

# Trabajo Fin de Máster

## Ingeniería Aeronáutica

### Selección de plataforma y proyecto básico de transformación de avión de transporte a versión patrulla marítima (MP)

Autor: Manuel Concepción Megía

Tutor: Diego Jerónimo Morillo Galeote

**Dpto. Ingeniería de la construcción y proyectos  
de ingeniería**

**Escuela Técnica Superior de Ingeniería**

Sevilla, 2020





Trabajo Fin de Máster  
Ingeniería Aeronáutica

**Selección de plataforma y proyecto básico de  
transformación de avión de transporte a versión  
patrulla marítima (MP)**

Autor:

Manuel Concepción Megía

Tutor:

Diego Jerónimo Morillo Galeote

Profesor Asociado

Dpto. Ingeniería de la construcción y proyectos de la ingeniería

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2020



Proyecto Fin de Carrera: Selección de plataforma y proyecto básico de transformación de avión de transporte a versión patrulla marítima (MP)

Autor: Manuel Concepción Megía

Tutor: Diego Jerónimo Morillo Galeote

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2020

El Secretario del Tribunal



# Agradecimientos

---

Gracias a mi familia, sin la cual no sería la persona que soy hoy.

Gracias a Marta, por tu paciencia, cariño y ayuda para conseguir este objetivo.

Gracias a Rumba, por apoyarme sin condición y acompañarme cada día en este camino.

Por último, gracias a mi tutor Diego Jerónimo Morillo Galeote, por la oportunidad que me ha dado apoyando desde el principio la idea de este trabajo y por su entendimiento ante las dificultades presentadas durante el transcurso del mismo.





# Resumen

---

Vivimos en un mundo globalizado, donde cualquier evento o circunstancia puede, en un espacio pequeño de tiempo, tener un efecto en cualquier otro lugar del planeta. Un estado no solo debe velar por la seguridad de sus ciudadanos dentro de sus límites geográficos, sino que debe hacerlo en cualquier lugar donde sus ciudadanos carezcan de ésta. En este contexto, se presenta la necesidad actual y a futuro que existe en Europa en competencia de seguridad marítima mediante el empleo de aeronaves.

En este trabajo se realiza un análisis de la flota de aeronaves de patrulla marítima mundial, no solo atendiendo a las capacidades de cada una de ellas, sino a su vida útil restante y consecuentemente, a las necesidades de los diferentes estados para adquirir este tipo de recursos en un futuro próximo. Además de estos datos, se ha recogido una solicitud de información oficial a fabricantes de aeronaves, publicada por la OTAN en 2019, que reúne las especificaciones a cumplir por este tipo de aeronaves a futuro. Con estos requerimientos, se ha seleccionado una plataforma de transporte de pasajeros civil y se ha diseñado la transformación de ésta en una aeronave de patrulla marítima, cumpliendo en capacidades, plazos y eficiencia la demanda del mercado actual comparándose con los modelos ofertados por la competencia actualmente.



# Abstract

---

We live in a globalized world, where any event or circumstance can have an effect on any other place on the planet in a small space of time. The citizen security of a state is not restricted to its geographical boundaries, but to any place where its citizens lack it. In this context, the current and future need in Europe for maritime safety competences through the use of aircraft is presented.

In this work, an analysis of the world maritime patrol aircraft fleet is carried out, not only taking into account the capabilities of each one of them, but also their remaining useful life and, consequently, the needs of the different states to acquire this type of resources in the near future. In addition to this, an official Request For Information, published by NATO in 2019, has been analysed to gather the specifications to be met by this type of aircraft in the future. With these requirements, a civil passenger transport platform has been selected and the transformation of this platform into a maritime patrol aircraft has been designed to meet the current market demand in terms of capacity, time and efficiency, making a comparison with the models offered by the competition today.



# Índice

Agradecimientos.....	I
Resumen.....	III
Abstract .....	V
Índice.....	1
Índice de Tablas .....	5
Índice de Figuras .....	7
Definiciones .....	11
Abreviaturas .....	13
<b>1 Introducción y generalidades .....</b>	<b>17</b>
1.1 <i>Contexto y motivación del Trabajo</i> .....	17
1.1.1 Necesidades en Europa .....	17
1.1.2 Medios disponibles actualmente.....	18
1.1.3 Motivación .....	20
1.2 <i>Objetivos</i> .....	20
<b>2 Aviones MP en servicio .....</b>	<b>23</b>
2.1 <i>Fabricados en países OTAN</i> .....	24
2.1.1 ATR 72 MP - Italia .....	24
2.1.2 ATR 42 MP - Italia .....	26
2.1.3 Boeing P-8 – Estados Unidos .....	27
2.1.4 Bombardier Serie 600 – Canadá, Estados Unidos.....	31
2.1.5 Breguet Br.1150 Atlantic 1 / 2 – Francia.....	32
2.1.6 CN-235 – España, Indonesia .....	35
2.1.7 CASA C295 MSA/MPA. - España .....	37
2.1.8 M28 Bryza - Polonia .....	41
2.1.9 P-3 Orión – Estados Unidos .....	42
2.2 <i>Fabricados en países MNNA. (Aliados Importantes no OTAN)</i> .....	46
2.2.1 KAWASAKI P-1 - Japón .....	46
2.3 <i>Fabricados en países NO OTAN</i> .....	48
2.3.1 Ilyushin Il-38 - Rusia.....	48
2.4 <i>Comparativa entre modelos en servicio</i> .....	50
<b>3 Necesidades de futuro.....</b>	<b>55</b>
3.1 <i>Hitos que definen las necesidades de posibles países cliente</i> .....	55
3.2 <i>Estado de las flotas de posibles países cliente</i> .....	56
3.2.1 Demanda real futura de aeronaves de patrulla marítima. Proyecto AIM2D .....	56
3.3 <i>Requisitos del proyecto AIM2S</i> .....	58
<b>4 Selección de avión y sistemas MP .....</b>	<b>63</b>
4.1 <i>Selección de Plataforma</i> .....	63

4.1.1	Análisis de plataformas viables para el proyecto.....	64
4.1.2	Plataforma seleccionada.....	66
4.2	<i>Selección de sistemas MP</i> .....	71
4.2.1	Mejoras en la plataforma .....	71
4.2.2	Sistema de comunicaciones, navegación, vigilancia y de gestión de tráfico aéreo embarcados .....	72
4.2.3	Gestión de datos de misión .....	72
4.2.4	Sensores de misión .....	73
4.2.5	Armamento.....	73
4.2.6	Enlace de datos.....	73
4.2.7	Sistemas de identificación .....	74
4.2.8	Sistemas de autodefensa.....	74
4.3	<i>Kits de equipamiento comercializados</i> .....	75
<b>5</b>	<b>Proyecto básico de transformación</b> .....	<b>77</b>
5.1	<i>Modificaciones clasificadas por ATA</i> .....	78
5.1.1	ATA 20 – Características generales .....	80
5.1.2	ATA 21 – Aire acondicionado y presurización .....	82
5.1.3	ATA 23 – Sistema de comunicaciones .....	84
5.1.4	ATA 24 – Potencia eléctrica .....	86
5.1.5	ATA 25 – Equipamiento y acondicionamiento interior .....	90
5.1.6	ATA 26 – Protección contra el fuego .....	99
5.1.7	ATA 28 – Combustible.....	100
5.1.8	ATA 29 – Potencia hidráulica.....	103
5.1.9	ATA 31 – Sistemas de indicación y registro .....	106
5.1.10	ATA 33 – Luces.....	107
5.1.11	ATA 34 – Sistema de navegación .....	108
5.1.12	ATA 35 – Oxígeno .....	111
5.1.13	ATA 43 – Comunicaciones tácticas .....	114
5.1.14	ATA 48 – Sistema de repostaje de combustible en vuelo .....	116
5.1.15	ATA 53 – Fuselaje .....	117
5.1.16	ATA 54 – Góndolas / Pilonos .....	119
5.1.17	ATA 56 – Ventanas .....	121
5.1.18	ATA 93 – Vigilancia .....	122
5.1.19	ATA 94 – Armamento .....	128
5.1.20	ATA 99 – Guerra electrónica y autodefensa .....	128
<b>6</b>	<b>Proceso de transformación</b> .....	<b>131</b>
6.1	<i>Estimación de tiempos proceso de transformación</i> .....	131
6.2	<i>Normativa aeronavegabilidad y certificación</i> .....	134
6.2.1	Certificado de Tipo .....	135
6.2.2	Suplemento al Certificado de Tipo.....	136
6.2.3	Certificación Militar .....	136
6.3	<i>Presupuesto preliminar</i> .....	136
<b>7</b>	<b>Avión transformado MP</b> .....	<b>139</b>
7.1	<i>Presentación avión transformado y capacidades</i> .....	139
7.1.1	Peso y centrado A220 MPA .....	139
7.1.2	Actuaciones A220 MPA versión AIM2S .....	144
7.1.3	Equipamiento adicional incluido .....	154
7.2	<i>Cumplimiento de objetivos del trabajo</i> .....	156
7.3	<i>Cumplimiento de objetivos impuestos por RFI de OTAN</i> .....	157
7.4	<i>Comparativa con otros modelos</i> .....	163

<b>8</b>	<b>Conclusiones y comentario del autor .....</b>	<b>167</b>
<b>9</b>	<b>Anexos .....</b>	<b>170</b>
9.1	<i>Anexo I. Request for information (RFI) in relation to potential Cooperation on Accelerated Interim Multinational MPA Solution (AIM2S).</i> .....	170
9.2	<i>Anexo II. Hipótesis tomadas para la realización del trabajo.</i> .....	181
	<b>Referencias .....</b>	<b>183</b>





# Índice de Tablas

---

Tabla 1-1. Flota MPA. de países OTAN. (Fuente: [10])	19
Tabla 2-1. Comparativa modelos MPA actualmente en servicio	53
Tabla 3-1. Misiones principales y secundarias AIM2S. (Fuente: [54])	58
Tabla 3-2. Capacidades clave para la OTAN del programa AIM2S. (Fuente: [54])	59
Tabla 3-3. Misiones principales y secundarias AIM2S (a rellenar por el fabricante). (Fuente: [54])	62
Tabla 3-4. Capacidades clave para la OTAN del programa AIM2S (a rellenar por el fabricante). (Fuente: [54])	62
Tabla 4-1. Características plataformas propuestas. (Fuente: Airbus / Bombardier / Boeing)	65
Tabla 4-2. Precio medio unitario. (Fuente: Airbus & Boeing)	66
Tabla 4-3. Características avión verde. (Fuente: Airbus [59], [60])	68
Tabla 4-4. Características avanzadas del A220-300. (Fuente: Bombardier [58])	70
Tabla 4-5. Equipamiento incluido en kit obligatorio MPA	75
Tabla 4-6. Equipamiento incluido en kit opcional ASW	76
Tabla 4-7. Equipamiento incluido en kit opcional C4ISR	76
Tabla 4-8. Equipamiento incluido en kit opcional MEDEVAC	76
Tabla 5-1. Lista de ATAs afectados por modificaciones	79
Tabla 6-1. Desglose de costes estimados para el diseño, fabricación y certificación de una unidad A220 MPA	137
Tabla 7-1. Definición de pesos operativos de una aeronave	140
Tabla 7-2. Características A220 MPA.	142
Tabla 7-3. Drag Index según configuración (Fuente: Airbus)	146
Tabla 7-4. Efecto de la resistencia aerodinámica adicional en el alcance	148
Tabla 7-5. Efecto de la resistencia aerodinámica adicional en la velocidad de crucero	148
Tabla 7-6. Efecto del Drag Index en las actuaciones del C295. (Fuente: Airbus)	148
Tabla 7-7. Estimación de alcances A220 MPA con diferentes configuraciones	151
Tabla 7-8. Estimación de alcances A220 MPA con tanques de combustible auxiliares	151
Tabla 7-9. Estimación de velocidades de crucero A220 MPA con diferentes configuraciones	152
Tabla 7-10. Estimación autonomías A220 MPA con diferentes configuraciones	154
Tabla 7-11. Equipamiento A220 MPA en versión AIM2S (kits MPA+ASW+C4ISR+MEDEVAC)	154
Tabla 7-12. Objetivos acordados con el tutor del trabajo y medios de cumplimiento	156
Tabla 7-13. Misiones principales y secundarias AIM2S (a rellenar por el fabricante). (Fuente: [54])	157

Tabla 7-14. Capacidades clave para la OTAN del programa AIM2S (a rellenar por el fabricante).  
(Fuente: [54])

160

# Índice de Figuras

---

Figura 1-1. Llegadas de inmigrantes mensuales por mar a Grecia, Italia y España (2018). Fuente: [8]	18
Figura 1-2. Boeing C-17 Globemaster III Fuerza Aérea India. (Fuente: Flickr @tjenaremannen)	20
Figura 2-1. Hawker Siddeley Nimrod perteneciente a Reino Unido. (Fuente: airliners.net)	23
Figura 2-2. ATR 72 MP. (Fuente: Leonardocompany.com)	24
Figura 2-3. Un operador italiano controla el sensor electro-óptico desde una de las consolas. (Fuente: Leonardo Company)	25
Figura 2-4. ATR42 MP Guardia Costera Italiana. (Fuente: Homelandsecurity-technology.com)	26
Figura 2-5. Boeing Poseidon P-8 Navy (Fuente: wallhere.com)	27
Figura 2-6. Boeing P-8 durante repostaje en vuelo (izquierda). Consolas de misión Boeing P-8 (derecha). (Fuente: US Navy)	29
Figura 2-7. Un marino de la US Navy explica a marineros de la Armada japonesa el sistema retráctil de la torreta situada bajo el fuselaje del P-8 (Fuente: US Navy)	30
Figura 2-8. Representación gráfica del MSA diseñado por Boeing. (Fuente: Boeing)	31
Figura 2-9. Atlantique 2 en el festival aéreo Royal International Air Tattoo Festival 2018. (Fuente: RIAT 2018)	33
Figura 2-10. Bodega de armas del Atlantique 2 equipado con torpedos. (Fuente: Wikimedia Commons)	34
Figura 2-11. CN235 de guardacostas de la República de Corea del Sur. (Fuente: Wikimedia Commons)	35
Figura 2-12. C295 versión FWSAR (Fixed Wing Search And Rescue) para Fuerza Aérea Canadiense. (Fuente: Airbus)	37
Figura 2-13. C295 ASW chileno durante el lanzamiento de un torpedo. (Fuente: Airbus)	39
Figura 2-14. Consolas de misión del sistema FITS. (Fuente: Airbus)	40
Figura 2-15. M28 Bryza perteneciente a la Armada polaca. (Fuente: Wikimedia Commons)	41
Figura 2-16. Lockheed Martin P-3 Orion perteneciente a la Armada chilena. (Fuente: Wikipedia)	43
Figura 2-17. Tres Kawasaki P-1 con el Monte Fuji de fondo. (Fuente: Ministerio de defensa de Japón)	46
Figura 2-18. Ilyushin Il-38 perteneciente a la Armada india. (Fuente: Armada India)	48
Figura 2-19. Comparativa MTOW (Kg)	50
Figura 2-20. Comparativa Velocidad de crucero (Nudos)	51
Figura 2-21. Comparativa Alcance Máximo (NM)	51
Figura 2-22. Imagen comparativa entre Boeing P-8 y Kawasaki P-1. (Fuente: NAF Astugi 2014)	52
Figura 4-1. Comparativa A220-300 frente a A320Neo o B737-800NG	67
Figura 4-2. Eficiencia energética del Bombardier CS300. (Fuente: Bombardier [58])	67

Figura 4-3. Dimensiones generales A220-300 (1 / 3). (Fuente: Airbus [59])	69
Figura 4-4. Dimensiones generales A220 (2 / 3). (Fuente: Airbus [59])	69
Figura 4-5. Dimensiones generales A220 (3 / 3). (Fuente: Airbus [59])	70
Figura 5-1. Representación en detalle de la estructura de construcción del A220 100, compartida con el A220 300	77
Figura 5-2. Airbus A220 (arriba) y misma aeronave bajo la denominación de Bombardier CSERIES (abajo)	78
Figura 5-3. Tipos de antena instaladas en versión AIM2S (MPA + ASW + C4ISR)	80
Figura 5-4. Configuración de nuevas antenas instaladas en A220 AIM2S (MPA + ASW + C4ISR)	81
Figura 5-5. Sistema de ventilación de A320	83
Figura 5-6 Arquitectura sistema de ventilación de misión	83
Figura 5-7. Arquitectura sistema anticondensación ventana tipo burbuja	84
Figura 5-8. Panel de control de audio del A220. (Fuente: [61])	85
Figura 5-9. Panel de control del sistema de control de audio del A400M fabricado por la española TecnoBit. (Fuente: TecnoBit.com)	85
Figura 5-10. Distribución de nuevos paneles de control de audio en configuración AIM2S (MPA + ASW + C4ISR)	86
Figura 5-11. Arquitectura sistema eléctrico en operación normal	89
Figura 5-12. Configuración de cabina A220 300. (Fuente: [59])	91
Figura 5-13. Comparativa cabina B737-800 frente a Boeing P-8 Poseidon	91
Figura 5-14. Sistema de blindaje del cockpit mediante láminas de material balístico	92
Figura 5-15. Sistema dispensador de balizas, botes fumígenos y bengalas	92
Figura 5-16. Reproducción de la sala de planificación y control de misión	93
Figura 5-17. Ejemplo de contenedor de almacenamiento	93
Figura 5-18. Ejemplo de contenedor de balizas, botes fumígenos y bengalas	93
Figura 5-19. A220 MPA en configuración MPA	94
Figura 5-20. A220 MPA en configuración MPA optimizada para transporte de pasajeros o tropa	94
Figura 5-21. A220 MPA en configuración MPA + MEDEVAC	95
Figura 5-22. Sistema lanzador de sonoboyas. (Fuente: Canal USA Military Channel Youtube.com)	95
Figura 5-23. Armario modular para sonoboyas. (Fuente: Canal USA Military Channel Youtube.com)	96
Figura 5-24. A220 MPA en configuración MPA + ASW	96
Figura 5-25. A220 MPA en configuración MPA + ASW optimizada para transporte de pasajeros o tropa	96
Figura 5-26. A220 MPA en configuración MPA + ASW + MEDEVAC	96
Figura 5-27. A220 MPA en configuración MPA + C4ISR	97
Figura 5-28. A220 MPA en configuración MPA + C4ISR optimizada para transporte de pasajeros o tropa	97
Figura 5-29. A220 MPA en configuración MPA + C4ISR + MEDEVAC	98
Figura 5-30. A220 MPA en configuración AIM2S (MPA + ASW + C4ISR)	98

Figura 5-31. A220 MPA en configuración AIM2S (MPA + ASW + C4ISR) y transporte pasajeros o tropa	98
Figura 5-32. A220 MPA en configuración AIM2S (MPA + ASW + C4ISR) + MEDEVAC	99
Figura 5-33. Sistema detección de humo en conducto de ventilación de misión	99
Figura 5-34. Additional Center Tanks (ACT) para modelos A319, A320 y A321. (Fuente: Airbus [63])	100
Figura 5-35. Ejemplo controles de bombas de combustible de tanques auxiliares.	100
Figura 5-36. Dimensiones compartimentos de carga A220. (Fuente: [59])	101
Figura 5-37. Dimensiones compartimento de carga delantero A220. (Fuente: [59])	101
Figura 5-38. Dimensiones compartimento de carga trasero A220. (Fuente: [59])	102
Figura 5-39. Tanque auxiliar para compartimento de carga fabricado por Marshall Aerospace. (Fuente: Marshal Aerospace [64])	102
Figura 5-40. Localización tanques auxiliares de combustible.	103
Figura 5-41. Boeing P-8 Poseidon con bahía de bombas abierta. (Fuente: airliners.net)	104
Figura 5-42. Ejemplo esquema funcional del sistema hidráulico.	105
Figura 5-43. Luces de despegue y taxi, navegación y aterrizaje respectivamente	107
Figura 5-44. Arquitectura sistema de luces NVG	108
Figura 5-45. Diagrama de bloques FITS-Aviónica	109
Figura 5-46. Sistema de oxígeno fijo de tripulación del A320. (Fuente: Airbus)	111
Figura 5-47. Sistema de oxígeno fijo de cabina del A320. (Fuente: Airbus)	112
Figura 5-48. Ejemplo de sistema de oxígeno portátil	112
Figura 5-49. Modificaciones en el sistema de oxígeno	113
Figura 5-50. Ejemplo de MCDU instalada en Airbus A320. (Fuente: Airbus)	114
Figura 5-51. A330 MRTT repostando a un AWACS mediante el sistema UARRSI. (Fuente: Airbus)	116
Figura 5-52. Detalle del receptáculo UARRSI recibiendo combustible mediante sistema de pértiga	116
Figura 5-53. Arquitectura sistema de reabastecimiento en vuelo	117
Figura 5-54. Bahía de bombas de Boeing P-8 Poseidon con bodega de armas abierta durante la instalación de torpedo MK-54. (Fuente: Mallory Burton en Youtube.com)	117
Figura 5-55. Modificación en compartimentos de carga para el alojamiento de la bahía de bombas	118
Figura 5-56. Bahía de bombas proyectada por Airbus para el A319 MPA. (Fuente: [64])	118
Figura 5-57. Detalle bahía de bombas del Boeing P-8 Poseidon. (Fuente: Rami Khanna-Prade en Flickr)	119
Figura 5-58. Ejemplo de punto duro con pilón desmontado (parte izquierda de la imagen) y pilón montado a la espera de armamento (parte central de la imagen)	119
Figura 5-59. Instalación de misil Harpoon en pilón del Boeing P-8 Poseidon	120
Figura 5-60. Desarrollo de pruebas en vuelo del C295 para misil instrumentalizado (izquierda) y torpedo MK-46 para la versión chilena (derecha). (Fuente: Airbus)	120
Figura 5-61. Fotografía del Boeing P-8 Poseidon sin ventanas de pasajeros	121
Figura 5-62. Localización de ventanas tipo burbuja	121

Figura 5-63. Detalle de ventana de tipo burbuja en el C295 versión FWSAR	122
Figura 5-64. Ejemplo de consola de misión. (Fuente: Airbus)	122
Figura 5-65. Arquitectura sistema de misión FITS	124
Figura 5-66. Detalle de antena del radar ELTA ELM-2022 instalada en el C295 versión FWSAR. (Fuente: Airbus)	125
Figura 5-67. Un marino de la US Navy explica a marineros de la Armada japonesa el sistema retráctil de la torreta situada bajo el fuselaje del P-8. (Fuente: US Navy)	126
Figura 5-68. Detalle de localización del MAD en Boeing P-8I (Versión India). (Fuente: airliners.net)	127
Figura 5-69. Detalle de localización de antenas ESM en Boeing P-8 similar al A220 MPA. (Fuente: airliners.net)	127
Figura 5-70. Localización de dispensadores de contramedidas	129
Figura 5-71. Airbus A400M español usando el sistema de contramedidas. (Fuente: www.lacroix-defense.com/)	129
Figura 6-1. Proceso fabricación nuevo modelo de aeronave de transporte de pasajeros. (Fuente: Airbus.com)	131
Figura 6-2. Proceso de conversión del A220 en avión de patrulla marítima	132
Figura 6-3. Diagrama de Gantt del proceso de transformación	133
Figura 6-4. Requisitos de certificación para el A220 MPA en versión AIM2S	134
Figura 6-5 Portada del Certificado de Tipo del A220 serie 300. (Fuente: [60])	135
Figura 6-6. Desglose de costes estimados para el diseño, fabricación y certificación de una unidad A220 MPA AIM2S	137
Figura 7-1. Cálculo de pesos operativos de una aeronave. [68]	141
Figura 7-2. Ejemplo de límites en la posición del centro de gravedad	143
Figura 7-3. Operación típica de aeronave de patrulla marítima. (Fuente: Airbus)	144
Figura 7-4. Flujo de trabajo para cálculo de actuaciones con Drag Index	149
Figura 7-5. Diagrama peso combustible cero frente a alcance A220 (avión verde). (Fuente: [59])	150
Figura 7-6. Diagrama peso combustible cero frente a alcance A220 (avión verde) con tanques auxiliares	151
Figura 7-7. Velocidad de referencia en aterrizaje A220. (Fuente: Bombardier [59])	153
Figura 7-8. A220 MPA en configuración AIM2S (arriba) y variantes de transporte de tropa (centro) o MEDEVAC (abajo)	155
Figura 7-9. Comparativa MTOW A220 MPA con la competencia	163
Figura 7-10. Comparativo alcance A220 MPA con la competencia	164
Figura 7-11. Comparativa velocidad de crucero A220 MPA con la competencia	164

# Definiciones

---

**Aliado importante no-OTAN: (MNNA por sus siglas en inglés de *Major Non-NATO Ally*)** Designación dada por los Estados Unidos a un grupo de países aliados que, sin ser miembros de la OTAN, mantienen una estrategia de trabajo con las fuerzas norteamericanas. El estatus MNNA no equivale necesariamente a un pacto de defensa colectiva con los Estados Unidos, pero da ventajas militares y financieras que no pueden obtenerse por países no pertenecientes a la OTAN.

