las dificultades que muestran los fabricantes extranjeros para acceder a las licitaciones nacionales, en algunos casos llegando incluso a impedirse de facto las importaciones.

En el segmento militar, los principales competidores de Eurocopter son los cuatro grandes fabricantes de helicópteros presentes en el mercado mundial, Agusta-Westland en Europa y Bell Helicopter, Boeing y Sikorsky en los EE.UU. Además, varios fabricantes nacionales compiten en los mercados de estos cuatro fabricantes.

Los helicópteros vendidos en el sector civil se utilizan para el transporte de directivos de empresas, la explotación petrolífera en alta mar (offshore), así como en diversas aplicaciones comerciales y de servicio público como los guardacostas, la policía, los servicios de asistencia médica y contra incendios. Se prevé que el valor de las ventas en el sector civil aumentará una media del 3% durante los próximos 10 años.

En el mercado civil, el principal competidor mundial de Eurocopter es el estadounidense Bell Helicopter, división de Textron Inc. El segmento de los helicópteros civiles está relativamente concentrado, y la cuota conjunta de Eurocopter y Bell Helicopter representó aproximadamente el 75% del total de las ventas de helicópteros civiles en 2004 (total cuyas cifras se distribuyen aproximadamente como sigue: EC 52%; Bell 22%; Augusta 10%; Siko 10%).

Los principales clientes militares de Eurocopter son los Gobiernos de los países europeos, seguidos por clientes de Asia y Oriente Medio. La entrada de Eurocopter en el mercado civil y de los servicios públicos está bien repartida en el mundo y su introducción en los mercados civiles y de los servicios parapúblicos en Europa, Estados Unidos y Canadá le sitúa en el primer lugar, por delante de los demás fabricantes de esos mercados.

La estrategia mundial de Eurocopter se basa en una gran red internacional. Actualmente, la red incluye 15 filiales extranjeras, complementadas por una red de distribuidores autorizados y de centros de servicio destinados a conseguir el mayor número de clientes potenciales.

Asimismo, Eurocopter ha desarrollado su experiencia en materia de producción bajo licencia, de coproducción y de subcontratación y ha establecido relaciones con socios industriales y proveedores en más de 35 países diferentes.

Alrededor de 2.400 operadores de todo el mundo utilizan actualmente los helicópteros Eurocopter, lo que constituye una importante base de clientes para las actividades de servicios postventa. El 85% de los clientes de Eurocopter dispone de flotas de entre uno y cuatro helicópteros.

Los guardacostas americanos (United States Coast Guard) utilizan 95 helicópteros Dauphin; los mayores operadores de explotación petrolífera de alta mar (Norwegian Helicopter Services y PHI) utilizan helicópteros Eurocopter para el transporte de pasajeros y las actividades de explotación petrolífera en alta mar. En el mercado de la asistencia médica de urgencia, los helicópteros Eurocopter dominan la flota de los grandes operadores como Rocky Mountain Helicopter en Estados Unidos y ADAC en Alemania. Otros cuerpos oficiales muy exigentes en cuanto a la calidad de servicio, como la policía y las fuerzas armadas, han depositado también su confianza en los productos Eurocopter.

Parte III:

PRESUPUESTO

PRESUPUESTO

Para simplificar el análisis de costes del proyecto, voy a dividirlo en dos partes:

La primera parte corresponde a un estudio y estimación de los costes correspondientes al proyecto realizado a día de hoy.

En la segunda parte, se hará una previsión de los costes que corresponderían al proyecto completo, incluyendo todas las etapas desde su diseño hasta su fabricación.

Para realizar el presupuesto se han tenido en cuenta los siguientes datos:

- La empresa estima un coste de 50 €/hora para todos los trabajadores, independientemente de su cargo dentro de la empresa.

- Se estima 1772 horas trabajadas al año ó 176 horas trabajadas al mes.

- Los costes de materiales de las distintas etapas se estiman en función de la experiencia acumulada de otros proyectos con similares características.

Costes del proyecto realizado

CONCEPTO	Horas	Materiales (€)	Costes (€)
Ingeniería: Estudio Supervisión	 500 90		 25000 4500
Soporte	10		500
Gastos empresa: Alquiler Material oficina		 50 50	 50 50
Total……			**30100**

Desglosando los costes, en sus diferentes conceptos:

Estudio:

Horas presenciales en la empresa: 10 horas a la semana durante 9 meses

Horas de dedicación personal.

Supervisión:

Horas de dedicación de mi director de proyecto para supervisión, apoyo, explicaciones, etc.

Soporte:

Horas dedicadas por otros miembros de la empresa que me han ayudado a lo largo del proyecto.

Gastos de la empresa:

Costes aproximados de alquiler y material de oficina utilizados durante estos meses.

Costes del proyecto completo

CONCEPTO	Horas	Materiales	Costes
Proyecto realizado			30100
Diseño detallado	36000	72125	108125
Construcción de prototipo	3168	90000	93168
Fase de calificación	3544	36000	39544
Fase de certificación	5326		5326
Fase Fabricación (coste/unidad)	528	18000	18528
Total ……			**294791**

Diseño detallado:

El equipo de diseño estará compuesto por 8 ingenieros que trabajarán durante dos años y medio en esta fase. 4 estarán dedicados al diseño de HW y 4 al diseño de SW.
Se utilizarán materiales de laboratorio, instrumentación, etc.

Construcción de prototipo:

Del prototipo se encargarán un ingeniero y dos técnicos durante 6 meses.

Fase de calificación

La fase de calificación la llevarán a cabo dos ingenieros durante un año. El material utilizado será en orden de ensayos y de construcción de equipos específicos para realizar las pruebas de análisis.

Fase de certificación:

En esta fase trabajarán tres ingenieros durante un año.

Fase Fabricación (coste/unidad)

Para la fabricación de una unidad contaremos con un técnico y un periodo de tres meses, utilizando los materiales necesarios para su fabricación.