**Avión de patrulla marítima (MPA por sus siglas en inglés de *Maritime Patrol Aircraft*):** Avión diseñado para operar sobre el mar durante largos periodos de tiempo en misiones de patrullaje marítimo. La principal diferencia con aviones de vigilancia marítima (MSA por sus siglas en inglés de *Maritime Surveillance Aircraft*) es la capacidad de ataque armamentístico.

**Avión de vigilancia marítima (MSA):** Avión diseñado para operar sobre el mar durante largos periodos de tiempo en misiones de patrullaje marítimo. Este tipo de aviones deben contar con una gran autonomía y ser capaces de maniobrar con seguridad a baja altitud, ya que entre sus misiones tendrán que ser capaces de rastrear y escoltar a buques o embarcaciones sobre el mar.

La misión típica que llevan a cabo es la de vigilar una zona determinada en busca de posibles amenazas o personas en situación de emergencia, para ello la aeronave debe desplazarse desde su base de operaciones a velocidad de crucero. Una vez alcanzada la zona de interés, el Coordinador Táctico planea una serie de patrones de búsqueda o ruta a seguir a baja velocidad y altitud con la que cubrir toda esa área. Mientras la aeronave recorre esta ruta, el Operador de Sensores recaba la máxima información posible para futuras misiones de vigilancia o inteligencia.

Los principales sensores con los que debe contar son:

- Radar de Búsqueda: Es la principal herramienta de este tipo de aeronaves. Se trata de un sistema radar optimizado para localizar objetivos sobre la superficie del mar a largas distancias. Además, pueden ser capaces de realizar análisis de la silueta del objetivo con el propósito de identificarlos.
- Sistema de identificación de embarcaciones: Se trata de un transpondedor capaz de recibir la información emitida por las embarcaciones, incluyendo el rumbo y velocidad que llevan, su destino y las tareas que está realizando (transporte de carga, transporte de pasajeros, pesca, tareas de vigilancia, búsqueda y rescate, etc.). Gracias a este sistema se facilitan las operaciones de lucha contra piratería, inmigración ilegal y pesca furtiva, cuyas embarcaciones carecen de estos dispositivos.
- Sistema electro-óptico: Se trata de un sistema de cámaras que pueden operar más allá del espectro visible utilizando además lentes de aumento para el visionado de imágenes en lugares lejanos. Se trata del complemento perfecto para un sistema radar, ya que una vez que éste localiza un objetivo el electro-óptico puede enfocarle para la toma de imágenes o vídeo incluso en situaciones de mala visibilidad.

**Búsqueda y rescate (SAR por sus siglas en inglés de *Search And Rescue*):** La sigla SAR se usa internacionalmente para designar a cuerpos civiles o militares que tienen como misión encontrar y rescatar a alguien que se cree que está perdido, enfermo o herido en áreas lejanas, remotas o poco accesibles.

**Coordinador Táctico (TACCO):** Se trata del miembro de la tripulación responsable de coordinar las

actividades de la tripulación responsable de la operación táctica de la aeronave y sus sistemas embarcados. El TACCO puede, según el país, ser el comandante de la tripulación.

**Guerra antisubmarina (ASW por sus siglas en inglés de *Anti-submarine warfare*):** Tipo de guerra naval que tiene el objetivo de rastrear, encontrar y dañar o destruir submarinos enemigos. [1]

**Guerra anti-superficie (ASuW por sus siglas en inglés de *Anti-surface warfare*):** Tipo de guerra naval que tiene el objetivo de rastrear, encontrar y dañar o destruir buques de superficie enemigos. [1]

**Inteligencia de Emisiones Electromagnéticas (ELINT por sus siglas en inglés de *Electronic Intelligence*):** Tipo de operación militar en la que se adquiere información por medios electrónicos, normalmente de los sistemas de los sistemas de defensa. [1]

**Inteligencia, Vigilancia y Reconocimiento (ISR por sus siglas en inglés de *Intelligence, Surveillance and Reconnaissance*):** Tipo de operación militar en la que se adquieren coordenadas y objetivos, que mediante el procesamiento de datos pueden ser integrados a una base de conocimiento disponible para apoyar a futuras misiones.

**Operador de Sensores (*Sensor Operator*):** Un operador de sensores aerotransportados es la profesión funcional que consiste en reunir información en una plataforma aerotransportada (con o sin tripulación) mediante el control y supervisión de uno o más sistemas de sensores de misión con fines académicos, comerciales, de seguridad pública o de teledetección militar. El operador de sensores aerotransportados se considera un miembro de la tripulación de vuelo principal.

**Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN o NATO por sus siglas en inglés de *North Atlantic Treaty Organization*):** Tiene sus orígenes en la firma del Tratado de Washington de 1949, mediante el cual diez países de ambos lados del Atlántico (Bélgica, Canadá, Dinamarca, Estados Unidos, Francia, Islandia, Italia, Luxemburgo, Noruega, Países Bajos, Portugal y Reino Unido) se comprometieron a defenderse mutuamente en caso de agresión armada contra cualquiera de ellos. Así nació una Alianza que vinculaba la defensa de América del Norte con un conjunto de países de Europa Occidental sobre la base del artículo 51 (Capítulo VII) de la Carta de Naciones Unidas, que reconoce el derecho inmanente de legítima defensa, individual o colectiva, en caso de ataque armado.

Actualmente, la OTAN cuenta con 29 países miembros (Albania, Alemania, Bélgica, Bulgaria, Canadá, República Checa, Croacia, Dinamarca, Estados Unidos, Estonia, Eslovaquia, Eslovenia, España, Francia, Grecia, Hungría, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Montenegro, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, Rumania y Turquía).

**Velocidad de pérdida:** La velocidad de pérdida es aquella velocidad de vuelo a la que una aeronave con un determinado peso y configuración aerodinámica es aún controlable. Si la velocidad de vuelo fuera menor de ésta, la aeronave no sería controlable.



# Abreviaturas

---

<b>AAR</b>	<i>Air to Air Refuelling</i>
<b>AC</b>	<i>Alternating Current</i>
<b>AESA radar</b>	<i>Active Electronically Scanned Array</i>
<b>AIS</b>	<i>Automatic Identification System</i>
<b>ALA</b>	<i>Air Launch Accesory</i>
<b>AMASCOS</b>	<i>Airborne Maritime Situation &amp; Control System</i>
<b>AMS</b>	<i>Audio Management System</i>
<b>APU</b>	<i>Auxiliary Power Unit</i>
<b>ASuW</b>	<i>Anti-surface warfare</i>
<b>ASW</b>	<i>Anti-submarine warfare</i>
<b>ATOS</b>	<i>Airborne Tactical Observation and Surveillance</i>
<b>AWACS</b>	<i>Airborne Warning and Control System</i>
<b>BEW</b>	<i>Basic Empty Weight</i>
<b>BLOS</b>	<i>Beyond Line Of Sight</i>
<b>C2</b>	<i>Command and Control</i>
<b>C4ISR</b>	<i>Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance, Reconnaissance</i>
<b>CAS</b>	<i>Crew Alerting System</i>
<b>CMDS</b>	<i>Counter Measures Dispenser System</i>
<b>CSAR</b>	<i>Combat Search and Rescue</i>
<b>DACS</b>	<i>Defense Aids Control System</i>

<b>DC</b>	<i>Direct Current</i>
<b>DF</b>	<i>Direction Finder</i>
<b>DI</b>	<i>Dropped Items</i>
<b>EASA</b>	<i>European Union Aviation Safety Agency</i>
<b>EFB</b>	<i>Electronic Flight Bag</i>
<b>EGI</b>	<i>Embedded GPS Inertial navigation system</i>
<b>ELINT</b>	<i>Electronic Intelligence</i>
<b>EMEDS</b>	<i>Electrically Powered Electro-Mechanical Expulsion De-icing Systems</i>
<b>EVS</b>	<i>Enhanced Video System</i>
<b>FAA</b>	<i>Federal Aviation Administration</i>
<b>FAR</b>	<i>Federal Aviation Regulations</i>
<b>FITS</b>	<i>Fully Integrated Tactical System</i>
<b>FL</b>	<i>Flight Level</i>
<b>FMS</b>	<i>Flight Management System</i>
<b>FW</b>	<i>Fuel Weight</i>
<b>FWSAR</b>	<i>Fixed Wing Search And Rescue</i>
<b>GPS</b>	<i>Global Positioning System</i>
<b>HF</b>	<i>High Frequency</i>
<b>HUD</b>	<i>Heads-Up Display</i>
<b>IFF</b>	<i>Identification Friend or Foe</i>
<b>ISAR</b>	<i>Inverse Synthetic Aperture Radar</i>
<b>JAR</b>	<i>Joint Aviation Requirements</i>
<b>JDAM-ER</b>	<i>Joint Direct Ammunition Extended Range</i>
<b>JPR</b>	<i>Joint Personnel Recovery</i>
<b>Kn</b>	<i>Knots</i>
<b>LOS</b>	<i>Line Of Sight</i>

<b>LRU</b>	<i>Line Replaceable Unit</i>
<b>LW</b>	<i>Landing Weight</i>
<b>LWR</b>	<i>Laser Warning Receiver</i>
<b>MAC</b>	<i>Mean Aerodynamic Chord</i>
<b>MAD</b>	<i>Magnetic Anomaly Detector</i>
<b>MEDEVAC</b>	<i>Medical Evacuation</i>
<b>MNNA</b>	<i>Major Non-NATO Ally</i>
<b>MOT</b>	<i>Mark On Top</i>
<b>MP</b>	<i>Maritime Patrol</i>
<b>MPA</b>	<i>Maritime Patrol Aircraft</i>
<b>MPL</b>	<i>Maximum Payload</i>
<b>MPL</b>	<i>Maximum Payload</i>
<b>MRW</b>	<i>Maximum Ramp Weight</i>
<b>MSA</b>	<i>Maritime Surveillance Aircraft</i>
<b>MTOW</b>	<i>Maximum Takeoff Weight</i>
<b>MWS</b>	<i>Missile Warning System</i>
<b>MZFW</b>	<i>Maximum Zero Fuel Weight</i>
<b>MZFW</b>	<i>Maximum Zero Fuel Weight</i>
<b>NASA</b>	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
<b>NATO</b>	<i>North Atlantic Treaty Organization</i>



# 1 INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES

---

## 1.1 Contexto y motivación del Trabajo

La creciente mejora de medios de transporte, vías de comunicación, digitalización e irrupción de las redes sociales como ingrediente base de nuestro día a día, ha provocado que cualquier evento en el mundo pueda tener una consecuencia en nuestro entorno. En este contexto, la Armada Española describe el concepto de seguridad de una forma novedosa en un artículo escrito en su 40 aniversario, definiéndolo como “la necesidad que sienten los Estados de proteger la vida, la libertad, los derechos y el estado de bienestar de sus ciudadanos.” En esta nueva concepción se eliminan los límites físicos del país, ya que la necesidad se sigue presentando allí donde estén sus ciudadanos. Esto convierte el concepto de seguridad en algo que necesita de un interés común y solidario, “favorecido a través de la cooperación y colaboración entre naciones y organizaciones con las que se comparte una visión similar de la sociedad moderna.” [2]

La mar es, sin duda, un elemento común a un gran número de países, actuando como frontera y lo que es más importante, como la principal vía de comunicación de comercio mundial, con casi el 80% del transporte mundial. Se estima que sus más de 8 billones de toneladas de mercancía transportada cada año se duplique en los próximos 10 años [3]. Se trata de un bien de la comunidad internacional y garantizar su seguridad protege no solo el comercio mundial, sino un pilar fundamental del progreso y desarrollo de nuestra sociedad.

Este efecto se entiende meridianamente con los siguientes datos:

- Alrededor del 60% de la población mundial vive a menos de 100 km de la costa. [3]
- Veintidós de los veintisiete miembros de la Unión Europea son estados costeros o islas.
- España posee aproximadamente 8,000 kilómetros de costa. [4]

### 1.1.1 Necesidades en Europa

Europa se enfrenta cada día a multitud de amenazas para la seguridad de sus ciudadanos e instituciones relacionadas con la mar. Actualmente, esta gran cantidad de desafíos podrían resumirse en tres: la actividad militar por parte de Rusia en fronteras de países pertenecientes a la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN), la desestabilización de Oriente Medio y norte de África y la crisis migratoria del Mediterráneo.

Las amenazas son reales y obligan a la realización de diferentes misiones en este ámbito, como las llevadas a cabo por parte de los diferentes estados miembros de la OTAN. En 2015, Reino Unido lanzó una operación de búsqueda de actividad submarina en la que el objetivo era encontrar submarinos rusos sospechosos de navegar en sus aguas. En esta operación colaboró Francia, Canadá y Estados Unidos con aeronaves de patrulla marítima [5]. Además, fuentes de la OTAN, han confirmado más tarde que, efectivamente, la actividad submarina de Rusia actual puede llegar a compararse incluso con la existente en el momento más activo de la Guerra Fría. [6]

Un punto caliente de actividad lo tenemos “en casa”, se encuentra en el Estrecho de Gibraltar, donde el 29 de febrero de 2020 se vivió una escena bastante sintomática de las capacidades con las que cuenta España para vigilar sus aguas. Ese día la Armada estadounidense se vio obligada a desplegar un Boeing P-8A Poseidon, modelo que se estudiará en este trabajo, para la realización tareas de aseguramiento de la zona previo paso de un portaviones norteamericano de la clase *Nimitz*<sup>1</sup>, *USS Dwight D. Eisenhower* (CVN-69). [7]

---

<sup>1</sup> La clase *Nimitz* es una serie de 10 portaaviones de la Armada de los Estados Unidos. Estos buques reciben el símbolo de clasificación de casco CVN por sus especificaciones *Aircraft Carrier Nuclear-powered*,

No hay que olvidar que la seguridad de los dispositivos de separación de tráfico del estrecho de Gibraltar y del Cabo Finisterre están bajo la responsabilidad de España, permitiendo la navegación segura en esas aguas. De la misma forma se hace, junto con otros países aliados, en la operación Atalanta desarrollada en Somalia contra la piratería. La finalidad es evitar los ataques piratas a pesqueros que resultaron en situaciones como las vividas con el caso del secuestro -y posterior liberación- del buque «Alakrana» (octubre de 2009) o del Vega 5 (diciembre de 2010).

Otro problema, no solo de seguridad nacional sino de crisis humanitaria, es el que se vive cada día en el Mediterráneo. Tras la Primavera Árabe y la caída del régimen de Gadafi en 2011, se produjo un aumento considerable de la migración irregular en el Mediterráneo central. En 2015, sólo en Grecia se registraron 856.723 llegadas por mar y otras 153.842 lo hicieron en Italia, y estas estadísticas no tienen en cuenta a los que se quedan en el Mediterráneo. “En septiembre de 2018, la tasa de muertes en el mar alcanzó la asombrosa cifra del 19%, es decir, casi uno de cada cinco migrantes que intentó la ruta del Mediterráneo Central perdió la vida: el número más alto registrado, al menos desde 2012.” [8]

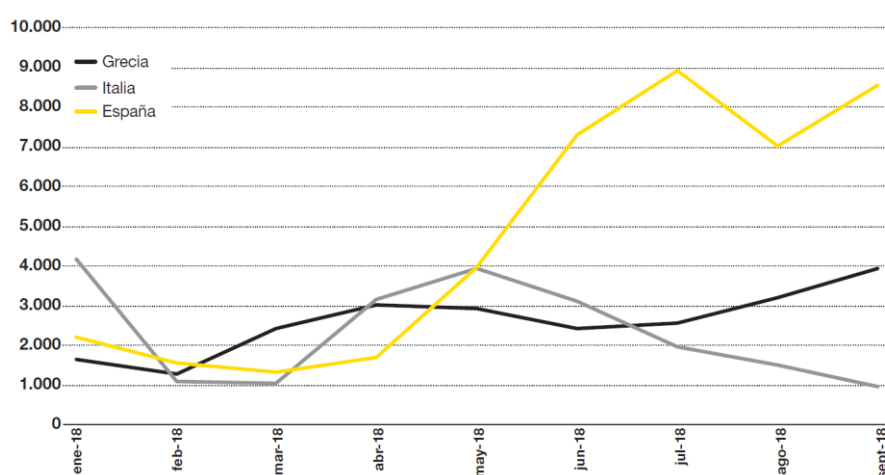


Figura 1-1. Llegadas de inmigrantes mensuales por mar a Grecia, Italia y España (2018). Fuente: [8]

## 1.1.2 Medios disponibles actualmente

En 2010 se gastaron en la Comunidad Europea un total de 190.3 mil millones de euros en el sector de Defensa. La última propuesta de la Comisión Europea (CE) al Fondo Europeo de Defensa en materia de gasto para el periodo comprendido los 2021-2027 alcanzó los 13,000 millones de euros. La propuesta incluía una aportación directa de los países por un valor de 10,500 millones para un nuevo “Fondo Europeo por la Paz”, con la finalidad de financiar operaciones militares. [9]

Sin embargo, en los últimos 20 años los países europeos pertenecientes a la OTAN no han prestado atención a la actualización y equiparación de las capacidades de patrulla marítima aérea respecto a otros países, como por ejemplo Estados Unidos. Desde el fin de la Guerra Fría el número de aeronaves de patrulla marítima ha sido reducido y la flota restante, cuenta con muchos años y horas de vuelo a sus espaldas.

En la Tabla 1-1 se muestra el estado de la flota europea, manifiestamente envejecida. A estos números se deberían añadir las recientes adquisiciones por parte de Noruega y Reino Unido de cinco y nueve Boeing P-8 Poseidon, respectivamente. De todas estas plataformas que sigan en la actualidad activas y algunas más de importancia reseñable pertenecientes o no a países OTAN, serán analizadas en profundidad en este trabajo.

Las necesidades son múltiples y crecientes, pero la solución puede ser versátil y común a todos estos países

si se trabaja de forma conjunta en una sola plataforma. El centro *Brent Scowcroft*<sup>2</sup> perteneciente al Atlantic Council y especializado en seguridad internacional, publicó un artículo en 2016 en el que se analizaba este problema, planteando como solución la consecución de un consorcio de países europeos. En el artículo se propone aunar las fuerzas y capacidades de cada país con el objetivo de diseñar y fabricar una plataforma común que resuelva a medio plazo la falta de capacidad de patrulla marítima en el viejo continente. [10]

Esto es algo que tiene precedentes con éxito, como el consorcio compuesto por 10 países OTAN (Bulgaria, Estonia, Hungría, Lituania, Países Bajos, Noruega, Polonia, Rumanía, Eslovenia y Estados Unidos) y 2 países con acuerdos por la Paz (Finlandia y Suecia) que se reparten a día de hoy un total de 3165 horas de vuelo anuales del Boeing C-17 Globemaster III, desarrollado para este proyecto. Pese a las dificultades políticas y económicas que sufrió el programa, la capacidad de transporte logístico de cada país participante se vio mejorada sustancialmente con la incorporación de cada aeronave.

**Tabla 1-1. Flota MPA de países OTAN. (Fuente: [10])**

Country	Type	Operational	Year introduced	Notes
United Kingdom	Nimrod MRA4	0	N/A	Project cancelled with 2010 SDSR
Greece	5 P-3A/B Orion	0	1993	All in store since 2009
Spain	5 P-3B, 8 CN-235	13	P-3: 1989, CN-235: 1988	P-3B purchased from Norway in 1989
Portugal	5 P-3, 5 CN-295	10	P-3: 1981, CN-295 2008	Entered Portugese service in 2006, procured from the Netherlands
Italy	ATR72	2	2016	Currently being introduced, with total of 5 platforms
France	Atlantique 2	12	1985	Additional 10 aircraft in mothball storage
Poland	8 AN-28	8	1986	Light MPA with limited ASW capability
Spain	5 P-3A/B Orion	5	1979	Purchased from Norway, entered Spanish service 1989
Norway	6 P-3	4	1989	2 additional P-3s dedicated to pilot training
Netherlands	P-3	0	1981	Gave up MPA capabiltiy in 2003
Germany	8 P-3	8	1981	Entered German service in 2006. Acquired from the Netherlands after cancellation of new procurement of MPAs
Canada	18 CP-140	18	1981	10 aircraft undergoing service life extension work
Turkey	6 CN-235	6	1988	
<b>Total available MPA</b>		<b>86</b>		

Otro ejemplo de que una empresa de este tipo puede llegar a buen término, es el del avión de alerta temprana y control aerotransportado (AWACS por sus siglas en inglés de *Airborne Warning and Control System*) de la OTAN. Más de una decena de aviones que fueron adquiridos por 15 países, todos miembros de la OTAN, juegan un rol importante en la estabilidad, seguridad global y la Paz en aquellos escenarios donde opera.

Por último, mencionar el consorcio llamado MMF (Multinational MRTT Fleet) Alemania, Bélgica, Noruega y Luxemburgo que comparten horas de vuelo en el A330-200 MRTT (*Multi Role Tanker Transport*) de Airbus. Por cada 1,100 horas de vuelo a año comprometidas se adquiere un ejemplar adicional, esto hacen un total de 8 ejemplares hasta la fecha. [11]

<sup>2</sup> La Iniciativa de Seguridad Transatlántica del Centro Brent Scowcroft reúne a los principales formuladores de políticas, funcionarios gubernamentales y militares, líderes empresariales y expertos de Europa y América del Norte para compartir conocimientos, fortalecer la cooperación y desarrollar enfoques comunes. Mediante conferencias públicas, sesiones estratégicas extraoficiales y publicaciones de contenido de alto nivel, la iniciativa ofrece soluciones prácticas, pertinentes y bipartidarios a los dirigentes transatlánticos, a medida que navegan por este tumultuoso punto de inflexión en la historia de la alianza político-militar más importante del mundo.



*Figura 1-2. Boeing C-17 Globemaster III Fuerza Aérea India. (Fuente: Flickr @tjenaremannen)*

Las opciones para regenerar la flota europea que se estudiarán en este trabajo están en el mercado, pero éstas van desde los 120 millones de dólares por unidad para una solución UAV de alta capacidad, hasta un cuarto de millón de dólares estadounidenses que supondría una plataforma multimisión tripulada y equipada con la última tecnología como es el caso del Boeing P-8 Poseidon.

Un consorcio de países OTAN podría ser la opción más eficiente desde el punto de vista coste-efectividad, y esto es lo que se va a proponer en este trabajo. Se diseñará una solución innovadora, viable y efectiva para los intereses de la OTAN, haciendo uso de los requerimientos que debiera cumplir una solución que fuera viable dada la situación y necesidades de las naciones pertenecientes a la OTAN.

### **1.1.3 Motivación**

La motivación para llevar a cabo este trabajo es demostrar que se puede hacer frente a estas necesidades sin recurrir a soluciones proporcionadas por agentes externos, principalmente Estados Unidos. Haciendo un estudio de los recursos de aeronaves de patrulla marítima actualmente disponibles en el entorno OTAN y definiendo unas necesidades específicas a futuro, es posible sacar provecho de la enorme experiencia y capacidad del sector aeronáutico europeo para desarrollar una solución eficiente, eficaz, realizable y competitiva.

La mejor manera de demostrarlo es mediante el diseño de una aeronave que cumpla los requisitos publicados por la OTAN en 2019 en una *Request For Information*<sup>3</sup> (RFI), en el que reconoce una falta de capacidad de aviones de patrulla marítima en el entorno de países pertenecientes a la OTAN a partir de 2023. Este documento puede encontrarse en el Anexo I de este trabajo.

## **1.2 Objetivos**

Este Trabajo de Fin de Máster tiene los siguientes objetivos requeridos por el tutor:

- a. *Aviones MP en Servicio: Análisis de aviones de patrulla marítima (MP) actualmente en servicio fabricados en naciones OTAN. Comparativa de misiones, esencialmente performances, sensores y otros dispositivos (ej. burbuja de observación, tanques de combustible adicionales, etc.).*
- b. *Selección de Avión y sistemas MP: Selección justificada de una plataforma (fabricante OTAN) y sistemas MP que pueda competir con los existentes (punto 1). Analizar y valorar la posibilidad o*

---

<sup>3</sup> Una solicitud de información, o Request For Information (RFI) en inglés, es un proceso empresarial estándar cuyo propósito es recoger información por escrito acerca de las capacidades de varios proveedores para satisfacer una serie de necesidades.



*necesidad de añadir tanques adicionales de combustible (internos y/o subalares) así como dispositivos de tipo winglet u otros. Determinación del kit o kits de transformación, así como las distintas opcionales que van a ofertarse. Es requisito que el avión seleccionado no se haya utilizado hasta el momento como plataforma MP.*

- c. Proyecto Básico de Transformación: Análisis técnico, viabilidad y proyecto básico de transformación de cada uno de los sistemas de MP: zonas y sistemas afectados, desmontajes/montajes, refuerzos/modificaciones estructurales, mazos eléctricos, etc. Análisis de normativa, aeronavegabilidad, certificación y ensayos. Debe incluirse también una estimación de tiempos, medios necesarios y costes (presupuesto preliminar).*
- d. Proceso de Transformación: Boletines de servicio (preliminares) de transformación para cada kit y opcionales, usando como base y referencia la información del punto 3 anterior, y teniendo en cuenta las interrelaciones de los distintos sistemas y kits.*
- e. Avión transformado (MP): Análisis de performances de todo el conjunto (plataforma + sistema MP/kit). Comparación con aviones MP existentes (orientado a oferta y comercial).*
- f. Conclusiones y comentarios del autor: Problemas encontrados, viabilidad, mejoras futuras del proyecto, y cualquier otro punto que el autor considere relevante.*

Una vez terminado el trabajo se analizará el cumplimiento de los objetivos, exponiéndose los medios de cumplimiento para cada uno de los puntos, es decir, qué parte del trabajo logra satisfacer cada uno de los requerimientos.

En caso de cumplimiento parcial, se expondrá el motivo y el impacto que pueda tener debidamente.



## 2 AVIONES MP EN SERVICIO

En este capítulo se hace un análisis de la flota de patrulla marítima actualmente en servicio y fabricados en naciones OTAN. Además, se han analizado dos modelos que no cumplen esta norma, pero que son lo suficientemente representativos como para formar, junto con el resto de modelos, una imagen general de la flota a nivel mundial.

El hecho de que las plataformas deban estar en servicio como requisito, ha hecho que un modelo de importancia notable para la carrera de la patrulla marítima no sea tratado en este trabajo. Se trata del Hawker Siddeley Nimrod, un modelo procedente de Reino Unido desarrollado a partir del De Havilland Comet. Fue dado de baja en 2011, siendo el Nimrod MRA4 el proyecto pensado como su sucesor. Finalmente, el MRA4 fue desechado, optando Reino Unido por la compra del Boeing P-8A, que sí se analiza en este trabajo.



*Figura 2-1. Hawker Siddeley Nimrod perteneciente a Reino Unido. (Fuente: airliners.net)*

Es importante tener en cuenta que este análisis fue congelado en enero de 2020, ya que las flotas pueden haber sufrido desarrollos, bajas o altas, que no serán reflejados en este trabajo si han sido realizados tras esta fecha. Además, aunque se trata de aeronaves de las que se encuentran variedad de fuentes de información, debe tenerse en cuenta el ámbito en el que trabajan, el militar. Esto hace que algunos datos sean estimaciones de varias fuentes, que en multitud de ocasiones difieren unas de otras, especialmente en el caso del número de unidades en servicio y el coste unitario de cada una de ellas.

A nivel técnico, el análisis trata de compararlos de la forma más equitativa posible, teniendo en cuenta los sensores que equipa, coste de adquisición, diferentes versiones existentes, usuarios en activo y las diferentes misiones que pueden desarrollar gracias a su equipamiento y cualquier otro elemento que pueda aportar valor para el desarrollo de una misión. Las actuaciones se analizan al final de forma comparativa entre los diferentes modelos.

Se analizan un total de 11 aviones clasificándolos en tres grupos según su origen: nueve modelos de países OTAN, un modelo de un país Aliado Importante no-OTAN (MNNA) y un último modelo ruso.

## 2.1 Fabricados en países OTAN

### 2.1.1 ATR 72 MP - Italia




El ATR 72 MP es una versión del conocido avión turbohélice de transporte comercial ATR 72 600, que tiene a su vez el ATR 42 como base. Esta versión, construida por la italiana Leonardo Aircraft, combina la fiabilidad, facilidad de mantenimiento y los bajos costes de operación de la aeronave comercial con un completo sistema de misión moderno, multipropósito y efectivo, haciendo del ATR una gran opción a tener en cuenta.



Figura 2-2. ATR 72 MP. (Fuente: Leonardocompany.com)

<b>Fuentes de datos técnicos</b>	[12]–[15]
<b>Reabastecimiento en vuelo</b>	No
<b>Tripulación típica</b>	2 pilotos + 2/4 Operadores de misión + 2 Observadores
<b>Armamento embarcado</b>	Torpedo ligero Mark 54 en versión turca (Ver versiones)
<b>N.º construidos</b>	12
<b>Coste unitario</b>	18.5 M\$

#### Usuarios principales:

-  Italia. Cliente lanzador del programa con 4 aeronaves más 1 en opción, sustituyendo así a sus Breguet Br. 1150 Atlantic.
-  Turquía.
-  Pakistán

#### Diseño

El ATR 72 600 es un modelo mejorado de los ATR 72 serie 100, 200 y 500, equipando los eficientes motores Pratt & Whitney PW127M y un llamado “Glass cockpit” que equipa 5 pantallas y nueva aviónica suministrada por la compañía francesa Thales.

En su conversión, ha sido totalmente reequipado con la más avanzada tecnología, dotándole de unas capacidades muy competitivas en el mercado de aeronaves de patrulla marítima. Por su equipamiento y características de la plataforma base (ATR72-600), es capaz de competir de tú a tú con modelos como el CASA C295 MPA, un modelo ya consolidado en el mercado exitosamente.

En cuanto a su fuselaje, se han incluido dos ventanas de tipo burbuja para los observadores que suelen embarcar en misiones marítimas, desde las cuales pueden vigilar e incluso fotografiar posibles objetivos.

Como sensores que forman el sistema de misión se incluyen el radar multimodo Seaspray 7300E AESA (*Active Electronically Scanned Array*), fabricado por el propio integrador Leonardo. Este radar permite a la aeronave detectar, rastrear e identificar objetivos situados en el mar en los 360 grados a la redonda, todo esto sin detener la búsqueda de nuevos objetivos. Además, incluye funcionalidades como Indicador de Objetivos en Movimiento (MTI por sus siglas en inglés de *Moving Target Indicator*), modos de detección de objetivos aire-aire, modo meteorológico y modos de imagen para la clasificación de objetivos de forma más detallada.

El radar lateral (SLAR) instalado en la aeronave ayuda a detectar la contaminación del agua a larga distancia y a rastrear las actividades submarinas cerca de la superficie del mar. El escáner hiperespectral (HSS) de la aeronave ayuda a encontrar el tipo de agente contaminante.

En cuanto al sensor electro-óptico equipa el modelo Star Sapphire 380HD fabricado por la compañía norteamericana FLIR, dotando así a los operadores, de la capacidad de visualizar video en todas las condiciones de luz, detectar objetivos por infrarrojos, localizar su posición mediante medición laser e incluso iluminarlos mediante un láser de espectro de emisión cercano al infrarrojo.

También cuenta con Sistema de identificación automática de embarcaciones (AIS por sus siglas en inglés de *Automatic Identification System*) y un detector direccional de emisiones (*Direction Finder* o DF) en radiofrecuencias comprendidas entre los 30Mhz y los 410Hz, muy útil en operaciones de salvamento. El equipamiento se completa con Identificador Amigo-Enemigo (IFF), sistema de navegación táctica (TACAN: *Tactical Air Navigation System*) y una pantalla en el cockpit exclusivamente dedicada a mostrar información proveniente del sistema de misión. La comunicación de datos de misión con los equipos de soporte en tierra puede llevarse a cabo mediante comunicación por satélite o un enlace de datos “línea-de- vista” (no debe haber obstáculos entre emisor y receptor).

El cerebro del sistema de misión es la suite ATOS (*Airborne Tactical Observation and Surveillance*) diseñada por Leonardo Airborne & Space Systems. Este sistema reúne, fusiona y ordena para los operadores de misión la gran cantidad de datos, en tiempo real, que el conjunto de sensores que equipa la aeronave es capaz de recabar.



*Figura 2-3. Un operador italiano controla el sensor electro-óptico desde una de las consolas. (Fuente: Leonardo Company)*

En la versión turca, sin embargo, se ha optado por instalar la suite AMASCOS (*Airborne Maritime Situation & Control System*) fabricado por la francesa THALES. El sistema de misión AMASCOS fusiona y presenta los datos provenientes de los diferentes sensores, de la misma forma que lo hace el sistema ATOS, pero posibilitando además el despliegue de sistemas de armas a bordo.

Leonardo ofrece además opciones para mejorar las capacidades de la aeronave con sensores adicionales como la Medida de soporte Electrónico (*Electronic Support Measure – ESM*) para operaciones de guerra

electrónica o sistema de contramedidas (*Defensive Aids Sub System – DASS*), como medida de protección frente a amenazas enemigas en zonas de operación hostiles como pueden ser misiles tierra-aire.

### Versiones

- **ATR 72 MP:** Versión fabricada por Leonardo para Italia, cliente lanzador en 2012. En comparación con su antecesor, el Atlantic 1, cuenta con autonomía y prestaciones inferiores. Además, no equipa capacidad de lucha antisubmarina o armamento, pero trata de compensarlo con su fiabilidad y costes bajos en comparación con otras plataformas.
- **ATR 72-600 TMPA (*Turkish Maritime Patrol Aircraft*):** Versión fabricada por Leonardo y modificada por TAI (Turkish Aerospace Industry) para Turquía. TAI añade el sistema de misión AMASCOS, datalink 16 (enlace de datos OTAN), AIS y armamento en forma de torpedos ligeros MK54.
- **RAS 72 Sea Eagle:** Esta versión con capacidades ASW fue construida por la compañía alemana Rheinland Air Service (RAS) fue adquirida por Pakistán como aeronave de lucha contra submarinos.

#### 2.1.2 ATR 42 MP - Italia

Fabricado sobre el también avión de transporte comercial ATR 42 (Series 400/500/600), se muestra como una solución asequible de vigilancia costera. Tanto su versión civil como la militar, han sido precursoras del ATR72 en ambas variantes. Puede equipar casi la totalidad de sensores ofertada por Leonardo’s Airborne & Space Systems en el ATR 72 MP gestionados por la suite ATOS antes explicada. Ha perdido atractivo en el mercado, desbancado por su hermano mayor que cuenta con mayores capacidades.



Figura 2-4. ATR42 MP Guardia Costera Italiana. (Fuente: Homelandsecurity-technology.com)

<b>Fuentes de datos técnicos</b>	[12], [15]
<b>Reabastecimiento en vuelo</b>	No
<b>Tripulación típica</b>	2 pilotos + 2 operadores de misión
<b>Armamento embarcado</b>	No especificado
<b>Coste unitario</b>	14.9 M\$
<b>N.º construidos</b>	8

#### Usuarios principales:

- Italia. Guardia costera y control de fronteras. Cliente lanzador.
- Fuerza Aérea de Nigeria

## Diseño

Basado en el ATR 42 civil, la adaptación realizada por Leonardo es similar a la de su hermano mayor el ATR 72 MP en cuanto al sistema de misión. Se puede decir que éste heredó y mejoró el sistema de misión, pudiéndose beneficiar los futuros clientes del ATR 42 MP de estos avances compatibles en su mayoría con ambas versiones.

Como diferencias principales, además de las actuaciones que se estudiarán conjuntamente con el resto de aeronaves, sufre de las limitaciones propias de su menor tamaño. El ATR 72 podría definirse a grandes rasgos como un ATR 42 con una extensión adicional de 4,5 metros y una remodelación de sus alas. La planta de potencia es de la misma familia, siendo su potencia algo inferior (algo que se compensa con las diferencias en tamaño y peso).

Aunque puede transportar menos personal civil, de tropa, paracaidistas, carga o incluso personal evacuado, cuenta igualmente con la posibilidad de realizar esos roles si fuera necesario. Instala también las ventanas burbujas de observadores y zona de lanzamiento de material SAR (*Search and Rescue*).

## Versiones

- ATR 42 MP

### 2.1.3 Boeing P-8 – Estados Unidos

El Boeing P-8 Poseidon o *Multimission Maritime Aircraft*, es el heredero natural del americano Lockheed Martin P-3 Orion como rey de los mares en lo que a aeronaves de patrulla marítima, guerra submarina e inteligencia electrónica se refiere. Opera desde 2012 para la US Navy, aunque ha sido un éxito para los programas de exportación a otras naciones. El también llamado “*Poseidon*” a secas, es construido por la gigante compañía americana Boeing, siendo una adaptación del B-737 Next Generation, en concreto de la serie -800. Este avión, destinado principalmente a la aviación comercial, es el segundo modelo con mayor número de unidades construidas, más de 7,000 [16], tras el reciente número uno A320.


Actualmente existen más de 4,000 aviones volando, este conocimiento sobre la vida operativa del avión se traduce en unos niveles de fiabilidad (99,8% de confiabilidad) difíciles de alcanzar en modelos de nueva creación. Boeing asegura que el *Poseidon* ha sido diseñado para operar durante 25 años o 25,000 horas en la peor de las situaciones que pueda darse en operaciones marinas o bajo condiciones engelantes. Gracias a esta garantía y al amplio abanico de sensores y armamento con el que se puede equipar al *Poseidon*, hacen de esta plataforma digna sucesora del P-3 Orion.




Figura 2-5. Boeing Poseidon P-8 Navy (Fuente: wallhere.com)


<b>Fuentes de datos técnicos</b>	[17]–[20]
<b>Reabastecimiento en vuelo</b>	Si, con percha tipo boom
<b>Tripulación típica</b>	9 en total, incluyendo dos pilotos, un TACCO (Tactical Coordinator), Co-TACCO y tres operadores de sensores ( <i>Sensor Operator SO</i> ).
<b>Armamento embarcado</b>	Torpedos Raytheon Mk-54 de 324 mm, cargas de profundidad mk-82, misiles McDonnell Douglas (hoy Boeing) AGM-84 Harpoon antibuque y su versión Aire-Tierra AGM-84 H/K Standoff Land Attack Missile-Expanded Response (SLAM-ER). 11 pilones, seis bajo alas y 5 en bodega trasera.
<b>Coste unitario</b>	125 M\$
<b>N.º construidos</b>	Más de 60.


### Usuarios principales:


 Armada de los Estados Unidos: Es el usuario principal y lanzador del programa, contando con 122 P-8A pedidos, siendo entregados en torno a 100 en 2019.

### Otros usuarios:

 Armada India: 8 P-8I entregados y 10 más en camino. Usados para reemplazar el ruso Tu-124, aunque seguirá utilizando la flota de Ol-38 modernizados, cuentan con algunas diferencias respecto al p-8 norteamericano.

 Armada Australia: 12 P-8A para reemplazar a flota de P-3C, con 8 ya en servicio.

 Armada Reino Unido: 9 P-8A pedidos, uno de ellos ya entregado, a consecuencia de la cancelación del programa Nimrod MRA4.

 Fuerza Aérea Noruega: 5 P-8A encargados para reemplazar a su flota de P-3C con inicio de entregas en 2022.

 Fuerza Aérea Nueva Zelanda: 4 P-8A pedidos con inicio de entregas en 2022.

 Corea del Sur 6 P-8A pedidos con inicio de entregas en 2022.

### Diseño

La plataforma base es el bien conocido Boeing 737-800 Next-Generation pero equipado con las alas diseñadas para el 737-900, para poder aumentar el peso máximo al despegue limitado por estructura. La construcción de este avión difiere del método más extendido de adaptación de modelos civiles, en el que se construye un “Avión verde”, con especificaciones civiles, que luego se transforma en su variante militar. En este caso, desde el primer momento el proceso de fabricación tiene en cuenta las especificaciones del P-8, siendo el equipo de misión el único elemento a instalar una vez que el avión sale de la línea de ensamblaje final con todos sus mazos de conexiones y modificaciones terminadas.

Un ejemplo de esta derivación militar es la estructura reforzada y la inclusión de una bahía de armamento en el fuselaje aguas abajo de las alas. Cuenta además con tres sistemas de lanzamiento de sonoboyas presurizadas, tres más rotatorios y un lanzador de caída libre. Boeing presume de que el P-8 es capaz de llevar a bordo hasta un 30% más de sonoboyas que cualquier otro avión de patrulla marítima.

La motorización es la misma que equipa el 737-800, con la diferencia de los generadores eléctricos. Éstos han sido mejorados para obtener 180KVA de cada uno, en lugar de 90KVA, haciendo un total de 450KVA al tener en cuenta la APU que equipa de serie el modelo civil. Esto permite energizar todo el equipamiento extra que la militarización exige, teniendo también en cuenta los nuevos requisitos de refrigeración de equipos. Estos nuevos generadores han provocado que las carenas de los motores hayan sido modificadas,



aumentando el espacio disponible en su interior en el lado izquierdo de la misma.

Debido las características de las misiones a las que será enviado, se ha rediseñado el sistema antihielo respecto al usado en el Boeing 737-800 de base. Este modelo cuenta con botas neumáticas para el radomo y un sistema de sangrado de aire caliente para evitar la formación de hielo en el borde de ataque del ala. La necesidad de equipar sistemas antihielo en *winglets* y cola, llevó a los diseñadores a utilizar una tecnología ya vista en aviones sin piloto de la Armada estadounidense y algunos jets privados de Beechcraft. Se trata del EMEDS (*Electrically Powered Electro-mechanical Expulsion De-icing Systems*) diseñado por Cox and Company, compañía estadounidense, que consiste en la utilización de actuadores mecánicos situados bajo las superficies a proteger que, gracias a su movimiento de corto recorrido, pero alta intensidad, logran eliminar el hielo producido sin dañar la estructura como su certificación en Parte 23 y 25 de la FAA (*Federal Aviation Administration*) indica.

Otro de los cambios realizados para militarizar esta versión se puede reconocer en el panel de instrumentos derecho. En éste se ha añadido un *switch* llamado “*ASW Tactics*”, que incrementa el límite de ángulo de alabeo por defecto de 28° por 45°. Este modo táctico de lucha antisubmarina también anula temporalmente una serie de medidas de seguridad, útiles en operación normal, como puede ser la de alertar a la tripulación cuando se vuela por debajo de 1,000 pies (305 metros) sin desplegar *flaps* y tren de aterrizaje.



**Figura 2-6. Boeing P-8 durante repostaje en vuelo (izquierda). Consolas de misión Boeing P-8 (derecha). (Fuente: US Navy)**

El *Poseidon* es capaz de volar a una zona de interés a unos 2200 km de su base, realizar una misión de unas 4 horas y volver a su base de partida. Esto le confiere un radio de acción enormemente mayor que el de sus competidores, creando así una categoría de plataforma de patrulla marítima de largo radio. Podría además desplegarse en una base a 4500 millas náuticas (más de 8,000 km) sin necesidad de repostar. Una de las medidas tomadas por Boeing para lograr estas actuaciones, encargándoles el diseño e integración a la compañía británica de *Marshall Aerospace*, es la de añadir seis depósitos de combustible adicionales en los compartimentos de carga delanteros y traseros. Además, cuenta con un sistema de reabastecimiento en vuelo, usado ya en el 737 AWACS (Alerta temprana y control aerotransportado) australiano, en el que recibe el combustible a través de un receptáculo en la parte superior del fuselaje, haciéndolo compatible con operaciones *Air-to-Air Refuelling* (AAR) mediante perchas tipo *boom*.

En cuanto al sistema de misión, cuenta con cinco estaciones equipadas con dos pantallas táctiles de 24 pulgadas cada una. La distribución está diseñada para tener dos estaciones acústicas (para operaciones ASW), una no acústica, una de Coordinador Táctico (TACCO) y una última para un segundo oficial (Co-TACCO) responsable de la navegación y las comunicaciones. Desde cada una de ellas los cinco operadores pueden controlar cualquier sensor del avión, compartiendo toda la información desde cualquiera de las consolas. Además, los pilotos pueden ver en una pantalla situada en el cockpit información recabada por los sensores del avión, como es el vídeo desde el sensor electro-óptico.

La información conseguida durante las misiones puede ser compartida con otras aeronaves o estaciones de soporte en tierra mediante los enlaces de datos tácticos *Link 11* y *Link 16*, además de comunicación por satélite Inmarsat y el estadounidense SIPRnet<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> SIPRnet es un protocolo secreto de redes de enrutado de internet operado por el Departamento de Defensa y de Estado de los Estados Unidos

Como sensor que permite la búsqueda visual cuenta con una torreta multispectral electroóptica e infrarroja (EO/IR) MX-20 fabricada por la compañía canadiense L-3 Communications Wescam, que puede equipar hasta 7 sensores en su interior, incluyendo infrarrojos, video a color, varios filtros de imagen, telémetro láser y láser iluminador de escenas en un espectro cercano al infrarrojo. El diseño de Boeing permite retraer la torreta y alojarla en su fuselaje para disminuir su exposición a posibles daños y reducir el rozamiento en fases de la misión en la que no sea necesario su operación.

El radar de búsqueda con el que cuenta es el estadounidense *Raytheon AN/APY-10* de apertura sintética (*Synthetic Aperture Radar SAR*), que entre otras funcionalidades permite crear imágenes en dos dimensiones de los posibles blancos, permitiendo al operador estimar sus dimensiones con bastante detalle facilitando su identificación. Esta función es la llamada *Imaging Synthetic Aperture Radar (ISAR)*. Raytheon también ha sido la encargada de instalar un sistema de gestión de señales de inteligencia (SIGINT).

El *Poseidon* lleva instalados también los sistemas construidos por la también norteamericana *Northrop Grumman* para medidas de soporte electrónico, alerta temprana (ESM) y autoprotección contra misiles guiados por infrarrojos (MWS), que es utilizado conjuntamente con el dispensador de contramedidas de la multinacional británica *BAE Systems*.



*Figura 2-7. Un marino de la US Navy explica a marineros de la Armada japonesa el sistema retráctil de la torreta situada bajo el fuselaje del P-8 (Fuente: US Navy)*

Un aspecto poco común de este avión es que, al derivar de un modelo de transporte comercial de pasajeros, no está específicamente diseñado para volar a baja cota. En primera instancia, cualquier tripulación con experiencia en operaciones ASW no vería con buenos ojos que un avión de este tamaño y peso se destinara para este tipo de misiones. Para contrarrestar esta dificultad, Boeing ha diseñado un conjunto de sensores y armas para llevar la lucha submarina a unas cotas de hasta 30,000 pies. Por ejemplo, los torpedos son típicamente lanzados a baja altitud o incluso con pequeños paracaídas para evitar daños en el impacto y controlar el punto de despliegue de éstos. En Boeing han recuperado el kit ALA (conocido también como LongShot), un sistema proveniente de bombas guiadas JDAM-ER (*Joint Direct Ammunition Extended Range*), con la finalidad de que sus torpedos planeen hasta su zona de amerizaje. Una vez allí, se desprenden de estos elementos sustentadores para convertirse, de nuevo, en un torpedo capaz de detectar y atacar submarinos de forma autónoma. [21] [22]

Este sistema también se ha pensado para la colocación de sonoboyas de forma precisa en lanzamientos a alta cota. Sin embargo, el P-8 encargado por la Armada India sí que equipará, al contrario que el estadounidense, el detector de anomalías magnéticas en la cola (MAD por sus siglas en inglés de *Magnetic Anomaly Detector*) para la detección de submarinos mientras se vuela a escasos metros de la superficie del mar.

Una novedad que hace mirar aún más al P-8 como avión de patrulla marítima del futuro, es el trabajo encargado a BAE Systems en 2015 para hacer posible la interacción con plataformas aéreas no tripuladas de alta autonomía. Por ejemplo, podría trabajar con el avión remotamente tripulado MQ-4C Triton, diseñado para desempeñar la misión de vigilancia marítima. De esta forma se amplía aún más el radio de acción y

observación de la misión, especialmente en misiones ASW e ISR. [21]

Gracias a todo este equipamiento, Boeing ha conseguido aunar en una sola plataforma las capacidades de ASW, ASuW (*Anti-surface warfare*), SAR y ELINT, convirtiéndose si fuera necesario en un avión de ataque gracias a los diferentes tipos de misiles, torpedos y minas que hace posible desplegar.

El 3 de octubre de 2019, la FAA ha lanzado una Directiva de Aeronavegabilidad en la que informaba a los operadores del Boeing 737NG, base del *Poseidon*, de la obligación de revisar la unión estructural entre ala y fuselaje por la aparición de grietas en algunos de los modelos con alrededor de 36,000 ciclos. Boeing asegura que esta unión estaba diseñada para soportar al menos 90,000 y que las plataformas 737 MAX y P-8 Poseidon no están afectadas, aun así, los operadores han visto este acontecimiento como una amenaza para la operatividad de sus aeronaves y es algo a tener en cuenta desde el punto de vista de la operatividad.

### Versiones

- **P-8A Poseidon:** Versión base.
- **P-8I:** Versión específica para la India. Las diferencias más notables son un radar de búsqueda diferente, el Telephonics APS-143, y un detector de anomalías magnéticas en la cola.

#### 2.1.4 Bombardier Serie 600 – Canadá, Estados Unidos

En este caso se va a analizar esta plataforma sobre la que se han diseñado varias versiones por diferentes compañías, aunque no se encuentra en servicio todavía. La razón de incluirlo es que el CL-605 es la plataforma seleccionada por Boeing para vender un *Poseidon* sin armamento a pequeña escala, equipando casi la totalidad de sus sensores en esta plataforma. *Bombardier* tiene también en catálogo una versión MSA sobre el CL-650 y *Aquila Aerospace* (una empresa de procedencia emiratí) tiene un pedido para convertir dos CL-650 en versiones ISR.

Se diseñó como reactor ejecutivo en los años 70, aunque el cliente lanzador iba a ser la empresa de transporte FedEx con una versión carguera del mismo. Finalmente, por motivos de desregularización de líneas aéreas estadounidenses, los más de 70 aviones pedidos por Fed fueron vendidos a diversos clientes. El primer vuelo del prototipo se realizó en 1978 y obtuvo la certificación de la FAA en 1980.



Figura 2-8. Representación gráfica del MSA diseñado por Boeing. (Fuente: Boeing)

<b>Fuentes de datos técnicos</b>	[23]–[27]
<b>Reabastecimiento en vuelo</b>	No
<b>Tripulación típica</b>	2 pilotos y operadores de misión en función de la configuración. Máximo número de pasajeros es 12.
<b>Armamento embarcado</b>	no existe versión armada

<b>Coste unitario</b>	55 M\$
<b>N.º construidos</b>	ninguno.

#### **Usuarios:**

Ninguno. Emiratos árabes tiene un pedido de 2 unidades del Bombardier Challenger 600 ISR.

#### **Diseño**

Se trata de un avión exitoso en el mercado de jets privados. La aeronave cuenta con cola en T debido a su peculiar posicionamiento de la planta propulsora, que hacía impactar los gases de escape en ésta. Su fuselaje ensanchado permite andar de pie en su interior. Sus alas supercríticas, es decir, diseñadas para retrasar el efecto de las ondas de choque al volar a velocidades cercanas a la del sonido, fueron pioneras en la aviación con aeronaves ejecutivas.

El CL-650 es una evolución del CL-605 con un interior de cabina rediseñado, un sistema de aviónica *Rockwell Collins Proline 21 Advanced* y una motorización que aporta un 5% más de empuje al despegue.

Una de las principales ventajas de esta variante es la de contar con el apoyo de Boeing, que ha desarrollado una versión de esta plataforma equipándola con sensores provenientes de su ya probado Boeing P-8 Poseidon. Actualmente, ya se han realizado vuelos de prueba de aeronavegabilidad satisfactoriamente. [28]

En cuanto a la versión emiratí, se sabe que equiparía radar con capacidad ISAR e indicador de movimiento de objetivos (MTI). No se tiene información sobre el resto de sensores, que estarían controlados por cuatro consolas de misión instaladas en la cabina.

#### **Versiones**

- **Boeing CL-605 Maritime Surveillance Aircraft:** Equipamiento de sensores similar al Boeing P-8 Poseidon pero sin equipar armamento.
- **Challenger Multi-role Aircraft (CL-650):** Equipamiento diseñado con consola de misión, sistema de visión electro-óptico, radar de búsqueda, lanzamiento en vuelo de elementos tácticos, burbujas de observador y enlace de datos.
- **Bombardier Challenger 650 jet ISR:** La versión emiratí de esta plataforma.

### **2.1.5 Breguet Br.1150 Atlantic 1 / 2 – Francia**

El Breguet BR.1150 fue desarrollado gracias a una colaboración multinacional de países de la OTAN en los años 60, cuya idea era armar una patrulla estándar que fuese común a todos los países aliados. Su cometido era el de detectar, seguir y atacar en caso necesario la impresionante flota naval de la Unión Soviética.

Fabricado por la francesa *Breguet Aviation* (que acabó siendo Dassault tras la fusión con ésta en 1971), se desarrolló en dos generaciones, el *Atlantic* y el *Atlantique 2* (como es llamado en francés), actualización para la Marina Francesa de los 80.





Estos dos aviones de patrulla y lucha antisubmarina, nacieron e hicieron un buen papel en una época de grandes plataformas de patrulla marítima y así lo atestiguan permaneciendo parte de la flota todavía en activo. El ejército italiano los ha sustituido por los ATR 72 MP tras 45 años de servicio [29] y la marina francesa ha recibido recientemente una actualización de sus aeronaves modernizadas, que las tendrán en activo como mínimo hasta 2030. [30]





Figura 2-9. Atlantique 2 en el festival aéreo Royal International Air Tattoo Festival 2018. (Fuente: RIAT 2018)

<b>Fuentes de datos técnicos</b>	[12], [31]–[33]
<b>Reabastecimiento en vuelo</b>	No
<b>Tripulación típica</b>	2 pilotos + 5 operadores de misión
<b>Armamento embarcado en pilones o bodega 3500 kg</b>	Misiles de crucero (AM.39 Exocet), torpedos antisubmarinos (Mk 46 Torpedo, MU90 Impact), Cargas de profundidad, misiles aire-superficie, cargas de profundidad, sonoboyas
<b>Coste unitario</b>	35 M\$
<b>N.º construidos</b>	87 Atlantic 1 y 28 Atlantic 2. Total 109.

**Usuarios originales:**

-  Marina Alemana
-  Armada Real de los Países Bajos:
-  Pakistán
-  Italia (retirado en 2017)

**Usuarios actuales:**

-  Francia
-  Marina Alemana

**Diseño**

El diseño de Breguet fue el ganador de un concurso que lanzó la OTAN en 1958 para el reemplazo del *Lockheed P2V Neptune*. Fue fabricado en diferentes países europeos y la idea es que fuera adoptado por la gran mayoría de países aliados OTAN, aunque sólo tres lo aceptaron finalmente convirtiéndose en la columna vertebral de las operaciones marítimas de Alemania, Italia y Países Bajos. Además, Pakistán también lo adoptó.

Con sus finas alas y su enorme fuselaje, el Atlantic puede permanecer hasta 18 horas en el aire, un dato realmente superior al de otros competidores como el P-3 Orion o el Nimrod MR. Mk 2. Además, en su interior hay espacio suficiente para que la operación a bordo sea más confortable, haciendo la vida más cómoda a la tripulación, no solo durante el trabajo sino durante sus turnos de descanso, necesarios en este tipo de operaciones.



*Figura 2-10. Bodega de armas del Atlantique 2 equipado con torpedos. (Fuente: Wikimedia Commons)*

Aunque fue proyectado como un avión de lucha antisubmarina, también puede llevar una amplia variedad de misiles antibuque y antirradar. Su bodega de armas es usada normalmente para llevar hasta 8 torpedos y 4 cargas de profundidad. En sus alas puede portar hasta cuatro misiles antibuque Exocet AM39 de hasta 3500 kg en total. A popa de la bodega, cuenta con un par de compuertas que son usadas para el lanzamiento de bengalas y sonoboyas. Normalmente equipa hasta 100 sonoboyas y 160 marcadores o bengalas.

Con el Atlantique 2 fabricado para la marina francesa, todavía en activo, se modernizaron su aviónica, antenas de cola y sensores. Algunos ejemplos son el sensor de infrarrojos montado en una torreta bajo el morro, el sistema radar RBE2-AA y el sistema Identificador amigo-enemigo (IFF).

Esta variedad hace del Atlantic un avión muy versátil, y una de las razones por la cual se han mantenido tanto tiempo en operación en incluso sigue invirtiéndose en su la prolongación de su vida útil. En la última actualización, se han reemplazado equipos de navegación obsoletos, mejorado el sensor electro-óptico y reemplazado el radar de búsqueda por el novedoso *Searchmaster* fabricado por THALES, con un campo de acción de 360° y 350 km de alcance. Es capaz de tomar imágenes digitales de hasta 64 megapíxel y detectar objetivos en movimiento (MTI), algo que hace que el Atlantic 2 francés no tenga nada que envidiar a sus modelos análogos en activo. [34]

### Versiones

- **Atlantic:** Versión original de los que se construyeron 87 ejemplares.
- **Atlantique 2:** Versión mejorada francesa, llegando a fabricar 28 unidades de las 48 planeadas. En 2012, la marina elaboró un nuevo programa de mejoras, en el que entre otras cosas se integró el torpedo MU90 Impact en algunas de las aeronaves mejoradas. Son precisamente estas últimas las que siguen en activo y seguirán, según los planes de la marina francesa, hasta 2030. Desde principios de esta década, disponen de capacidad de ataque a tierra de precisión gracias a la integración de bombas guiadas por láser de la familia GBU norteamericana.
- **Atlantique 3 (No construido):** Una nueva versión, con la principal diferencia de un sistema de potencia mejorado, fue ofrecida a la Royal Air Force en un concurso de reemplazo de aviones de patrulla marítima. Dicho concurso fue ganado por la propuesta de BAE Systems con el Nimrod MRA4. Curiosamente este programa nunca logró despegar, siendo cancelado en el 2010.

### 2.1.6 CN-235 – España, Indonesia

El CN-235 es un proyecto nacido de la unión en 1978 entre la española CASA (Construcciones Aeronáuticas S.A. ahora Airbus) y la indonesia Nurtanio para desarrollar un avión ligero de transporte que tomara el testigo del Aviocar (C212 de CASA). El consorcio formado fue llamado Airtech, dando lugar al Airtech CN-235, más conocido como CN-235.

Concebido como el Hércules a miniatura, con capacidad de transporte táctico a media y corta distancia, era capaz de operar en pistas cortas y no pavimentadas. Con una capacidad de transporte de tropas en torno a 35 pasajeros, satisfaciendo la creciente demanda mundial de aeronaves de este tipo, nació este turbohélice bimotor con cabina de construcción metálica presurizada, ala alta y de enorme versatilidad. Esto ha sido demostrado en sus múltiples aplicaciones de transporte de carga, evacuaciones médicas, transporte de carga militar o civil, transporte de personal VIP, patrulla marítima o incluso como avión de línea regular civil.

El primer vuelo se produjo en 1983 tanto para el modelo español como para el indonesio, pero en 1986 la contraparte indonesia entregaba sus primeras aeronaves a la aerolínea filipina *Asian Spirit*. No fue hasta 1987 cuando CASA entregaba el primer ejemplar a Arabia Saudí de sus cuatro encargados.

El acuerdo entre CASA y Nurtanio, que en principio suponía una versión al 50% por cada parte repartiéndose su comercialización en el mundo, desencadenaría más tarde en una disputa que separaría los caminos de ambas compañías fabricando y llegando incluso a vender por separado sus aparatos a la misma Fuerza Aérea de Corea del sur. Un dato curioso es que, a raíz de un contrato ganado por la parte indonesia para la Fuerza Aérea turca, se abrió la tercera línea de montaje para ensamblar los 50 últimos ejemplares, de un total de 52, en las instalaciones de TAI (Turkish Aerospace Industries).



Figura 2-11. CN235 de guardacostas de la República de Corea del Sur. (Fuente: Wikimedia Commons)

<b>Fuentes de datos técnicos</b>	[12], [35]–[37]
<b>Reabastecimiento en vuelo</b>	No
<b>Tripulación típica</b>	2 pilotos y resto dependen de configuración (2 operadores en versión Persuader)
<b>Armamento embarcado</b>	No
<b>Coste unitario</b>	15-25 M\$ en función del equipamiento
<b>N.º construidos (por CASA)</b>	285 de los cuales 237 en activo
<b>Usuarios principales (construidos por CASA y Nurtanio):</b>	

(No se tienen en cuenta usuarios civiles)



Turquía



España



Estados Unidos



Francia



Indonesia



Corea del Sur

### Otros usuarios:

Hasta 25 países más son usuarios de esta aeronave.

### Diseño

Su designación CN-235 sigue la tradición llevada a cabo por CASA, con la C inicial del fabricante (añadiendo esta vez una N por su socia Nurtanio), seguida del número de motores (2 en este caso) y añadiendo el 35 como el número objetivo de unidades de tropa a transportar.

Ambas compañías llevaron a cabo sus modificaciones y evoluciones del modelo base CN-235-10, registrándose por las series 100/200/300 en el caso español y 110/220/330 Phoenix para el caso indonesio.

Centrándonos en el modelo base y sus evoluciones en la versión española, el fuselaje presurizado contaba con una cola muy alta y una rampa posterior que permite no solo la carga, sino el lanzamiento de tropas y carga mediante paracaídas. Los mandos de vuelo son mecánicos, redirigiendo los controles mediante cables y poleas hasta las superficies de control. Además, cuenta con controles hidráulicos para la operación de los *flaps*, frenos, control de la rueda de morro, portón/rampa trasera y la operación del tren de aterrizaje.

En cuanto a su motorización, todos los modelos van equipados con el turbohélice norteamericano General Electric CT7, en concreto el CT7-A para las 30 primeras unidades, siendo sustituido por la versión potenciada CT7-9C.

La aviónica ha ido evolucionando con cada versión, siendo la más moderna (serie 300) la que cuenta con cabina compatible con gafas de visión nocturna y cuatro pantallas las que muestran la información de la suite de aviónica.

Sus bajos costes de operación, sencillez mecánica, robustez y características STOL en pistas sin preparar hicieron del CN235 un éxito de ventas en su exportación, tanto a clientes militares como civiles. Se han fabricado más de 280 unidades en España, operando en los 5 continentes y acumulando más de 600,000 horas de vuelo. Casi todos los aviones se vendieron con configuración táctica o de transporte de civiles, pero también se construyeron otras versiones para transporte VIP y una versión de patrulla marítima denominada *Persuader*.

Las dimensiones de la cabina de carga, con 9.65 metros de largo y 22.82 metros cuadrados, permiten albergar hasta 6 toneladas de carga en su plataforma equipada con rodillos, incluidos motores de aviación, vehículos de tierra ligeros o pallets estándar utilizados en la aviación. Una configuración diferente permite albergar 57 unidades de tropa o 48 paracaidistas con su equipamiento respectivo.

En su configuración de transporte de personas civil, podía llevar hasta 44 pasajeros. En la versión *Persuader*, además de dos consolas de misión, podría albergar unos 3500 kg de carga de pago en forma de torpedos o misiles antibuque en seis soportes bajo las alas. En la configuración de evacuación médica, podían transportarse 24 heridos en camilla y hasta 4 sanitarios.

### Versiones construidas por CASA

Aunque existen versiones no solo de transporte y patrulla, sino también de fotogrametría, cañonero ligero y de Inteligencia electrónica (ELINT), solo se van a enumerar las versiones construidas en España más representativas.



Versiones de transporte:

- **CN-235-10:** Primera versión de producción, 15 unidades de cada compañía con motores GE CT7-7A.
- **CN-235-100:** Sustitución de motores por la versión más potente GE CT7-9C, con nuevas góndolas de material compuesto.
- **CN-235-200:** Refuerzos estructurales para transporte de más peso. Mejoras aerodinámicas en punta de ala y timón. Se mejoran las actuaciones en el despegue y el alcance a plena carga.
- **CN-235-300:** Introducción de aviónica modernizada. Mejora sistema de presurización de cabina y opción de montar doble rueda de morro.

Versiones de patrulla marítima:

- **CN-235 MP.:** Se fabricaron 2 unidades para el Cuerpo Aéreo Irlandés, que fueron modernizados a la versión CN-235 MP Persuader.
- **CN-235 MP. Persuader:** Versión de patrulla marítima con la introducción del sistema FITS (Fully Integrated Tactical System) como elemento de mayor valor. Este sistema, que cuenta con una versión modernizada, que será explicada con más profundidad en la aeronave C-295. La versión más significativa es la de los Guardacostas estadounidenses, alrededor de una veintena de aeronaves cuya designación es HC-144<sup>a</sup> Ocean Sentry.
- **CN-235 VIGMA:** Se trata de la conversión de los ejemplares de transporte del Ejército del Aire Español a patrulla marítima, contando con el mismo equipamiento que el Persuader.

### 2.1.7 CASA C295 MSA/MPA. - España

Como resultado del éxito del CN-235, CASA decidió diseñar una evolución con mayor capacidad de carga y en términos de actuaciones comparado con su predecesor. Diseñado en los 90, el C-295 se tiene como avión de transporte táctico medio con capacidad de realizar gran variedad de misiones, entre las cuales las más representativas son: transporte táctico y logístico, lanzamiento de carga y paracaidistas, evacuación médica, patrulla marítima, guerra antisubmarina e inteligencia electrónica. Siguiendo la tradición del fabricante, la C inicial de su nombre indica que está fabricado por CASA, seguido por tres dígitos que indican que equipa dos motores y que la carga de pago objetivo durante su diseño fue de 9,5 toneladas. Su principal competidor es el Alenia C-27J Spartan en el segmento de transporte, pero al no tener una versión de patrulla marítima de éxito en servicio no se estudiará en este trabajo.

El primer vuelo se realizó en noviembre del 1997, entrando en servicio para el Ejército del Aire de España en 2001.



*Figura 2-12. C295 versión FWSAR (Fixed Wing Search And Rescue) para Fuerza Aérea Canadiense. (Fuente: Airbus)*

<b>Fuentes de datos técnicos</b>	[37]–[39]
<b>Reabastecimiento en vuelo</b>	Si (versiones españolas y finlandesas)
<b>Tripulación típica</b>	2 pilotos, 1 observador en cabina, de 2 a 5 operadores de misión según configuración, opción de 2 observadores y 1 supervisor de carga.
<b>Armamento embarcado</b>	Torpedo MK-46
<b>Coste unitario</b>	40 M€
<b>N.º construidos</b>	177 (175 en activo)

#### Usuarios principales:

-  Brasil
-  Canadá
-  España
-  Egipto
-  Indonesia
-  México
-  Polonia

#### Usuarios principales con equipamiento de misión (Persuader):

-  Canadá
-  Portugal
-  Omán
-  Brasil
-  Chile
-  Irlanda

#### Diseño

En cuanto al diseño, las diferencias más notables respecto a su predecesor, el CN-235, son el alargamiento del fuselaje hasta alcanzar los 24,5 metros y la nueva motorización Pratt & Whitney Canadá PW127G y la mejora de algunos sistemas.

Esto le confiere, como a su hermano pequeño, unas excelentes capacidades de operación en pistas cortas no pavimentadas, además de poder transportar una carga útil de 9250 kg a una velocidad de crucero máxima de casi 260 nudos. Esto es equivalente a transportar hasta 71 soldados, 24 camillas de evacuación de heridos con entre cinco y siete personas de atención sanitaria, entre 5 y 10 plataformas de carga estandarizadas, tres motores de avión tipo EJ200 o tres vehículos tipo Land Rover. En resumen, puede cargar alrededor del doble de carga de pago a una velocidad mayor de lo que lo hacía el CN-235.

Como el CN-235, está preparado para operar en terrenos blandos no pavimentados, cuenta con capacidad de operar y girar 180° en pistas de tan solo 12 metros de ancho y cuenta con autorreversa. El tren de aterrizaje frontal incluye ya la segunda rueda, opcional en el modelo CN-235.

En cuanto a la aviónica, en casi la totalidad de sus versiones ha equipado un moderno sistema integrado basado en el sistema *Topdeck* digital de la canadiense THALES. Sin embargo, para la versión de SAR.

canadiense se ha evolucionado montando el sistema Pro Line Fusion, de la también estadounidense Collins Aerospace. Como novedades se encuentran las pantallas táctiles y sobre todo la forma de mostrar la información necesaria para operar el avión, que hacen que la carga de trabajo que soporta el piloto se reduzca respecto al sistema anterior. La introducción del sistema HUD (head-Up Display) y EVS (Enhanced Vision System) para operaciones con baja visibilidad, ayudan al piloto a mantener una mayor conciencia sobre la situación y el entorno en el que vuela. Además, este sistema incluye una integración completa con los sistemas de navegación y observación de misión, comandados por los operadores de misión.



*Figura 2-13. C295 ASW chileno durante el lanzamiento de un torpedo. (Fuente: Airbus)*

Está equipado con dos motores turbohélice Pratt & Whitney Canada PW127G, diseñados para facilitar la mantenibilidad consiguiendo volar hasta 10,000 horas sin necesidad de pasar por taller. Con unos 2682 CV cada uno y sus hélices de seis palas fabricadas por Hamilton Standard (Ahora Hamilton Sundstrand) consigue unas cifras de consumo eficientes, teniendo en cuenta las capacidades STOL que proporciona a la aeronave.

Como ejemplo de operación en misiones de lucha antisubmarina, el C-295 es capaz de operar en un área a 200 millas náuticas de su base, realizando 10 horas de vuelo en configuración ASW a una altitud de 5,000 pies contando con una reserva de 45 minutos a 5,000 pies. Esto lo convierte en una gran opción para este tipo de operaciones. Una evolución destacable ha sido la inclusión de dispositivos de punta alar (*winglets*), evolucionando de la versión C-295M a la C-295MW. Esta mejora ha incrementado el alcance y la eficiencia en el consumo de combustible en vuelos de alta cota y/o carga, más si cabe en emplazamientos con altas temperaturas. También ha incrementado los márgenes de seguridad en cuanto a las velocidades de maniobra y de aproximación.

Además de radar meteorológico, puede ser equipado con sistemas de identificación amigo-enemigo IFF (siglas en inglés de *Identification Friend or Foe*) y sistemas de contramedidas como los dispensadores de señuelos fabricados por BAE Systems, el alertador de radar RWR (*Radar Warning Receiver*) de Indra y el avisador de misiles guiados MWS (*Missile Warning System*).

#### SISTEMA INTEGRADO DE MISIÓN FITS

Un sistema que le hace destacar es el de misión, centrado en el denominado FITS. Sus funciones son integrar, presentar y controlar la información procedente de los sensores de misión, así como los equipos de navegación y comunicación del avión, mejorando la eficacia operacional debido al alto grado de integración y fusión de información. Gracias al diseño del sistema y el uso de enlaces de datos, junto con comunicaciones de voz por radio, permiten la interoperabilidad con centros de coordinación en tierra e incluso otras unidades.

El sistema FITS es un sistema flexible y modular, en el que la interfaz hombre-máquina está típicamente equipado por entre dos y cinco consolas de misión, cada una con dos pantallas de 24 pulgadas táctiles, teclado y *trackball*. Cada una de las consolas permite controlar cada sensor, además de fusionar y compartir la información recabada en cada una de ellas. En la Figura 2-14. Consolas de misión del sistema FITS. (Fuente: Airbus) puede verse la configuración básica ofertada por el fabricante con solo dos consolas. En cuanto a los roles del personal, se supone un Coordinador Táctico, encargado de la navegación y del mando de la misión (TACCO) y con privilegios en la gestión de la información táctica en el sistema, siendo el resto

operadores de misión encargados de los sensores. Gracias a la arquitectura de sistemas utilizada, abierta y con interfaces estándar, es fácilmente integrable con otros sistemas facilitando el crecimiento y adaptabilidad de acuerdo a las necesidades del cliente.



*Figura 2-14. Consolas de misión del sistema FITS. (Fuente: Airbus)*

Además, Airbus completa el paquete de misión ofertando un equipo en tierra de preparación de misiones y análisis post-vuelo, de forma que no se pierda ni deje de analizar cualquier evento que se haya recabado o creado durante la misión. Este sistema permite el intercambio de imágenes, documentos, video grabado por el sensor electro-óptico e incluso información táctica entre el equipo de soporte en tierra y la aeronave, a través del enlace de datos por satélite.

Se trata de una solución probada en multitud de operadores, con un coste de adquisición y ciclo de vida bajo y con una capacidad de adaptación enorme, lo que lo hace un candidato claro a ser usado como base en futuras plataformas de misión utilizadas por Airbus.

En cuanto a los equipos y sensores que puede equipar:

- Típicamente se ofertan dos opciones de radar de búsqueda 360° multimodo: el israelita ELTA ELM-2022 y el estadounidense Telephonics APS-143C(V)3.
- Como sensores electro-ópticos se han montado el FLIR Star Safire o el L3 WESCAM MX-20 o MX-15.
- Sistemas acústicos de detección de submarinos mediante sonoboyas activas y pasivas.
- Detector de anomalías magnéticas para detección de submarinos.
- Medidas de apoyo electrónico en operaciones de inteligencia electromagnética ESM.
- Enlace de datos mediante SATCOM INMARSAT
- Enlaces de datos - Datalink 11/16.
- Interrogador IFF.

Puede llegar a equipar seis estaciones subalares para armamento, torpedos o misiles principalmente, en operaciones de lucha antisubmarina (ASW) o anti-superficie (ASuW). Además, permite el lanzamiento de botes de humo, bengalas y sonoboyas desde la cabina de carga por parte de los operadores de misión.

### **Versiones**

- **C-295M / C-295MW:** La versión más común de este avión es la de transporte militar, pudiendo desempeñar tareas de transporte de tropas (70 unidades de tropa más 4 opcionales), transporte de carga con sistemas de lanzamiento con paracaídas, transporte de vehículos o motores y de evacuación médica (hasta 24 camillas con personal médico incluido). Una de las principales

ventajas es la rápida transformación de configuración que permite la plataforma para cambiar su rol.

- **C-295 Persuader:** Esta versión puede ser denominada también como C-295 MSA/MPA., para misiones de vigilancia o patrulla marítima respectivamente, o C-295 ASW/ASuW. en función de su equipamiento. En todas sus variantes se incluye el sistema de misión FITS tratado anteriormente y una variedad de sensores que depende de las necesidades de cada cliente. Además, el sistema FITS permite ser montados sobre plataformas de carga, para facilitar y hacer posible en cuestión de horas el cambio de rol de avión de misión a transporte táctico.
- **C-295 FWSAR:** Se trata de la última versión desarrollada a partir del Persuader, que equipa el novedoso sistema de aviónica *Rockwell Collins Proline 21 Advanced*, eliminando carga de trabajo a los pilotos respecto a otros sistemas y equipando la última tecnología que incluye el HUD, un visor que muestra información relevante al piloto sin tener que apartar la vista del exterior. También se ha instalado en esta versión el sistema de video mejorado EVS, que ayuda a los pilotos en la navegación visual en malas condiciones de visibilidad mediante una serie de cámaras instaladas en el morro.
- **C-295 ISR.:** Versión de Inteligencia, vigilancia y reconocimiento construida para Arabia Saudí, que además del sistema de misión instaló una ametralladora montada en la puerta lateral de paracaidistas.
- **C-295 AEW:** Se trata de una versión de alerta temprana aerotransportada prototipo diseñada y probada por Airbus pero que todavía no ha recibido ningún pedido para ser fabricada.
- **C-295H:** Con estas siglas se refiere el fabricante a la única versión civil fabricada y vendida a la compañía canadiense *Stellwagen*, que dedicará a su arrendamiento a compañías de transporte y organismos gubernamentales como la OTAN para la realización de misiones con fines humanitarios.

### 2.1.8 M28 Bryza - Polonia

El PZL M28 Bryza es una adaptación del Antonov An-28 de diseño ruso de finales del siglo XX, pero fabricado y operado en Polonia. La aeronave es construida bajo licencia por PZL Mielec, subsidiaria de Sikorsky, a su vez adquirida en 2007 por la estadounidense Lockheed Martin. [40]


Esto ha hecho que el avión haya sido vendido ocasionalmente a operadores comerciales y los gobiernos de Indonesia, Jordania, Venezuela, Vietnam y Estados Unidos. En la actualidad el ministerio de defensa polaco ha iniciado una campaña de adquisición de un nuevo modelo de patrulla marítima a la espera de posibles competidores para sustituir a Bryza, posiblemente el C295 Persuader.



Figura 2-15. M28 Bryza perteneciente a la Armada polaca. (Fuente: Wikimedia Commons)

<b>Fuentes de datos técnicos</b>	[40], [41]
<b>Reabastecimiento en vuelo</b>	No
<b>Tripulación típica</b>	2 pilotos y 4 operadores de misión
<b>Armamento embarcado</b>	No
<b>Coste unitario</b>	más de 7 M\$.
<b>N.º construidos</b>	más de 200.

#### Usuarios principales:

 Fuerza Aérea Polaca (Polish Air Force – 25, Polish Navy – 16, Polish Border Guard – 1)

#### Otros usuarios:

 Estados Unidos

 Venezuela

#### Diseño

El Antonov An-28 se trata de una evolución del Antonov An-14, pero propulsado por motores turbohélice, incluyendo además una estructura de cola de doble timón. En lo técnico, se trata de un monoplano de ala alta arriostrada con tren de aterrizaje de tipo triciclo. Su peso contenido y sus características aerodinámicas, lo hacen un avión de carrera de despegue y aterrizaje muy cortas.

En sus versiones más equipadas cuenta con radar de búsqueda 360° con funcionalidad ISAR, servicio de enlace de datos, capacidad de lanzamiento de sonoboyas, sensor AIS, detector de anomalías magnéticas (para lucha antisubmarina) y sensor electro-óptico. Aun así, su tamaño y autonomía lo hacen un rival muy débil en comparación con el resto de opciones de patrulla marítima.

#### Versiones

Entre las versiones más representativas para este trabajo se encuentran:

- **PZL M28B Bryza 1R:** Versión utilizada para operaciones de búsqueda y rescate, además de protección de espacios costeros de interés económico nacionales. Equipaba Radar de búsqueda ASR-400 y un enlace de datos Link-11.
- **PZL M28B Bryza 1RM bis:** Se trata de una variante datada del 2004 diseñada para añadir capacidades de lucha antisubmarina a la anterior versión. Se le añadió un sensor de visión térmica FLIR, un detector de anomalías magnéticas, sonoboyas y el radar se sustituyó por el ARS-800-2.
- **PZL M28 05 Skytruck:** Variante del 2006 realizada para Guardia Costera Polaca equipado con radar de búsqueda ASR- 400 y sensor de visión térmica FLIR.

### 2.1.9 P-3 Orión – Estados Unidos

El Lockheed P-3 Orion es un avión de patrulla marítima desarrollado a finales de los años 1950 por la compañía estadounidense Lockheed (actual Lockheed Martin). Se trata del avión de patrulla marítima por excelencia, un referente en todo el mundo. Ha sido y es todavía ampliamente utilizado por Armadas y Fuerzas Aéreas de distintos países, principalmente para patrulla marítima, reconocimiento, guerra anti-superficie y guerra antisubmarina. Destaca por sus actuaciones a baja velocidad, capacidad de maniobra en pistas cortas, fuselaje espacioso, equipamiento disponible y resistencia.



Figura 2-16. Lockheed Martin P-3 Orion perteneciente a la Armada chilena. (Fuente: Wikipedia)

<b>Fuentes de datos técnicos</b>	[12], [32], [42], [43]
<b>Reabastecimiento en vuelo</b>	No
<b>Tripulación típica</b>	Tres pilotos, dos oficiales de vuelo tácticos, dos ingenieros de vuelo, tres operadores de misión y un técnico de vuelo. Puede albergar más personal como por ejemplo científico, en caso necesario.
<b>Armamento embarcado</b>	8× puntos de anclaje subalares y una bodega interna con una capacidad de 9.100 kg. Puede llevar en misiles de crucero, torpedos, cohetes aire-superficie, cargas de profundidad y sonoboyas.
<b>Coste Unitario</b>	50.4 M\$ (Lockheed) / 76.5 M\$ (construido por Kawasaki en dólares estadounidenses de 1994)
<b>N.º construidos</b>	Lockheed 650 y Kawasaki (bajo licencia) 107. Total 757.


**Usuarios principales:**

- Fuerza Marítima de Autodefensa de Japón
- 🇦🇺 Real Fuerza Aérea Australiana
- 🇰🇷 Armada de la República de Corea

**Otros usuarios:**

- 🇨🇦 Real Fuerza Aérea Canadiense
- 🇩🇪 Marina Alemana
- 🇦🇷 Armada Argentina
- 🇧🇷 Fuerza Aérea Brasileña
- 🇨🇱 Armada de Chile
- 🇪🇸 Ejército del Aire de España
- 🇺🇸 Armada de los Estados Unidos
- 🇺🇸 Administración Nacional Oceánica y Atmosférica
- 🇺🇸 Departamento de Seguridad Nacional de los Estados Unidos
- 🇺🇸 NASA (*National Aeronautics and Space Administration*)
- 🇬🇷 Marina Griega
- 🇮🇷 Fuerza Aérea de la República Islámica de Irán

 Real Fuerza Aérea Neozelandesa

 Real Fuerza Aérea Noruega

 Marina Pakistán

 Fuerza Aérea Portuguesa

 Marina de la República de China

 Marina Real Tailandesa

## Diseño

La aeronave está basada en el avión civil de transporte de pasajeros Lockheed L-188 Electra. Este modelo tuvo poco éxito a pesar de su buen inicio de ventas que, tras problemas de diseño y posterior revisión, junto con el desarrollo de nuevos modelos de aviones comerciales de turbina, vio frenada su progresión hasta el fin de su producción en 1961. Su diseño sirvió para sustituir a la flota de vigilancia naval Lockheed P-2 *Neptune* utilizada con éxito en la Guerra de Corea y Guerra de Vietnam.

El P-3 Orión ha sido versionado en multitud de variantes, pero se puede describir como un avión de peso medio, con un ala recta y extendida pensada para mejorar las actuaciones de vuelo a baja altitud y velocidad. Permite operar en pistas de aterrizaje militares, civiles y pistas no convencionales, gracias en parte a su robusto y alto tren de aterrizaje principal, cuyas ruedas se retraen bajo los motores instalados junto al fuselaje central.

Está equipado con cuatro turbohélices, cuyas hélices equipan cuatro palas de paso variable muy eficientes a baja altitud y velocidad, que además hacen que pueda alcanzar velocidades de crucero considerables, teniendo en cuenta el tipo de operación para el que fue diseñado.

El P-3 cuenta con una bodega interna para artefactos explosivos, así como puntos de anclaje bajo el ala diseñados para portar diferentes cargas, como podrían ser misiles antibuque o torpedos antisubmarino. Cuenta con radar de búsqueda, capaz de detectar un periscopio en malas condiciones de mar. Además, permite el lanzamiento de sonoboyas direccionales, bengalas y botes de humo desde el interior de la aeronave gracias a unos tubos que conectan la cabina con la parte inferior del fuselaje exterior del avión. Un elemento que caracteriza a este P-3 es su punta de cola, equipada con un detector de anomalías magnéticas.

## Versiones

Se han construido multitud de versiones de esta plataforma, entre las que se encuentran versiones navales, de transporte, guarda costas, rescate, extinción de incendios, vigilancia aérea, estudio meteorológico e incluso versiones de entrenamiento sin sensores a bordo. De todas ellas se van a explicar las más representativas de la plataforma:

- **P-3A:** Versión original de la que se construyeron 157 para la marina estadounidense, equipada con motores Allison T56-A-10W de 4500 CV cada uno. Equipaban sensores de detección submarina que mejoraron al tiempo, sustituyéndolos por otros más avanzados del fabricante Deltic.
- **P-3B:** Versión de producción a partir del MSN 158 con nuevos motores Allison T56-A-14 de 4600 CV cada uno. En cuanto a sensores, ya contaban con equipos de detección antisubmarina Deltic, además la capacidad de lucha antisubmarina se vio ampliada y mejorada.
- **P-3C:** Tres actualizaciones para esta versión con mejoras en aviónica y sistemas de navegación, armamento embarcado (misiles Harpoon antibuque), detección de infrarrojos, procesador acústico y receptor de sonoboyas.
- **P-3AEW&C:** P3-B convertidos en aviones de alerta temprana (*Airbone Early Warning and Control*) utilizados por el cuerpo de aduanas de los Estados Unidos.



- **CP-140 Aurora:** Basado en el P-3 Orión, se trata de una modificación que monta aviónica del S-3 Viking para la Fuerza Aérea de Canadá colaborando en labores de guerra antisubmarina y reconocimiento marítimo. El último Aurora canadiense se entregó en 1981. En total se fabricaron 18 CP-140-Aurora y 3 CP-140<sup>a</sup> Acturus, una variante utilizada en misiones de patrulla costera y entrenamiento de tripulaciones.

## 2.2 Fabricados en países MNNA. (Aliados Importantes no OTAN)

### 2.2.1 KAWASAKI P-1 - Japón

El Kawasaki P-1 es un proyecto de fabricación 90% nipón, desarrollado a la par que el avión de transporte militar conocido como Kawasaki C-1. Se trata del reemplazo natural del icónico Lockheed P-3C Orion. El primer vuelo se produjo el 28 de septiembre de 2007, entregándose el primer ejemplar en 2013. [44]



Figura 2-17. Tres Kawasaki P-1 con el Monte Fuji de fondo. (Fuente: Ministerio de defensa de Japón)

<b>Fuentes de datos técnicos</b>	[44]–[46]
<b>Reabastecimiento en vuelo</b>	No
<b>Tripulación típica</b>	3 en cabina y 8 operadores de misión
<b>Armamento embarcado</b>	9,000kg 8 puntos duros bajo ala y bodega con cabida para 8 bombas. Misiles AGM-84 Harpoon, ASM-1C, AGM-65 Maverick. Sonoboyas (30 preparadas y 70 embarcadas para preparar en vuelo), torpedos MK-46, tipo 97 y G-RX5, Minas y cagas de profundidad
<b>Coste unitario</b>	150 M\$
<b>N.º construidos</b>	33

#### Usuarios principales:

- Fuerza Marítima de Autodefensa de Japón

#### Otros usuarios:

Aunque se trata de un proyecto a medida del gobierno japonés, está siendo ofertado a otros países aprovechando la relajación de la regulación de exportación de este tipo de productos en el país. En concreto, se ha ofrecido a países del sudeste asiático como Tailandia y Vietnam, además de presentarse como reemplazo de los Breguet Atlantic 2 franceses y P-3C Orion alemanes.

## **Diseño**

Se trata de un turborreactor de ala baja desarrollo del B-707-700. Está equipado con cuatro motores de alta relación de derivación, especialmente diseñados para aportar a la aeronave de buenas cualidades a baja altitud y velocidad. Gracias a su bajo consumo y ruido permiten a P-1 llevar a cabo misiones de lucha antisubmarina. Honeywell es la que aporta los equipos de aviónica, siendo la mayor contribución a la aeronave de origen no japonés.

Se trata de un modelo muy similar a los utilizados en aviación comercial en tanto en cuanto equipa Unidad de Potencia Auxiliar (APU) y turbina de aire de impacto. La novedad que incluyó en el mercado es un sistema de control de vuelo electrónico por fibra óptica, o *fly-by-light*, sin interfaces mecánicas entre mandos y superficies de control. Este sistema introduce menos interferencias electromagnéticas que los modernos sistemas de control *fly-by-wire*

En cuanto a los sensores, cuenta con un radar tipo AESA (*Active Electronically Scanned Array*) fabricado por Toshiba y con sensores acústicos (sonoboyas) para detección de objetivos submarinos. Estas sonoboyas pueden ser cargadas en un lanzador externo precargado o en un armario en el interior de la cabina. Para este propósito también cuenta con un detector de anomalías magnéticas situado en la cola y fabricado por Mitsubishi Electric bajo licencia de la compañía canadiense CAE. Además, está equipado con medidas de apoyo de guerra electrónica (ESM) y de contramedidas en forma de dispensadores de bengalas, radar de aviso de amenazas y alerta de misiles.

## **Versiones**

- **Kawasaki P-1**

## 2.3 Fabricados en países NO OTAN




### 2.3.1 Ilyushin Il-38 - Rusia

Este avión de cuatro motores turbopropelante, con capacidad de realizar misiones de lucha antisubmarina y patrulla marítima, fue usado por la unión soviética para controlar la actividad americana sobre el mar durante la Guerra Fría. Con unas características similares a las del P-3 Orión y Atlantique 2, suponía una gran herramienta para la vigilancia de la flota estadounidense por parte de los soviéticos.

El Il-38 fue desplegado por todo el mundo, desde el Báltico hasta Yemen, pasando por Libia, Siria, el norte de Asia, Vietnam y Egipto. Sigue en activo, representando la principal plataforma de patrulla marítima y guerra antisubmarina de Rusia, que actualmente sigue modernizándolos.



Figura 2-18. Ilyushin Il-38 perteneciente a la Armada india. (Fuente: Armada India)

<b>Fuentes de datos técnicos</b>	[32], [47], [48]
<b>Reabastecimiento en vuelo</b>	No
<b>Tripulación típica</b>	Dos pilotos, mecánico de vuelo y 9 operadores de misión.
<b>Armamento embarcado</b>	No lleva armas en el exterior del avión, por lo que sólo puede llevar 3,000 kg de armamento entre sus dos bodegas, situadas delante y detrás de los largueros de las alas. Dentro de éstas puede llevar misiles, cargas de profundidad, minas, torpedos y bombas. Puede también embarcar tanto sonoboyas activas como pasivas, lanzadas desde una bodega en la parte inferior del fuselaje siguiendo un esquema predeterminado con el objetivo de localizar amenazas hostiles submarinas.
<b>Coste unitario</b>	Sin datos
<b>N.º construidos</b>	176
<b>Usuarios principales:</b>	 Aviación Naval Soviética (no operando bajo esta denominación actualmente)
<b>Otros usuarios:</b>	 Aviación Naval Rusa (quedando 30 aeronaves en servicio)  Marina India (5 aeronaves entregadas en 1977)

## Diseño

Al igual que el P-3 Orión, que surgió a través de un desarrollo del Lockheed Electra y el *Nimrod* británico (fuera de servicio y, por tanto, no analizado en profundidad en este trabajo) del De Havilland Comet, el diseño del Il-38 soviético provino del desarrollo del Il-18 <<Coot>>. Este avión de transporte militar y comercial, podía llevar en su interior hasta un total de 122 pasajeros y su primer vuelo se realizó en 1957.

La versión Il-38 es 4 metros más larga y más pesada que su pariente Il-18, esto hizo necesario adelantar su grupo alar para mantener el centro de gravedad entre sus límites. Sus depósitos, con una capacidad total de 30,000 litros, contaban con cuatro puntos de abastecimiento a presión. Sus motores, idénticos a los de su versión comercial y de transporte, daban una autonomía de 12 horas y una velocidad máxima de 650 km/h, compitiendo así de tú a tú con el estadounidense P-3 Orion y el Francés Atlantique 2.

Como peculiaridad a destacar, el equipo de aviónica era alimentado por ocho generadores eléctricos, movidos por el grupo motor. Además, en su fuselaje se pueden ver muy pocas ventanas, pero sí llaman la atención las ventanas-burbuja que permitían obtener fotografías de barcos y aviones interceptados.

La versión de base Il-38, cuenta con sensor de anomalías electromagnéticas, situado en la parte posterior del fuselaje sobresaliendo de éste como en otras aeronaves similares. De las pocas imágenes que se tienen del avión operando para la marina soviética, siempre ha llevado el mismo camuflaje gris, en el que se distinguía la tradicional estrella roja y apenas una pequeña numeración en su estabilizador vertical. Como curiosidad, se cree que hubo una serie de aviones establecidos en El Cairo operando bajo los colores y camuflaje del ejército egipcio, pero siendo pilotado por soviéticos en su interior. El gran radar de búsqueda, "Wet Eye" en código OTAN, está ubicado bajo el fuselaje colocado cercano a la proa de la aeronave.

Comparados con sus rivales más directos, el Orion y Atlantique, el avión soviético escaseaba en tecnología electrónica de visionado de imágenes para condiciones de visibilidad adversas.

En total se fabricaron 176 ejemplares, cerrando su producción para dar prioridad a la versión de patrulla marítima y ASW del bombardero pesado Tu-95, designada como Tu-142.

## Versiones

- **Il-38 May** - El único cliente al que se exportó fue a la India, entrando en servicio 5 aparatos en 1977. Es curioso que el ejército indio fuera también propietario de los Tu-142 <<Bear F>> tan similares a este modelo.
- **Il-20 Coot A:** Versión de Guerra electrónica.
- **Il-20 Coot B:** 22 aparatos fueron reconvertidos a esta versión como aeronaves de puesto de mando, contando con radomo adicional bajo el fuselaje.
- **Il-38N:** Versión modernizada de los ejemplares rusos en servicio. Se planean tener listos unos 30 en 2025.

## 2.4 Comparativa entre modelos en servicio

En este apartado se va a realizar el análisis con las características físicas y actuaciones de cada modelo. Hay que tener en cuenta que se trata de modelos militares, por lo que en ocasiones el acceso a la información es limitada. En la Tabla 2-1. Comparativa modelos MPA actualmente en servicio se comparan las siguientes características:

- Medidas físicas, incluyendo: Longitud (m), Envergadura (m) y Altura (m).
- Planta de potencia: Número y tipo de motores, incluyendo su potencia o empuje.
- MTOW (kg): Máximo peso al despegue (por sus siglas en inglés de *Maximum Take-Off Weight*).
- Velocidad de crucero en nudos (Kn: *Knots*): Se ha optado por la velocidad de crucero recomendada por el fabricante para trayectos largos, cuando estaba disponible en la bibliografía, frente a la velocidad máxima. Las actuaciones de aviones comerciales son fáciles de contrastar, pero en las versiones militares esto se vuelve más complicado. En ocasiones el fabricante trata la velocidad máxima en sus folletos e informes, como la máxima de crucero alcanzable en vuelo nivelado, pero en cambio en otras simplemente se trata de la velocidad máxima operativa de la aeronave o VMO (Velocity Maximum Operation). Es por esto que para comparar cada plataforma de la forma más veraz posible y atendiendo a la operativa de una misión tipo de patrulla marítima se compararán con la velocidad de crucero de cada modelo.
- Alcance máximo en millas náuticas (NM: *Nautical Miles*): Alcance máximo a nivel de vuelo y velocidad óptimas.
- Especificaciones de misión: Con este dato se podrá verificar el desempeño de la plataforma durante una misión de una forma más realista, frente al dato de alcance máximo.
- Max FL (*Flight Level*): Máximo nivel de vuelo en el que puede operar la aeronave.



Figura 2-19. Comparativa MTOW (Kg)

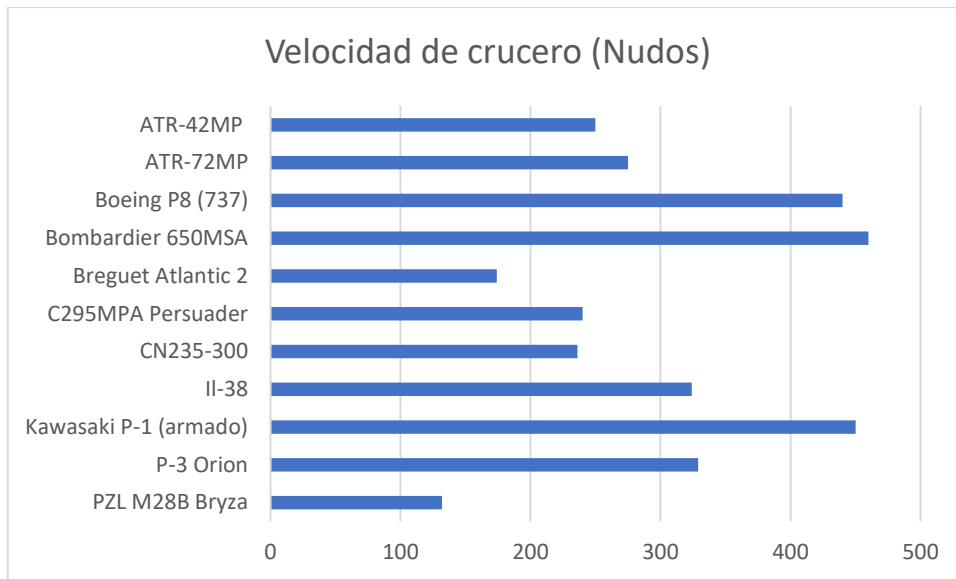


Figura 2-20. Comparativa Velocidad de crucero (Nudos)

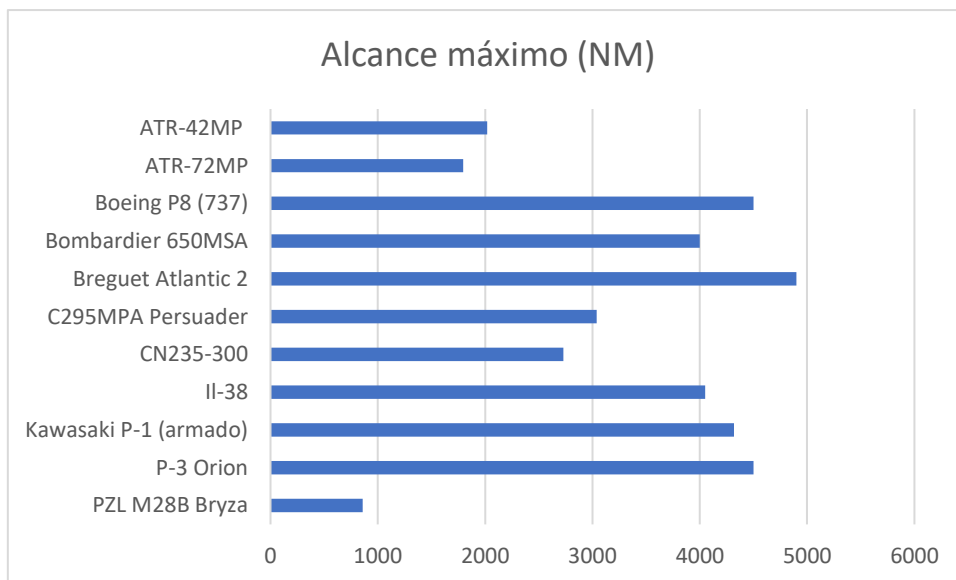


Figura 2-21. Comparativa Alcance Máximo (NM)

La primera gran diferencia se encuentra entre las aeronaves de gran tamaño y elevado peso máximo al despegue: Boeing P-8 (737), Kawasaki P-1, Ilyushin Il-38, Lockheed Martin P-3 Orion y Breguet Atlantic 2 en este orden (Figura 2-19. Comparativa MTOW (Kg)). Estos modelos destacan por encima de sus competidores por su velocidad de crucero, techo de vuelo y alcance como puede verse en las gráficas. Además de llegar más lejos y con mayor capacidad de carga de pago, lo hacen más rápido. La excepción la marca el Bombardier, donde destaca incluso en velocidad de crucero. Lógicamente, este tipo de aeronaves están diseñadas para operaciones oceánicas y de gran duración, frente al resto, más pensadas en la vigilancia costera y de fronteras.

Atendiendo solamente a las actuaciones, sin tener en cuenta el contexto de la misión que típicamente llevarán a cabo, los aviones equipados con plantas de potencia basadas en turbofán son a priori superiores. Pero no hay que olvidar que la doctrina militar de patrulla marítima, incluye típicamente operaciones a baja cota o muy baja cota como en el caso de rastreo de submarinos y la colocación de sonoboyas con sistemas de lanzamiento manual, el predominante en la flota. Es en este tipo de operaciones donde los turbohélices tienen ventaja y es la razón por la cual la mayoría de modelos son de este tipo.



*Figura 2-22. Imagen comparativa entre Boeing P-8 y Kawasaki P-1. (Fuente: NAF Astugi 2014)*

El *Poseidon*, fabricado por Boeing, equipa varios sistemas para paliar esta desventaja, como es el sistema de lanzamiento de torpedos y sonoboyas a gran altitud, pero sigue siendo torpe y más crítico de operar a baja cota que sus contrincantes. También lo incluiría el modelo Bombardier modificado por Boeing, ya que su equipamiento es prácticamente el mismo. Además de este tipo de soluciones en los modelos más modernos, es fácil ver que se tendrá que estudiar un cambio de doctrina en las fuerzas aéreas o armadas en cuanto a la patrulla marítima y lucha antisubmarina se refiere.

En cuanto al equipamiento de misión, destacan por encima de todos el Boeing P-8 Poseidon estadounidense y su hermano pequeño el denominado *Maritime Surveillance Aircraft* diseñado por el mismo fabricante (sobre plataforma Bombardier). El *Poseidon* ya es un éxito de exportación y lo sería aún más si no fuera por su elevado coste y proceso de venta, controlado por la *Navy* norteamericana, exclusivo para países aliados de EEUU.

Una versión interesante en el panorama actual es el CASA C295 en versión *Persuader*, recientemente renovado para el programa *Fixed Wing Search and Rescue (FWSAR)* de flota de Búsqueda y Rescate adquirido por la Fuerza Aérea Canadiense. Se trata de un turbohélice con un coste de adquisición y de mantenimiento muy atractivo para el operador. En cuanto a tecnología, puede ser equipado con lo último controlado por su sistema táctico integrado (FITS), contado con radar de búsqueda y sensor electro-óptico de gran capacidad. La gran desventaja reside en sus actuaciones, su velocidad de crucero es baja y su alcance es corto. Aunque puede equiparse con pértiga para operaciones de repostaje en vuelo eliminándose la limitación en lo relativo al combustible, su falta de sonda de nivel de aceite para chequeo en vuelo hace que no pueda volar un número de horas elevado antes de ser revisado.

Cada modelo presenta sus ventajas e inconvenientes, pero lo que los hace realmente encajar en las necesidades de un estado o Fuerza Aérea son precisamente eso, las necesidades específicas que se tengan. Por estas razones, se presentarán unos requisitos en cuanto a actuaciones y equipamiento que se deberán satisfacer de acuerdo al tipo de misión o misiones que quiere cubrirse.



*Tabla 2-1. Comparativa modelos MPA actualmente en servicio*

MODELO	Long. (m)	Envergadura (m)	Altura (m)	Planta de Potencia	MTOW (kg)	Velocidad de crucero (Kn)	Alcance (NM)	Especificaciones de Misión	Max FL
ATR-72MP	22.6	24.57	7.59	2× turbohélice Pratt & Whitney Canada PW127E 2433CV	23,000	275	1,795	1,440 NM / 10 h & 45 min hold / 200 NM & 6.5 h ToS	250
ATR-42MP	27.2	27	7.65	2× Turbohélice Pratt & Whitney Canada PW127M de 2509CV	18,600	250	2,020	1,050 NM / 7h + 45min Hold	250
Boeing P-8 (737)	39.4	37.64	12.83	2x Turbofán CFM56-7B de 12383 Kgf de empuje	85,820	440	4,500	1,200 NM + 4 h ToS	410
Bombardier 650MSA	20.9	19.6	6.3	2x Turbofán GE CF-34-3B MTO de 4181 de Kgf empuje	21,863	460	4,000	> 8 h en misión MPA	410
Breguet Atlantic 2	33.6	37.3	10.89	2x Turbohélice Rolls-Royce SNECMA tipo 21 Tyne Rty.2 de 5670 CV	46,200	174	4,900	18 h	300
C295MPA Persuader	24.5	25.81	8.66	2x Turbohélice Pratt & Whitney Canada PW127G de 2.645 CV	23,200	240	3,040	10 h a 200 NM y reservas de 45'	250
CN235-300	21.4	25.8	0	2x Turbohélice General Electric CT&-9C3 de 1896 CV	16,500	236	2,730	2,233 NM	250
Il-38	39.6	37.42	10.16	4x Turbohélice ZMDB Progress Al-20M de 4250 CV	63,500	324	4,050	12 h	360
Kawasaki P-1 (armado)	38	35.4	12.1	4× Turbofán IHI Corporation F7 de 61183 kgf	79,700	450	4,320	-	442
P-3 Orion	35.6	30.37	10.27	4x Turbohélice Allison T56-A-14 4980 CV	61,235	329	4,500	14 h	280
PZL M28B Bryza	13.1	22.1	4.9	2x Turbohélice Pratt & Whitney Canada PT6A-65B de 1115 CV	7,500	132	860	8 h	250



# 3 NECESIDADES DE FUTURO

En este apartado se analizarán brevemente las necesidades de las fuerzas armadas de países interesados en una posible plataforma europea de patrulla marítima. Principalmente, la información se ha recabado de diferentes noticias o anuncios oficiales de diversas naciones hacia los medios de comunicación. Al tratarse de datos comprometidos, no se tiene acceso a las necesidades reales de cada nación, pero sí que sirven para dar una idea de la viabilidad y demanda de esta plataforma dado el cercano plazo de fin de vida útil de la mayoría de flotas, comprendido entre 2025 y 2035.

## 3.1 Hitos que definen las necesidades de posibles países cliente

- **Abril de 2018.** - La ministra de Defensa alemana Ursula von der Leyen y su homóloga francesa, Florence Parly, firmaron una carta de intención sobre el nuevo "Sistema de Guerra Marítima Aerotransportada" en la exhibición aérea de Berlín. Acordaron de esta forma, la necesidad de buscar una "solución europea" para reemplazar sus aviones de vigilancia marítima, siguiendo la política de cooperación en el desarrollo del próximo caza de combate europeo [49], [50]. En la actualidad, ambos países colaboran a la vez, junto a Italia y España, en el desarrollo del *Eurodrone*, por lo que no sería descabellado pensar en incluir en el programa a más países europeos.

Japón, país no perteneciente a la OTAN, teniendo en cuenta el acuerdo franco – alemán, ofreció su Kawasaki P-1, proponiendo incluso una solución conjunta con las compañías Dassault Aviation y Leonardo. De esta forma se incorporaría en su desarrollo y fabricación con compañías nacionales, ofreciendo así una oferta más provechosa para sus industrias y opinión pública [51]. Una de las dificultades a las que se enfrentan ambos países, es que el encargo no superaría los 25 aviones, lo que hace difícil el desarrollo de una nueva plataforma adaptada a sus necesidades.

- **Febrero de 2018.** - Canadá y Polonia firman un acuerdo de intenciones en Bruselas, durante una convención de la OTAN, para unirse al posible programa europeo de desarrollo de una plataforma de patrulla marítima junto con Francia, Alemania, Grecia, Italia, España y Turquía [52]. Un candidato importante para ser usado de plataforma base siempre ha sido el A320Neo, por su origen europeo y éxito en el mercado de aviación comercial de transporte de pasajeros. En el caso de producirse un acuerdo para un proyecto coliderado por estas naciones, se dividirían los paquetes de trabajo entre estos países, algo que ya se ha hecho en otros programas como el Eurofighter o el A400M, con el respaldo que esto conllevaría para su industria aeronáutica nacional.

Algo que puede influir en la decisión y voluntad de Canadá, es el desempeño que perciban de Airbus en el programa de salvamento FWSAR tras ganar el contrato para sustituir los seis CC-115 Buffalo y 13 CC-130H Hércules, pertenecientes a sus escuadrones de búsqueda y rescate. Este contrato incluye un enorme paquete de servicios de training y servicios durante los primeros 25 años de operación, algo que encajaría con las intenciones de este programa promovido por la OTAN.

- **Octubre de 2019.** - Un nuevo acuerdo franco – alemán fija como objetivo en 2020 la elaboración de un estudio de viabilidad para el ya bautizado MAWS (Maritime Patrol Aircraft project). Este proyecto sería el plan de acción de cara al fin de la vida útil de sus flotas de patrulla marítima, estimada para 2030. [53]
- **Julio de 2019.** - La OTAN publica una RFI en el que reconoce una falta de capacidad de aviones de patrulla marítima en el entorno de países pertenecientes a la OTAN, que comienza en 2023. Para ello presenta el programa AIM2S (Accelerated Interim Multinational MPA Solution), en el que nueve países NATO buscan crear una flota asequible de aeronaves MP para cubrir el vacío de capacidad operativa entre 2023 y 2035, fecha en la que se espera conseguir una solución más duradera.

En el Anexo I se incluye este documento, donde se detallan los requerimientos que debe cumplir la solución que los fabricantes o clúster de fabricantes deben reunir para presentarse al proceso de selección.

## 3.2 Estado de las flotas de posibles países cliente

Si se hace un análisis breve del estado de las flotas de países interesados en una solución de MPA, claramente se trata de una flota envejecida y con una demanda creciente:

- **Flota alemana.** - Opera 8 P-3C, adquiridos de la armada holandesa en los años 80. Se modernizaron al estándar CUP (Capability Upkeep Program) antes de vendérselos a Alemania para poder volarse durante 15 años más, país que a su vez los ha seguido modernizando.
- **Flota francesa.** - Opera 22 Atlantique 2, de los 28 ejemplares que entraron en servicio en 1991 y fabricados por Dassault Aviation. Actualmente hay un programa de modernización para ampliar la vida útil de 18 de ellos hasta 2032. Dos ejemplares modernizados han sido ya incorporados a la Marina Nacional.
- **Flota canadiense.** - El caso de Canadá es esencialmente el mismo, necesita renovar su flota a partir de 2025. Opera CP-140 Aurora que están terminando de ser modernizados y revisados estructuralmente para extender su vida útil hasta 2030.
- **Flota polaca.** - Como se ha comentado antes, también está en el acuerdo firmado en la OTAN junto con Canadá, pero probablemente se limiten a la compra de varias unidades del C295 altamente equipadas para labores de ISR y MPA.
- **Flota italiana.** - Tradicionalmente su flota se ha compuesto de Atlantic 1, de los años 60, pero han sido reemplazados por ATR-72MP. Como se ha analizado anteriormente, estas unidades cuentan con autonomía y prestaciones inferiores, además de prescindir de capacidad de lucha antisubmarina o armamento. Diversos portales web han publicado que Boeing ha ofrecido P-8 a Italia como complemento a los ATR-72MP, pero no se conocen más detalles.
- **Flota turca.** - Usan CN-235 MPA y ATR-72 ASW, ambos con sistema táctico AMASCOS de THALES. Ambas presentan pocas diferencias en autonomía, volumen interno, equipamiento y armamento. Por este motivo puede que busquen algo más capaz, como podría ser la plataforma europea, para sus misiones de patrulla marítima.
- **Flota griega.** - Actualmente trabaja en la puesta en vuelo de cuatro P-3B, obtenidos en los 90 e inmovilizados desde 2015. Los aviones tienen casi 50 años y deben ser revisados estructuralmente o directamente reemplazados, pero es un gasto importante para la situación económica y social que atraviesa el país. No obstante, el gasto militar de Grecia se ha mantenido elevado a pesar de la crisis.
- **Flota española.** - En 2023 está previsto que causen baja los 3 P-3M disponibles aún que vuelan desde 1973 y los 8 CN-235, quedándose prácticamente sin medios de ala fija para misiones de vigilancia marítima. Existe interés en los C295 de patrulla marítima, aunque tiene menos capacidades que el orión y no existe ratificación pública alguna de este supuesto interés.

### 3.2.1 Demanda real futura de aeronaves de patrulla marítima. Proyecto AIM2D

En resumen, Francia y Alemania están trabajando para elaborar una matriz detallada de requisitos de lo que necesitaría su nuevo avión de patrulla y reconocimiento marítimo, proyecto llevado a cabo posiblemente en consorcio con España, Italia, Turquía, Canadá y Polonia. El problema es que este proyecto tiene como horizonte de inicio el 2035, fecha a la que la mayoría de flotas OTAN no llegarían operativas, a excepción de las nombradas Francia, Alemania y Canadá.

La clave que resuelva este problema podría pasar por el resultado del proyecto AIM2S. Si éste es lo

suficientemente capaz a nivel tecnológico como para alargar su operación más allá de 2035, podría solventar los problemas de las flotas cuyo fin de vida de aeronaves están fijados antes y después de 2035. Esto sería plausible si el modelo ganador alcanza las capacidades del Boeing P-8 Poseidon que, aunque lleva 22 años volando, sigue siendo una punta de lanza como aeronave de patrulla marítima. En caso contrario, de nuevo en 2035 se abriría otra ventana de demanda para este tipo de aeronaves.

Aparentemente, las posibles propuestas para satisfacer los requerimientos pedidos en la RFI publicada por la OTAN [54], que puede encontrarse en el Anexo I de este trabajo, serían las siguientes:

- Airbus por su parte podría tener lista su propuesta basada en el A320Neo en 2023 para ofrecerla a estos países, algo que chocaría con el proyecto franco – alemán, ya que se trataría de utilizar la opción de Airbus durante sólo 14 años (2023-2035). Esto es una cifra de vida operativa pequeña en comparación con los 50 años de algunos P-3.
- Desde el otro lado del océano, Boeing podría obtener ventaja de este problema de tiempos presentando su P-8 Poseidon para satisfacer la demanda de 2023, asentándose, así como fabricante principal para el resto de países OTAN y hacer innecesarios el resto de proyectos. Hay que tener en cuenta que el *Poseidon* es un producto más que maduro tras más de 20 años de operación y que con Reino Unido y Noruega siendo ya clientes de este proyecto, las sinergias creadas serían muy beneficiosas.
- La sueca SAAB también podría ofrecer el Swordfish, un avión basado en el turboreactor Global 6,000 fabricado por Bombardier y cuyo equipamiento podría igualar al resto de pretendientes, aunque todavía no ha conseguido ningún cliente lanzador para su proyecto.
- Lockheed Martin podría ofrecer el SC-130J Sea Hercules, una versión sensorizada de su ya famosa y madura aeronave, que podría ser suficiente para los requerimientos y periodo de servicio pedido.
- Japón entraría en el concurso con su Kawasaki P1, que también podría satisfacer los requerimientos europeos e incluso como solución a más largo plazo.
- Por último, Airbus tiene en su portfolio el C295 MPA, una evolución del modelo entregado a la armada chilena con capacidades ASW, que además podría aprovechar la plataforma desarrollada y modernizada para Canadá. El único problema es que no contaría con las mismas capacidades que sus competidores en cuanto a performance y equipamiento. Contaría como ventaja su contenido coste de adquisición y ciclo de vida.

---

*¿Podría una solución diferente a las citadas ganar el concurso?,  
es la principal pregunta que este trabajo tratará de resolver.*

---

### 3.3 Requisitos del proyecto AIM2S

En este apartado se van a presentar los requisitos que deberá cumplir la solución de avión de patrulla marítima tanto a nivel de actuaciones como de capacidad para realizar diferentes tipos de misiones. Para dotar al trabajo de más autenticidad, se va a utilizar la RFI publicada por la OTAN [54] que puede ser consultada en el Anexo I. De esta forma, se trabajará en un proyecto que recoge las necesidades del mercado actuales teniendo en cuenta a la competencia. El proyecto AIM2S, que se detalla en el documento antes mencionado, requiere no sólo de una flota de aeronaves con una serie de requisitos específicos, sino además de una infraestructura y una oferta de servicios ofrecidos por el fabricante para garantizar la completa mantenibilidad y disponibilidad de la flota. Este trabajo se va a centrar en la parte técnica del segmento aéreo de la oferta, con el objetivo de diseñar y presentar un proyecto de patrulla marítima que logre reunir los requisitos.

**Hipótesis 1. El objetivo del TFM de diseñar una plataforma MP capaz de competir con las existentes, se verá satisfecho cumpliendo los requisitos del segmento aéreo del proyecto AIM2S.**

Para facilitar el trabajo, se van a simplificar los requisitos técnicos que deberá cumplir la aeronave diseñada dispuestos por la OTAN en la RFI.

**Hipótesis 2. Los requisitos para cumplir con la RFI del programa AIM2S serán simplificados en los siguientes:**

1. La primera aeronave deberá estar preparada para ser desplegada en 2023;
2. Se deberán satisfacer todos los requerimientos sobre capacidades NATO clave expuestos en la Tabla 3-2. Capacidades clave para la OTAN del programa AIM2S. (Fuente: [54]).
3. Ser capaz de llevar a cabo los siguientes tipos de misiones principales o colaterales de forma cooperativa con otras unidades destinadas a ello por la OTAN.

*Tabla 3-1. Misiones principales y secundarias AIM2S. (Fuente: [54])*

Tipo de misión	Misión	Roles a desempeñar
PRINCIPAL	ASW	Guerra antisubmarina y equipamiento de armamento asociado  Vigilancia submarina e informes de caracterización ambiental
	ASuW	Guerra anti-superficie y equipamiento de armamento asociado  Vigilancia de superficie y reporte de buques interceptados  <i>Over the Horizon Targeting</i> <sup>5</sup> (OTH-T)  Control de piratería, pesca furtiva, migración irregular y actividades ilegales

<sup>5</sup> OTH-T es un tipo de operación que comprende capacidades de comando, control, computación, comunicaciones, inteligencia, vigilancia y reconocimiento (C<sup>4</sup>ISR) orientado a apoyo de combate de guerra frente a objetivos a una distancia mayor del alcance visual.

	<b>ISR, Guerra electrónica</b>	Vigilancia de superficie y reporte de situación Recolección de imágenes de inteligencia
	<b>Joint Personnel and Recovery (JPR)</b>	Operaciones de búsqueda y rescate
<b>COLATERAL</b>	<b>Soporte a operaciones especiales</b>	Apoyo a fuerzas de operaciones especiales Otras capacidades especializadas, adaptadas a la misión Transporte y lanzamiento de carga y personal
	<b>Guerra de minas aerotransportada</b>	Guerra de minas navales Módulo de protección de puerto

Tabla 3-2. Capacidades clave para la OTAN del programa AIM2S. (Fuente: [54])

<b>Misión</b>	<b>Capacidades</b>
<b>ASW</b>	La plataforma debe ser capaz de ejecutar operaciones aerotransportadas incapacitando al enemigo en el uso efectivo de sus submarinos en cualquier situación marítima. Ser capaz de establecer, mantener y vigilar un campo de sonoboyas.
<b>Operaciones navales de largo alcance</b>	<p>Ser capaz de ser desplegado en cualquier lugar del mundo siendo capaz de ejecutar una misión marítima de largo alcance, incluyendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mínimo de 6 horas de patrulla operando a 550 millas náuticas de la base.</li> <li>• Operar en medio electromagnético hostil.</li> <li>• Acceso seguro y rápido al espacio aéreo segregado y no segregado (equipo de aviónica adecuada).</li> <li>• Comunicación con la estación terrestre o la unidad de comando a través de equipo de enlace de datos.</li> <li>• Comunicación segura <i>Line of Sight</i><sup>6</sup> (LOS) y <i>Over the Horizon</i> (OTH) con otras unidades desplegadas e instalaciones de comando estático</li> <li>• Recopilación de medición acústica e inteligencia de firma (MASINT por su acrónimo en inglés de <i>Measurement and Signature Intelligence</i>) / inteligencia acústica (ACINT por su acrónimo en inglés de <i>Acoustic Intelligence</i>), para aviones ASW dedicados.</li> </ul>
<b>Operaciones navales tácticas</b>	<p>Ser capaz de ser desplegado en cualquier lugar del mundo siendo capaz de ejecutar una misión marítima de alcance táctico, incluyendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mínimo de 3 horas de patrulla operando a 120 millas náuticas de la base.</li> <li>• Ser capaz de mantener una velocidad de tránsito de 120 nudos.</li> <li>• Ser desplegado en bases aéreas o navales.</li> </ul>

<sup>6</sup> La propagación de alcance visual o *Line of Sight* es la que tiene un enlace de radio, laser o infrarrojo que debe tener visibilidad directa entre las antenas emisora y receptora, por lo que no debe haber obstáculo entre ambas. Para propagaciones más allá del alcance visual se suele utilizar el término en inglés *Over the Horizon* (OTH).

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acceso seguro y rápido al espacio aéreo segregado y no segregado (equipo de aviónica adecuada).</li> <li>• Comunicación con la estación terrestre o la unidad de comando a través de equipo de enlace de datos.</li> <li>• Comunicación segura <i>Line of Sight (LOS)</i> y <i>Over the Horizon (OTH)</i> con otras unidades desplegadas e instalaciones de comando estático</li> <li>• Recopilación de medición acústica e inteligencia de firma (<i>MASINT</i> por su acrónimo en inglés de <i>Measurement and Signature Intelligence</i>) / inteligencia acústica (<i>ACINT</i> por su acrónimo en inglés de <i>Acoustic Intelligence</i>), para aviones ASW dedicados.</li> </ul>
<b>ASuW</b>	Capaz de ejecutar operaciones aéreas en cualquier entorno marítimo para detectar, identificar y contrarrestar la capacidad de la superficie naval de un adversario.
<b>ISR marítimo de largo alcance</b>	Ser capaz de realizar vigilancia y reconocimiento persistente de largo alcance para detectar, clasificar, identificar y rastrear objetivos en todas las condiciones climáticas, día y noche, en un entorno marítimo. Capaz de proporcionar vigilancia persistente y cobertura de reconocimiento dentro del horizonte óptico y radar <sup>7</sup> de al menos 50 millas náuticas.
<b>ISR marítimo táctico</b>	Ser capaz de realizar vigilancia y reconocimiento a distancias tácticas para detectar, clasificar, identificar y rastrear objetivos en todas las condiciones climáticas, día y noche, en un entorno marítimo. Capaz de proporcionar vigilancia persistente y cobertura de reconocimiento dentro del horizonte óptico y radar de al menos 30 millas náuticas.
<b>CSAR (Combat Search and Rescue) – JPR</b>	<p>Ser capaz de planificar y ejecutar operaciones de JPR mediante la localización, autenticación y recuperación de personal aislado de una situación en la que puede esperarse interferencia hostil.</p> <p>Capaz de transportar 12 soldados de combate totalmente equipados o tres toneladas de equipos / suministros, cargados internamente o colgados externamente, con una velocidad mínima de crucero de 120 nudos, duración de 2.5 horas (al menos una hora en la estación) y radio de combate de 150 km al 85% del peso máximo al despegue para la configuración de la misión.</p>
<b>Apoyo a grupo de operaciones especiales</b>	<p>Apoyo a grupo de operaciones especiales con capacidad de C<sup>2</sup> (por sus siglas del inglés <i>Command and Control</i>), el transporte y paracaídas de carga y personal, apoyo a Fuerzas de Operaciones Especiales y otras capacidades especializadas adaptadas a la misión.<sup>8</sup></p> <p>Apoyo en la preparación y ejecución de cualquier tipo de operación especial desarrollada en el ambiente marítimo.</p> <p>Apoyo en operaciones especiales mediante la detección, localización, seguimiento y clasificación de objetivos por medios pasivos y activos empleando las capacidades especificadas para ASW, ASuW y Maritime ISR.</p>

<sup>7</sup> Meter horizonte radar y óptico y como se calcula de HMI FRD

<sup>8</sup> El proyecto AIM2S no está diseñado específicamente para misiones de soporte a equipos de operaciones especiales, pero como aeronave con capacidad C<sup>2</sup> (*Control and Command*) y de ISR, se espera que el AIM2S pueda desempeñar eventualmente este tipo de misiones.



<p><b>Operaciones de caza minas (más conocido por su término en inglés <i>Mine hunting</i>)</b></p>	<p>Ser capaz de apoyar operaciones de caza de minas que operen en profundidades de al menos 200 m.</p> <p>Ser capaz de intercambiar datos con un centro de datos desplegable de guerra de minas (<i>Mine Warfare Data Center - MWDC</i>).</p> <p>Ser capaz de apoyar operaciones de precisión de búsqueda de minas con un sistema de navegación robusto (por ejemplo, resistente al <i>jamming</i><sup>9</sup>).</p> <p>Ser capaz de proporcionar un nivel apropiado de Defensa Nuclear, Radiológica, Biológica y Química, abreviada como NRBQ. (<i>QBRN</i> del término en inglés <i>Chemical, biological, radiological and nuclear defense</i>)</p>
<p><b>Operaciones de minería naval (encubiertas)</b></p>	<p>Ser capaz de participar en operaciones de despliegue de campo de minas navales de forma encubierta.</p>
<p><b>Operaciones de minería naval (descubiertas)</b></p>	<p>Ser capaz de participar en operaciones de despliegue de campo de minas navales de forma descubierta.</p>

Es necesario tener en cuenta que la solicitud comprende cuatro segmentos: segmento aéreo, segmento terrestre, segmento de red de comunicaciones (LOS y *BLOS*) y el segmento de soporte (servicios de entrenamiento mantenimiento y logística).

Este trabajo se centra en el segmento de aire, compuesto por las siguientes categorías expuestas a continuación:

- Aeronave (Plataforma).
- Sistema de comunicaciones, navegación, vigilancia
- y de gestión de tráfico aéreo embarcados.
- Gestión de datos de misión.
- Sensores.
- Armamento.
- Enlace de datos.
- Sistemas de identificación.
- Sistemas de autodefensa.

Se propondrá una solución a los requisitos de cada categoría expuestos en la RFI. Además, se pide al supuesto fabricante que se rellene la siguiente tabla a modo de resumen para la posterior evaluación de la propuesta. Esto se hará en el apartado del capítulo siete de este trabajo llamado Cumplimiento de objetivos impuestos por RFI de OTAN.

<sup>9</sup> Suele emplearse el término en inglés *jamming*, para referirse a casos de interferencia de señales de comunicación realizadas de forma deliberada con el objetivo de obtener algún tipo de ventaja táctica de esta perturbación.

Tabla 3-3. Misiones principales y secundarias AIM2S (a rellenar por el fabricante). (Fuente: [54])

Tipo de misión	Misión	¿Tiene una solución existente para realizar este tipo de actividad operativa? En caso afirmativo, detalle conforme a lo requerido en la Tabla 3-1.
<b>PRINCIPAL</b>	ASW	
	ASuW	
	ISR, Guerra electrónica	
	<i>Joint Personnel and Recovery</i>	
<b>COLATERAL</b>	Soporte a operaciones especiales	
	Guerra de minas aerotransportada	

Tabla 3-4. Capacidades clave para la OTAN del programa AIM2S (a rellenar por el fabricante). (Fuente: [54])

Misión	¿Tiene una solución existente para realizar el grupo de variante de capacidad como se detalla en la Tabla 3-2?
ASW	
Operaciones navales de largo alcance	
Operaciones navales tácticas	
ASuW	
ISR marítimo de largo alcance	
ISR marítimo táctico	
CSAR – JPR	
Apoyo a grupo de operaciones especiales	
Operaciones de caza minas (más conocido por su término en inglés Mine hunting)	
Operaciones de minería naval (encubiertas)	
Operaciones de minería naval (descubiertas)	

Para terminar, es necesario recordar que siguiendo los objetivos de este trabajo el fabricante de la plataforma base utilizada debe ser de nacionalidad adscrita a la OTAN. Aunque no es algo que se especifique en la RFI, se trata de un requisito acordado con el tutor de este trabajo.

# 4 SELECCIÓN DE AVIÓN Y SISTEMAS MP

---

En este apartado se presentará una propuesta siguiendo las directrices aportadas por la OTAN. Se tendrá en cuenta la compatibilidad de cada equipo con la plataforma elegida, así como la experiencia del fabricante con esos equipos. Cualquier tipo de sinergia que pueda aprovecharse por la experiencia del fabricante en aviones de patrulla marítima y los sensores equipados será tenida en cuenta. Una vez seleccionada la plataforma, se detallará con qué equipamiento se complementa cada segmento, teniendo en cuenta que el equipamiento que equipa la plataforma de base se utilizará solo y exclusivamente para operaciones civiles.

**Hipótesis 3. El sistema de misión deberá estar dedicado exclusivamente a la operación de misión y no será necesario ni interferirá en el vuelo de la aeronave durante operaciones civiles.**

Gracias a esta hipótesis, este trabajo se centrará en el equipamiento adicional, su dimensionamiento e integración. No se estudiará el equipamiento de base con el que la plataforma haya sido certificada, considerándose suficiente para la operación civil en caso necesario.

Por último, todo el equipamiento seleccionado para integrar el sistema de misión se dividirá en diferentes grupos llamados “kits” en función del tipo de misión para el que han sido concebidos. Esta división se hace para incrementar la escalabilidad del proyecto de cara a exportarlo en un futuro. En cualquier caso, se especificarán qué kits se incluirán en la propuesta del proyecto AIM2S.

## 4.1 Selección de Plataforma

Teniendo en cuenta el plazo que existe para tener el primer avión en operación, en 2023, la plataforma debe ser una aeronave ya certificada por una autoridad competente y presentar unos valores de eficiencia y fiabilidad excelentes. Además, el hecho de que la aeronave deba poder ser desplegada en cualquier parte del mundo, hace necesaria una red logística de servicios de repuestos, mantenimiento, etc. ya implantada con carácter global.

Además de cumplir los requisitos impuestos por la OTAN, uno de los principales objetivos de este trabajo es el de demostrar no sólo la viabilidad, sino la idoneidad de utilizar una plataforma de transporte comercial ya en servicio para que, tras su transformación a aeronave sensorizada, pueda realizar sus labores militares con un gran desempeño.

Una vez decidido el origen de la plataforma, se deben tener en cuenta los requisitos en términos de actuaciones impuestos en la Tabla 3-2. Capacidades clave para la OTAN del programa AIM2S. (Fuente: [54])

- Operaciones navales de largo alcance:
  - Mínimo de 6 horas de patrulla operando a 550 millas náuticas de la base.
  - Acceso seguro y rápido al espacio aéreo segregado y no segregado (equipo de aviónica adecuada).
- Operaciones navales tácticas:
  - Mínimo de 3 horas de patrulla operando a 120 millas náuticas de la base.
  - Ser capaz de mantener una velocidad de tránsito de 120 nudos.
  - Acceso seguro y rápido al espacio aéreo segregado y no segregado (equipo de aviónica adecuada).
- CSAR - JPR: Capaz de transportar 12 soldados de combate totalmente equipados o tres toneladas de equipos / suministros, cargados internamente o colgados externamente, con una velocidad mínima de crucero de 120 nudos, duración de 2.5 horas (al menos una hora en la estación) y radio

de combate de 150 km al 85% del peso máximo al despegue para la configuración de la misión.

Estos datos servirán de referencia en la elección de la plataforma base, aunque el estudio del cumplimiento de los requisitos se hará en el capítulo 7, teniendo en cuenta los equipos de misión que se traducirán no solo en carga de pago, sino en una mayor resistencia aerodinámica.

Además, la plataforma elegida debería mejorar las capacidades de las flotas de aeronaves MP a las que reemplazarían. Para ello, la propuesta debería contar con unas características de vuelo notablemente superiores a éstas. Principalmente, debería superar en autonomía, velocidad de crucero, volumen interno y capacidad de carga de pago. Esta última característica permitirá la instalación del equipamiento de misión y de armamento.

#### **4.1.1 Análisis de plataformas viables para el proyecto**

Teniendo en cuenta estos requisitos y que el fabricante más importante de Estados Unidos, Boeing, ya tiene en servicio desde hace 20 años una solución de este tipo, no es difícil llegar a la conclusión de que una propuesta que venga de un fabricante como Airbus puede ser una gran opción.

##### **4.1.1.1 Airbus seleccionado como fabricante**

Se trata de una compañía con experiencia en aviones militares, con modelos de patrulla marítima como el C295 desarrollado para la Royal Air Force de Canadá, un C295 MSA equipado con la última tecnología en sistemas de misión. Además, cuenta con un éxito indiscutible en el campo de la aviación comercial lo que, unido a las necesidades del programa de la OTAN y a la tendencia del mercado, en la que cada vez se equipan sensores de mayor capacidad que requieren de una plataforma más capaz, orientan la búsqueda hacia el portfolio de aeronaves a reacción de transporte a medio alcance de pasajeros frente a los turbohélices usados en el pasado. Las opciones se muestran en la Tabla 4-1 comparadas con las del Boeing 737-800 NG usado como base del P-8 Poseidon.

En cuanto a la familia A220, son el resultado del acuerdo del gobierno de Quebec (Canadá), Bombardier y Airbus, en el que los aviones son diseñados y fabricados por la compañía canadiense pero comercializados e introducidos en el portfolio de reactores del fabricante europeo. Además, Airbus no solo se ha encargado de la comercialización, sino que además ha mejorado la capacidad de carga y alcance de ambos modelos optimizando los márgenes de seguridad con los que contaba [55]. Se trata de un modelo muy eficiente en su categoría ya que fue diseñado desde cero expresamente para la tarea que desempeña, el transporte de no más de 160 pasajeros en el entorno regional, no siendo un modelo derivado de algún otro de tamaño y objetivo diferente.

La segunda opción, se basa en el éxito de ventas A320, líder en el segmento del transporte de pasajeros de medio alcance (en 2018 entregó 626 unidades [56]), que con las nuevas motorizaciones ofrecidas ha dado un paso adelante en eficiencia frente a sus predecesores.

#### 4.1.1.2 Comparativa de actuaciones

En este apartado se incluyen en la Tabla 4-1 las características más importantes de los modelos estudiados, incluyéndose un formato de símbolo en forma de flechas para comparar más fácilmente aspectos como el alcance, capacidad de carga y empuje de la planta propulsora.

Tabla 4-1. Características plataformas propuestas. (Fuente: Airbus / Bombardier / Boeing)

Aeronave	A220-100	A220-300	A319neo	A320neo	B373-800 NG
Año de lanzamiento en servicio	2016	2016	2016	2016	1998
Longitud (m)	34.9	38.7	33.8	37.5	38.5
Envergadura (m)	35.1	35.1	35.8	35.8	35.7
Ancho máximo fuselaje (m)	3.5	3.5	3.95	3.95	3.76
Altura (m)	11.5	11.5	11.76	11.76	12.5
Largo cabina (m)	23.7	27.5	23.78	27.51	-
Ancho máximo cabina (m)	3.28	3.28	3.7	3.7	3.54
Capacidad máxima combustible (litros)	▼21,805	▼21,508	▲26,730	▲26,730	▲26,020
Carga máxima de pago (MPL por sus siglas en inglés) (t)	▼15.2	▲18.7	▬17.8	▲18.6	▲20.2
Máximo peso al despegue (MTOW) (t)	▼63.1	▬70.9	▲75.5	▲79	▲79
Peso máximo en vacío ( <i>Maximum Zero Fuel Weight - MZFW</i> ) (t)	▼50.4	▬55.8	▲60.3	▲64.3	▲61.1
Planta de potencia	P&W PW1524G	P&W PW1524G-3	CFM International LEAP-1A	CFM International LEAP-1A	CFM56- 7B26
Empuje total (kN)	▼168	▬208	▬216	▲242	▲242
Alcance con carga típica (NM)	▬3400	▬3350	▲3700	▬3400	▼3115
Velocidad de crucero	M 0.78	M 0.78	M 0.78	M 0.78	M 0.78
Techo de vuelo (FL)	410	410	400	400	410
Capacidad máxima pasajeros (pax)	133	160	160	194	189

Atendiendo a sus actuaciones, cualquier de estos cuatro modelos superan ampliamente al de las aeronaves MP actualmente en servicio como puede verse en la Tabla 2-1. Comparativa Modelos MPA en Servicio. El único aspecto en el que habrá que prestar atención es del alcance, ya que hay que tener en cuenta que estas aeronaves están configuradas para el transporte de pasajeros, con lo que sus superficies aerodinámicas son mucho más “limpias” que si estuvieran equipadas con un mayor número de antenas y protuberancias propias de los sensores necesarios para la misión (radomo, torreta del sensor electro-óptico, sensor de anomalías magnéticas, armamento en estaciones subalares, etc.). Esto elementos no tendrán influencia sobre la estabilidad y control de la aeronave, pero sí sobre la resistencia aerodinámica del avión.

El efecto sobre los datos actuaciones de la aeronave original utilizada como plataforma base será considerado mediante un factor de corrección llamado *Drag Index* (índice de resistencia aerodinámica traducido al español). Este parámetro permite obtener las actuaciones de la plataforma totalmente equipada y se calculará en el capítulo 7 de este trabajo. En cualquier caso, comparado estos cuatro modelos con el Boeing que sirve de base del P-8 Poseidon, se puede ver que los 5 están a un nivel bastante parejo y muy por encima de lo que se pide en la RFI para la aeronave transformada en avión de patrulla marítima.

En cuanto al requisito de ser capaz de entrar y salir de espacios aéreos segregados y no segregados, el hecho de ser aeronaves ya certificadas y en operación, hace que su equipamiento de aviónica cumpla totalmente este requerimiento.

#### 4.1.1.3 Comparativa de costes asociados

Otro aspecto a considerar es el del coste inicial y el del ciclo de vida ya que, aunque la OTAN proyecte un servicio de solo 12 años, se espera y así se pide en la RFI que se tenga en cuenta la posibilidad de extender la operatividad de esta aeronave en el tiempo.

En costes iniciales, los modelos basados en el C Series resultan más económicos como puede verse en la Tabla 4-2. En cuanto al coste de ciclo de vida al tratarse de modelos de línea ya en servicio, sin necesidad de grandes inversiones iniciales, serán contenidos en comparación con los costes de un modelo de nuevo desarrollo.

El A220 destaca en eficiencia frente al A320Neo, esto puede verse, entre otras cosas, en que tienen unas cifras de alcance parecidas, pero con una capacidad de combustible de unos 5,000 litros menor. Bombardier en su promoción llegó a prometer que, gracias al diseño de su ala, su alto porcentaje de materiales ligeros, como los materiales compuestos y a sus eficientes motores, el A220-300 era hasta un 20% más eficiente en consumo de combustible frente al A320neo; además de ser 6 toneladas más ligero que un A319 neo. [57]

Tabla 4-2. Precio medio unitario. (Fuente: Airbus & Boeing)

Modelo	Precio medio (M\$)
A220-100	81
A220-300	91.5
A319neo	101.5
A320neo	110.6
B737-800 NG	93.3

En cuanto a controles y aptitudes de vuelo, ambas familias equipan sistemas *fly-by-wire* mediante joystick y unas leyes de control controladas por ordenador que mantienen a la aeronave dentro de su envolvente de vuelo.

Un aspecto diferente es el del cockpit y la aviónica, el A319/A320 equipa una aviónica de la francesa Thales y el A220 cuenta con el nuevo sistema *Rockwell Collins Proline 21 Advanced*, que elimina una cantidad considerable de carga de trabajo a los pilotos mediante aplicaciones instaladas en una serie de pantallas totalmente táctiles de gran tamaño.

#### 4.1.2 Plataforma seleccionada

La Plataforma elegida es el A220-300, fabricado por Bombardier en nombre de Airbus y ensamblado tanto en las instalaciones de Airbus de Alabama (EEUU) como en las de Bombardier en Mirabel (Canadá). Si durante el desarrollo de este trabajo se llegara a un punto en el que no se puedan cumplir los requisitos de la OTAN, se elegirá una plataforma diferente de forma debidamente justificada.

Las principales razones que han llevado a elegir al A220 frente al resto han sido su menor coste unitario, su mayor eficiencia y el hecho de que equipe el mismo sistema de aviónica que el C-295 FWSAR. De esta forma se facilita y queda validada la hipótesis de que el sistema de misión desarrollado por Airbus, el FITS, puede ser integrado sin problemas de compatibilidad con el resto de sistemas.

A continuación, se exponen las ventajas y desventajas que suponen elegir al A220 como plataforma de base frente al resto de posibilidades:

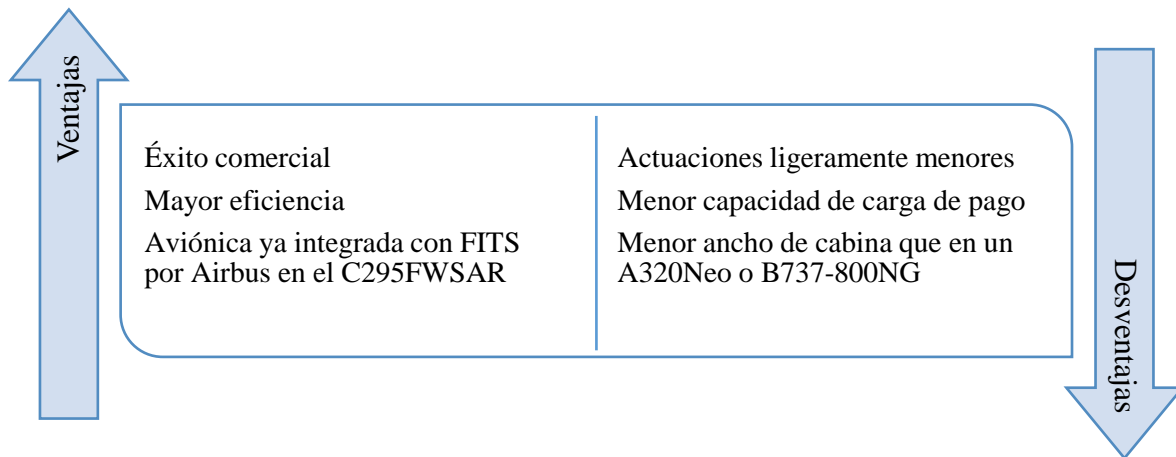


Figura 4-1. Comparativa A220-300 frente a A320Neo o B737-800NG

El antiguo fabricante de la plataforma, Bombardier, ya publicó unos valores de consumo de combustible para diferentes cargas de pago y distancias que mejoraban en un amplio margen los reportados por su competencia.

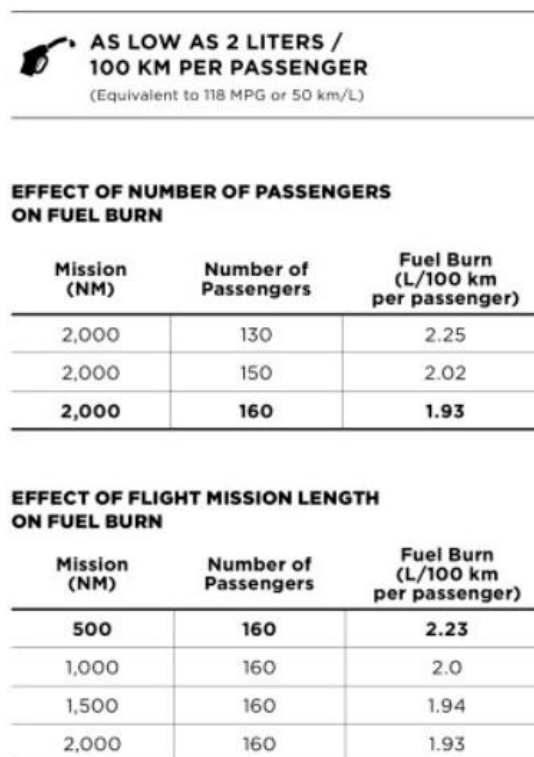


Figura 4-2. Eficiencia energética del Bombardier CS300. (Fuente: Bombardier [58])

Al ser un modelo de reciente puesta en servicio, existe poca bibliografía disponible para usuarios que no sean operadores del modelo. Airbus tiene publicado en su web un documento guía de operación en aeropuerto de este modelo sin configurar específicamente para ninguna aerolínea. De esta forma, los destinos donde opere podrán adaptar sus instalaciones y equipamientos para los requerimientos concretos de este modelo, así como validar que, por dimensiones de su plataforma, calles de rodadura y estacionamiento es posible realizar la actividad. [59]

Utilizando esta referencia se han podido recabar los siguientes datos:

*Tabla 4-3. Características avión verde. (Fuente: Airbus [59], [60])*

<b>Descripción</b>	<b>A220-300</b>
Año de lanzamiento en servicio	2016
Planta de potencia	Two (2) Pratt & Whitney PW1524G-3
Empuje total (kN)	208
Capacidad estándar (pax)	140
Peso máximo en rampa ( <i>Maximum Ramp Weight - MRW</i> ) (kg)	71,214
Peso máximo al despegue (MTOW) (kg)	70,896
Peso máximo al aterrizaje ( <i>Maximum Landing Weight - MLW</i> ) (kg)	58,740
Peso máximo permitido sin combustible (MZFW) (kg)	55,792
Carga máxima de pago (MPL) (t)	18.7
Capacidad máxima combustible (l)	21,508
Combustible no utilizable (kg)	100
Volumen máximo de carga en compartimento sobre asientos (m <sup>3</sup> )	9.4
Alcance con carga típica (NM)	3,350
Autonomía con carga típica (h)	> 6.5
Velocidad de crucero	M 0.78
Techo de vuelo (FL)	410
Capacidad máxima pasajeros (pax)	160



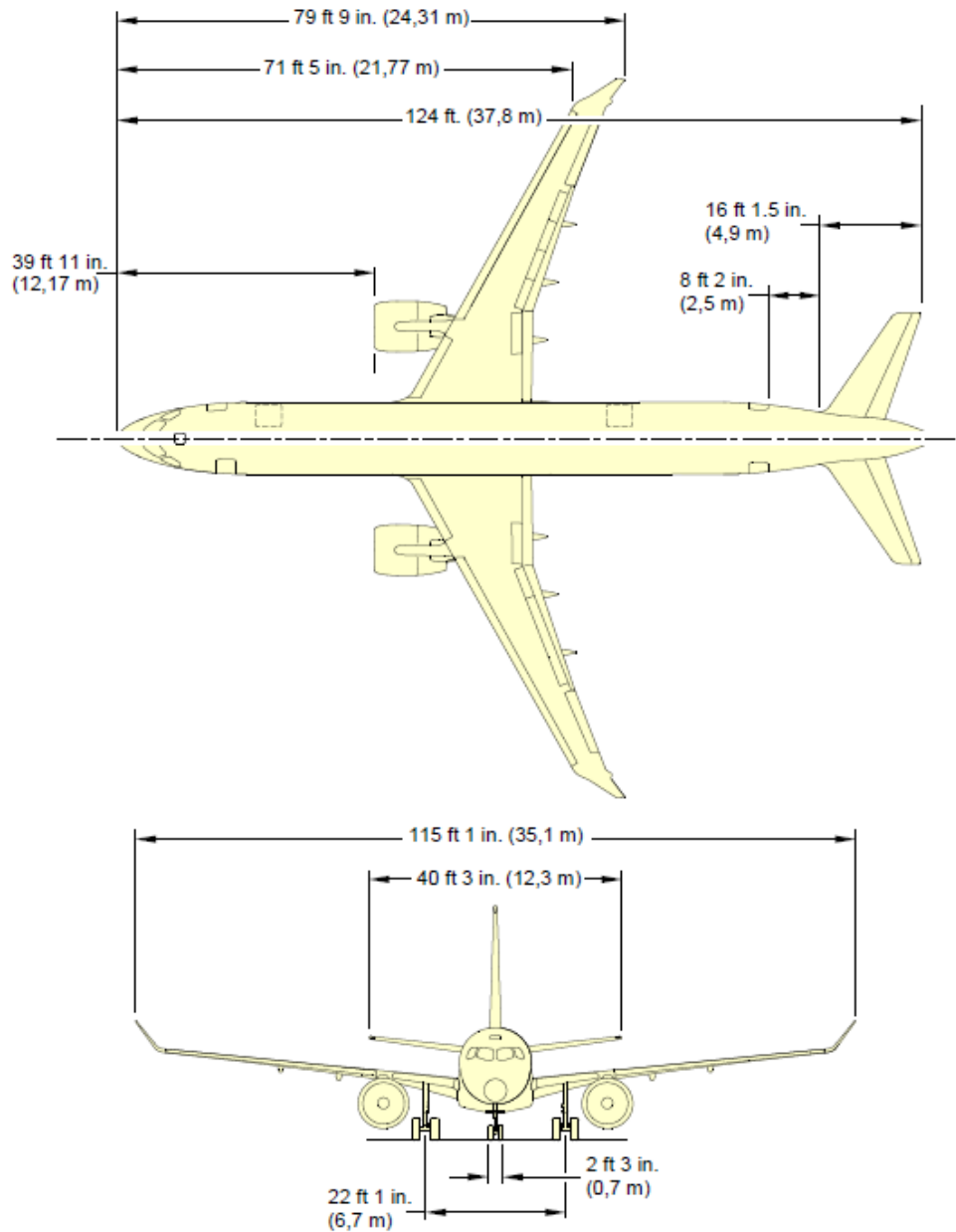


Figura 4-3. Dimensiones generales A220-300 (1 / 3). (Fuente: Airbus [59])

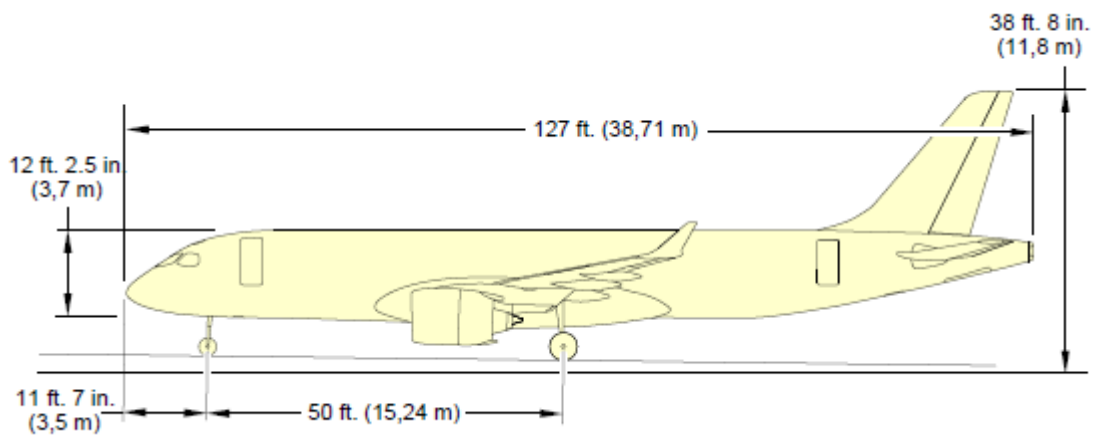


Figura 4-4. Dimensiones generales A220 (2 / 3). (Fuente: Airbus [59])

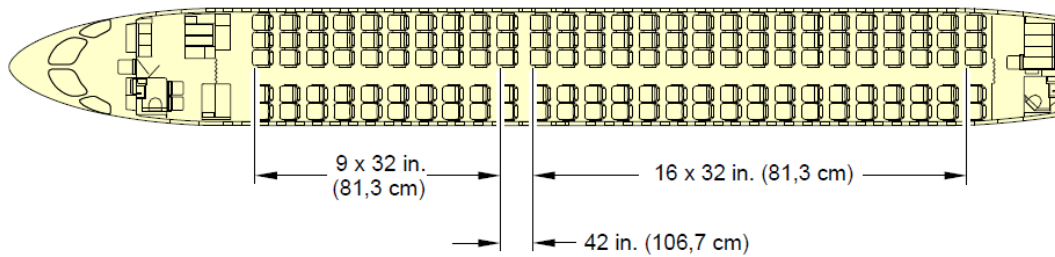


Figura 4-5. Dimensiones generales A220 (3 / 3). (Fuente: Airbus [59])

El hecho de ser un modelo con poco menos de 4 años, hace que esté a la vanguardia en cuanto a sistemas de comunicación y de navegación. En definitiva, su operación es mucho más agradable y segura gracias a las enormes pantallas donde se presenta toda la información necesaria para el piloto y a su sistema de control de vuelo controlado por ordenador, que mantiene en todo momento a la aeronave dentro de sus límites.

A continuación, pueden verse las novedades que incluye frente a sus competidores de transporte regional:

Tabla 4-4. Características avanzadas del A220-300. (Fuente: Bombardier [58])

<b>Novedades de aviación comercial introducidas en el A220</b>	
Sistema <i>fly-by-wire</i> con protección completa sobre envolvente de vuelo y estabilización de velocidad	<i>Head up Display</i> (HUD)
Cinco pantallas LCD de 15.1 pulgadas en cockpit	Documentación de abordo en formato electrónico - <i>Electronic Fly Bag</i> (EFB) de clase 2 <sup>10</sup>
Control mediante joystick lateral	Comunicación de datos y voz por satélite
Preparado para aterrizajes Cat IIIA y IIIB <sup>11</sup>	Impresora de a bordo de tamaño completo con capacidades gráficas
Sistema de gestión del vuelo totalmente gráfico (FMS por sus siglas en inglés de <i>Flight Management System</i> )	Enlace de datos para intercambio de información entre pilotos y el control de tráfico aéreo
Sistema de información de vuelo integrado	Radar meteorológico avanzado de escaneo múltiple

<sup>10</sup> Dispositivo electrónico de utilidad para los pilotos que puede ser conectado al sistema de energía del avión y al de datos para intercambiar datos que puedan servir, por ejemplo, para la elaboración de cálculos de actuaciones interactivos conforme a la situación y el estado actual de la aeronave. Típicamente se trata de una tableta de tipo Ipad con la documentación de operaciones y una serie de aplicaciones usadas para el centrado de pesos y el cálculo de actuaciones.

<sup>11</sup> Clasificación de aproximaciones a pista utilizando navegación por instrumentos. La categoría IIIa indica la capacidad de realizar aterrizajes con una visibilidad de sólo 200 metros y sin necesidad de abortar la maniobra hasta llegar a una altitud de 30 metros o menos (altura de decisión) en caso de que el piloto no sea capaz de visualizar la pista de aterrizaje. EN el caso IIIB la visibilidad puede ser de sólo 50 metros y la altura de decisión de 15 metros o menos.

## 4.2 Selección de sistemas MP

En este apartado se propondrán las modificaciones y equipos adicionales a instalar para convertir este avión de transporte de pasajeros en una aeronave de patrulla marítima con el último equipamiento disponible en el mercado, convirtiéndola en una aeronave multipropósito de las más avanzadas actualmente.

Todas estas mejoras y modificaciones serán ampliadas en el capítulo 5, donde se añadirán ilustraciones y esquemas de cada elemento, así como su localización en la aeronave.

### 4.2.1 Mejoras en la plataforma

Además de las características que equipa de fábrica, se estudiará la instalación de las siguientes mejoras relacionadas con la plataforma:

- Blindaje del cockpit.
- Sistema de repostaje en vuelo universal (*Universal Refuelling Receptacle Slipway Installation - UARRSI*).
- Aumento capacidad de generación eléctrica para alimentar el sistema de misión.
- Eliminación de ventanas existentes.
- Nuevas ventanas de burbuja para observadores.
- Sistema de iluminación interior y exterior compatible con gafas de visión nocturna.
- Armarios de almacenaje balizas, humo, bengalas.
- Lanzador sonoboyas automático.
- Pilonos subalares para misiles y torpedos.
- Bahía para torpedos y bombas.
- Equipos adicionales de oxígeno líquido permanente.
- Equipos adicionales de oxígeno portátiles.
- Kits de supervivencia a bordo.
- Tanques de combustible adicionales en bodega de carga.
- Equipamiento para configurar la cabina para tareas de evacuación médica, transporte de personal y operaciones de mando y control utilizando el espacio en cabina libre (no utilizado para consolas, armarios u otros elementos):
  - Configuración MPA + MEDEVAC: El espacio disponible en cabina será equipado con camillas ligeras y/o Unidades de Transporte de Pacientes en cuidados intensivos (*Patient Transport Unit – PTU*), conectados a las tomas de corriente preinstaladas en la cabina.
  - Configuración MPA + Transporte de Pasajeros/Tropas. El espacio disponible en cabina será equipado con butacas de pasajeros.
  - Configuración MPA + Mando y control. El espacio disponible en cabina será utilizado para instalar un centro de mando y control que, mediante pantallas para visualizar la información recabada por el sistema de misión y medios de comunicación con el exterior, pueda ser utilizada para liderar una operación.

#### 4.2.2 Sistema de comunicaciones, navegación, vigilancia y de gestión de tráfico aéreo embarcados

El equipamiento base se complementaría con los siguientes sistemas de comunicación tácticos:

- **Equipos de radio V/UHF (Very / Ultra High Frequency):** dos equipos de radio V/UHF para comunicaciones por voz de corto alcance (LOS) claras y seguras en las bandas VHF y UHF<sup>12</sup>. Operan en el rango de frecuencias de 30 - 400 MHz. Una de ellas es capaz de transmitir datos para usarse junto a un enlace de datos Link 11.
- **Equipos de radio HF (High Frequency):** un equipo de radio HF para comunicaciones por voz de largo alcance. Opera en el rango de frecuencias de 2 - 29.9 MHz. Es además capaz de transmitir datos.
- **Equipo de comunicación por satélite (Inmarsat):** SATCOM Inmarsat con dos canales para la transmisión de voz y datos a una velocidad de hasta 64 kbs al mismo tiempo. Opera en el rango de frecuencias de 1530 – 1660.5 MHz. Puede ser usado junto con el sistema de misión y un enlace de datos para el envío de información táctica en vivo a otros aviones o estaciones en tierra.
- **Sistema de comunicaciones inalámbrico (Wireless Intercom System – WIS):** sistema de comunicación sin cable que permite la comunicación entre cualquier miembro de la tripulación (incluidos pilotos, operadores de misión, responsables de carga y salto de paracaidistas) e incluso con el personal de mantenimiento en tierra.
- **Sistema de comunicaciones seguras:** dos equipos de encriptación cuya misión es la de permitir la comunicación de voz y datos de forma segura en operaciones tácticas mediante el cargado e interpretación de variables encriptadas.
- **Sistema de búsqueda direccional (Direction Finder – DF):** el sistema de búsqueda direccional (DF) sirve como unidad de navegación proporcionando orientación relativa entre el avión y un transmisor U/VHF. Permite localizar radiobalizas cuya frecuencia es conocida o sonoboyas sintonizando su canal de operación.

#### 4.2.3 Gestión de datos de misión

- **Sistema Integrado de Misión desarrollado por Airbus (FITS):** sus funciones son integrar, presentar y controlar la información procedente de los sensores de misión, así como los equipos de navegación y comunicación del avión, mejorando la eficacia operacional debido al alto grado de integración y fusión de información. El diseño del sistema y el uso de enlaces de datos, junto con comunicaciones de voz por radio, permiten la interoperabilidad con centros de coordinación en tierra e incluso otras unidades. Gracias a la arquitectura de sistemas utilizada, abierta y con interfaces estándar, es fácilmente integrable con otros sistemas facilitando el crecimiento y adaptabilidad de acuerdo a las necesidades futuras del cliente.
- **Pulsadores *Mark On Top* (MOT):** los pulsadores MOT instalados en cabina, consolas de misión y puestos de observadores, permiten al FITS capturar el momento y la localización exacta del avión cuando son presionados por un miembro de la tripulación.
- **Cámara fotográfica para los observadores conectadas al sistema de misión:** permiten transferir fotografías o video en vivo al sistema de misión con anotaciones de cuándo se tomaron y en qué posición y altitud se encontraba el avión en ese momento.

---

<sup>12</sup> La banda de muy alta frecuencia VHF es de 30–300 MHz y tiene un alcance LOS, mientras que la de ultra alta frecuencia UHF va de 300–3000 MHz tiene un alcance mayor al LOS.

#### 4.2.4 Sensores de misión

- **Radar de Búsqueda multimodo ELTA ELM-2022:** este radar permite a la aeronave detectar, rastrear e identificar objetivos situados en el mar en los 360 grados a la redonda, todo esto sin detener la búsqueda de nuevos objetivos. Además, incluye funcionalidades como Indicador de Objetivos en Movimiento (*Moving Target Indicator - MTI*), modos de detección de objetivos aire-aire, modo meteorológico y modos de imagen para la clasificación de objetivos de forma más detallada. También es capaz de rastrear transpondedores de radar (*Search and Rescue Transponder - SART*).
- **Torreta multispectral electroóptica e infrarroja (EO/IR) MX-20:** fabricada por la compañía canadiense L-3 Communications Wescam. Equipará 7 sensores en su interior, incluyendo infrarrojos, video a color, sensor de espectro cercano al infrarrojo, varios filtros de imagen, telémetro láser y láser iluminador de escenas visible en el sensor de espectro cercano al infrarrojo.
- **Sistema de identificación automática de embarcaciones (AIS) con sistema interrogador:** incluye capacidades para intercambio de mensajes con otros transpondedores AIS.
- **Detector de anomalías magnéticas (MAD):** proporciona a los operadores de misión la capacidad de detectar y localizar submarinos mediante la detección de variaciones en el campo magnético terrestre introducido por el material ferromagnético con el que están construidos los submarinos.
- **Sistema de detección acústica:** provee a los operadores de sensores acústicos del sistema de misión los medios para detectar, clasificar, localizar y rastrear submarinos y transporte de superficie basado en el análisis de señales acústicas adquiridas por sonoboyas activas o pasivas desplegadas durante la misión. Para mayor simplicidad se incluye como parte de este sistema el equipo de lanzamiento de sonoboyas automático presurizado.
- **Sistema de navegación híbrido (Inercial / GPS) dedicado al sistema de misión:** proporciona una fuente de datos de navegación precisa y totalmente dedicada al sistema de misión y sus sensores.

#### 4.2.5 Armamento

Entre el armamento que podría llevar a bordo en los pilones subalares (seis en total) o en la bodega de bomba (4 alojamientos) se encuentran:

- **Torpedos Raytheon Mk-54 de 324 mm:** tiene un peso de 276 kg y es capaz de montar una cabeza de guerra con 44 kg de alto explosivo.
- **Bombas sin sistema de guiado General Dynamics MK-82.**
- **Cargas de profundidad.**
- **Misiles McDonnell Douglas (hoy Boeing) AGM-84 Harpoon antibuque:** versión antibuque del Harpoon con un peso superior a los 500 Kg.
- **Misiles AGM-84 H/K Standoff Land Attack Missile-Expanded Response (SLAM-ER):** se trata de la versión del Harpoon Aire-Tierra, con un peso superior a los 500 Kg.

#### 4.2.6 Enlace de datos

El sistema de enlace de datos está compuesto por:

- **Multifunctional Information Distribution System (MIDS):** se trata de la denominación de la OTAN para el sistema de enlace de datos táctico para países aliados llamado Link-16. Es un sistema avanzado de comando, control, comunicaciones, computación e inteligencia (C4I), que incorpora enlaces de comunicación digital de alta capacidad, resistentes al *jamming*, para el intercambio de información táctica en tiempo real, incluidos datos y voz, entre aire, tierra, y unidades marítimas. Está diseñado para dar soporte a funciones clave en operaciones conjuntas de vigilancia, identificación, control aéreo, coordinación y dirección de combate de armas siendo el nexo de unión de todos los segmentos implicados. Opera en la banda de frecuencia de 960–1215 MHz.

- **Link-11:** sistema de enlace de datos táctico usado por naciones OTAN y operado principalmente en la banda HF. Es usado en operaciones con aliados OTAN que no disponen del estándar más avanzado Link-16.
- **SATCOM Inmarsat:** sistema de intercambio de datos entre el sistema de misión y estaciones en tierra en tiempo real. Puede todo tipo de información incluyendo información táctica sobre objetivos, chat, planes de vuelo y documentos gráficos tomados por cámaras o el sensor electro-óptico.

#### 4.2.7 Sistemas de identificación

- **Sistema de identificación Amigo – Enemigo (IFF):** el sistema está formado por un interrogador y transpondedor IFF integrados en el mismo equipo. Puede operar en modo 1, 2, 3/A, 4, S y 5. La información de este sistema amigo – enemigo será controlado mediante dos MCDUs instaladas para esta versión.

#### 4.2.8 Sistemas de autodefensa

- **Medidas de soporte electrónico (*Electronic Support Measures – ESM*):** equipo capaz de detectar, interceptar, analizar, identificar y clasificar emisiones de radiofrecuencia en la banda de 1 - 18 GHz e integrarlas en el sistema de misión, incluso en entornos de alta densidad electromagnética y con cobertura angular de 360 °. Está totalmente integrado en FITS y presenta un gran número de posibilidades también como sensor de inteligencia electrónica.
- **Dispensador de contramedidas (*Counter Measures Dispenser System – CMDS*):** la misión del sistema dispensador de contramedidas (CMDS) es la de proporcionar un método controlado de liberación de señuelos tales como cintas metálicas antirradar (CHAFF) y bengalas (FLARES). La liberación de dichos señuelos mejora la supervivencia del avión confundiendo a los sistemas de armas amenazantes tales como radares de artillería antiaérea, aviones enemigos, misiles guiados por radar y misiles guiados por infrarrojos. Puede actuar tanto manual como automáticamente frente a amenazas.
- **Sistema de control de ayudas de defensa (*Defense Aids Control System - DACS*):** el Sistema de Control de Ayudas de Defensa (DACS) es un equipo capaz de notificar al piloto de todas las señales de radiofrecuencia circundantes en el rango de 0.5 a 18 GHz detectadas y enviadas por alguno de los sensores ESM, MWS, LWS susceptibles de pertenecer a una amenaza. Esto lo hace mediante una pantalla dedicada localizada en el cockpit. Permite cargar una base de datos de amenazas, así como grabar cualquier tipo de detección durante la misión y avisos sonoros. Además de informar del tipo y riesgo de la amenaza detectada, también provee de esta información al Sistema de dispensación de contramedidas (CMDS) para que actúe en consecuencia.
- **Sistema Alertador de Misiles (*Missile Warning System - MWS*):** el sistema de advertencia de misiles es un sistema pasivo capaz de detectar la firma ultravioleta emitida por los motores del misil durante la etapa de combustión.
- **Receptor de advertencia de láser (*Laser Warning Receiver - LWR*):** detecta cuando una fuente de láser apunta a la aeronave. Puede detectar tanto telémetros láser (LRF) como designadores de objetivo láser usado por armas guiadas por láser (*Laser Track Designator - LTD*).

### 4.3 Kits de equipamiento comercializados

Como se ha comentado anteriormente, la plataforma sufrirá modificaciones en su fuselaje y estructura, sistema de repostaje en vuelo y sistema de generación de energía eléctrica. Además, se instalarán nuevos equipos de misión. Estas modificaciones estarán agrupadas de forma modular en cuatro grupos, llamados “kits”, trabajando de acuerdo al tipo de misión o propósito para el que están enfocadas cada una de las mejoras.

Un kit será siempre equipado como base de los demás, el llamado MPA, ya que contiene el núcleo del sistema de misión incluyendo las consolas y ordenadores que lo gestionan. Los tres kits restantes podrán ser incluidos en la configuración final de cada aeronave sin ninguna limitación de compatibilidad entre ellos, pudiéndose montar solo uno, dos o los tres a la vez.

Los kits tienen como objetivo satisfacer las necesidades de un tipo de misión, como indica cada uno de sus nombres:

- MPA: Maritime Patrol Aircraft
- ASW : Anti-submarine warfare
- C4ISR: Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance
- MEDEVAC: Medical Evacuation

Las siguientes tablas enumeran el equipamiento incluido en cada uno de los kits diseñados para agrupar los dispositivos a instalar que se ofertarán.

*Tabla 4-5. Equipamiento incluido en kit obligatorio MPA*

---

<b>Sistemas incluidos</b>
Sistema de interacción FMS y FITS
Aumento capacidad de generación eléctrica para alimentar el sistema de misión
Blindaje en el cockpit
Armarios de almacenaje balizas, humo, bengalas
Configuración MPA + Transporte de Pasajeros/Tropas
Bahía para torpedos y bombas
Sistema de iluminación interior y exterior compatible con gafas de visión nocturna
Sistema de búsqueda direccional ( <i>Direction Finder – DF</i> )
Equipos de oxígeno líquido permanente
Equipos de oxígeno portátiles
Equipos de radio V/UHF
Equipos de radio HF
Equipo de comunicación por satélite (Inmarsat)
WIS
Sistema de comunicaciones seguras
Enlaces de datos SATCOM Inmarsat, Link 11 y Link 16.
Sistema de identificación Amigo – Enemigo (IFF)
Sistema de repostaje en vuelo universal (UARRSI)
Estructura reforzada para amerizajes de emergencia
Pilones subalares para misiles y torpedos
Eliminación de ventanas existentes (con el consiguiente ahorro de peso)
Nuevas ventanas de burbuja para observadores

Sistema Integrado de Misión - FITS con 3 consolas  
 Cámara fotográfica para los observadores conectadas al sistema de misión  
 Radar de Búsqueda ELTA ELM-2022  
 Torreta multiespectral electroóptica e infrarroja (EO/IR) MX-20 escamoteable  
 Sistema de identificación automática de embarcaciones (AIS)  
 Kits de supervivencia a bordo. Pueden ser lanzados mediante paracaídas.  
 Sistema de navegación híbrido (GPS / Inercial) dedicado al sistema de misión  
 Armamento (Misiles, bombas y cargas de profundidad)  
 Sistemas de autodefensa

*Tabla 4-6. Equipamiento incluido en kit opcional ASW*

---

**Sistemas incluidos**

---

Detector de anomalías magnéticas (MAD)  
 Sistema de detección acústica  
 Lanzador sonoboyas por gravedad y automático  
 Sistema Integrado de Misión - FITS con una consola adicional para el control del sistema acústico, lanzamiento de sonoboyas y MAD

*Tabla 4-7. Equipamiento incluido en kit opcional C4ISR*

---

**Sistemas incluidos**

---

Configuración MPA + Mando y control  
 Medidas de soporte electrónico (Electronic Support Measures – ESM)  
 Sistema Integrado de Misión - FITS con 1 consola adicional para la gestión de enlaces de datos en escenarios de operaciones cooperativas

*Tabla 4-8. Equipamiento incluido en kit opcional MEDEVAC*

---

**Sistemas incluidos**

---

Configuración cabina MEDEVAC

Para el proyecto AIM2S, se ofertará una aeronave con los 4 kits completos, de esta forma se podrán satisfacer todos los requerimientos de la OTAN. Respecto a las configuraciones de cabina, hay que tener en cuenta que solo se puede configurar de una forma al mismo tiempo, aunque se tengan los dispositivos necesarios para transformar la cabina de un propósito a otro.

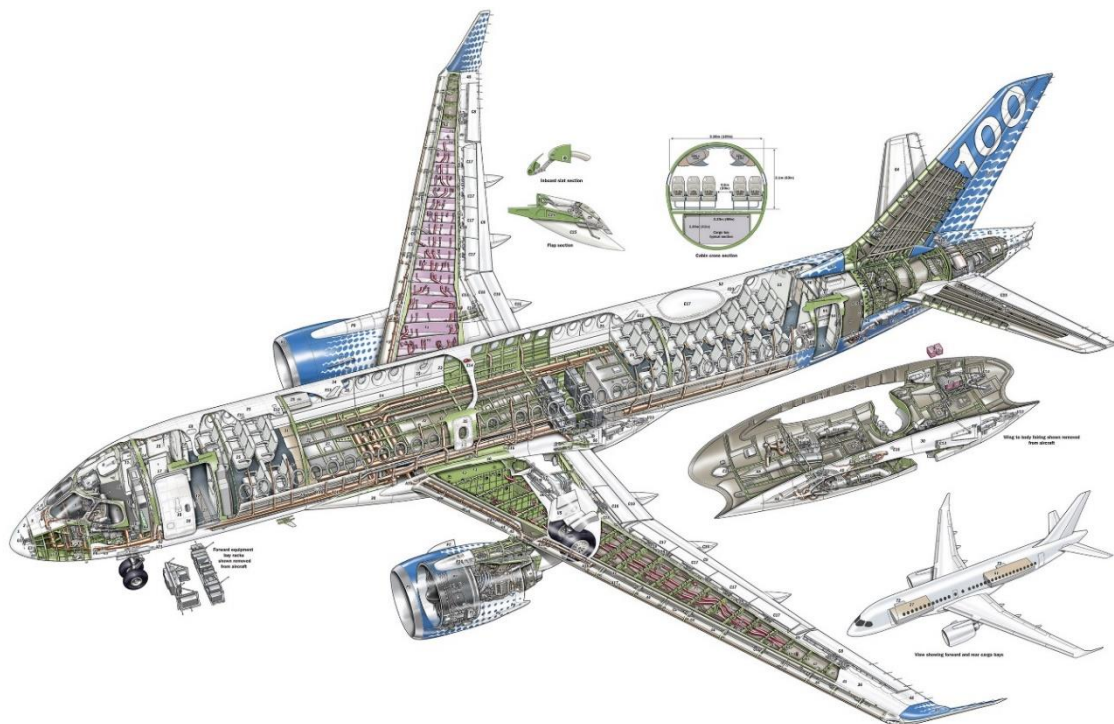


# 5 PROYECTO BÁSICO DE TRANSFORMACIÓN

En este capítulo se llevará a cabo el proyecto de transformación de la plataforma A220 incluyendo las modificaciones del kit MPA, ASW, C4ISR y MEDEVAC. Para ello, se tomará como plataforma base la aeronave tal y como saldría de la línea de montaje para la entrega a una aerolínea, de ahora en adelante esta configuración será denominada “avión verde”. Este avión verde se trasladaría a unas instalaciones donde se realizarían las modificaciones necesarias para convertirse en el avión de patrulla marítima.

**Hipótesis 4. El proyecto de modificación partirá de un modelo A220-300 base configurado para el transporte comercial de pasajeros.**

En un futuro se podría estudiar la inclusión de boletines de servicio relacionados con la versión MPA en el proceso de fabricación de avión verde, siendo seguramente el proceso más eficiente en el caso de contar con un gran número de unidades MPA a fabricar. Sin embargo, esta forma de trabajar no se adoptará en este trabajo, puesto que se ha tomado como hipótesis que el lanzamiento del programa tendrá como único objetivo el de satisfacer el proyecto AIM2S (Hipótesis 1). Aunque la oferta en cuestión no habla de número de unidades, sino de número de horas de vuelo disponibles anuales y cómo deben ser distribuidas geográficamente, este trabajo se centra solo en los aspectos técnicos de la transformación de una unidad.



*Figura 5-1. Representación en detalle de la estructura de construcción del A220 100, compartida con el A220 300*



*Figura 5-2. Airbus A220 (arriba) y misma aeronave bajo la denominación de Bombardier CSERIES (abajo)*

## 5.1 Modificaciones clasificadas por ATA

Las modificaciones se analizarán ordenadamente siguiendo el sistema de numeración de la Asociación de Transporte Aéreo de América (*Air Transport Association of America – ATA*), estándar de referencia común para la documentación de aeronaves comerciales.

En el sector militar, y en consecuencia en este trabajo, este sistema es utilizado añadiendo los ATA 43, ATA 48, ATA 93, ATA 94 y ATA 99 para los sistemas militares o tácticos, con carácter reservado en la aviación comercial.

En la siguiente tabla puede verse el listado de ATAs afectados por alguna modificación para la transformación del A220.

*Tabla 5-1. Lista de ATAs afectados por modificaciones*

<b>ATA</b>	<b>Descripción</b>
20	Características generales
21	Aire acondicionado y presurización
23	Sistema de comunicaciones
24	Potencia eléctrica
25	Equipamiento y acondicionamiento interior
26	Protección contra el fuego
28	Combustible
29	Potencia hidráulica
31	Sistemas de indicación y registro
33	Luces
34	Sistemas de navegación
35	Oxígeno
43	Comunicaciones tácticas
48	Sistema de repostaje de combustible en vuelo
53	Fuselaje
54	Góndolas / Pilonos
56	Ventanas
93	Vigilancia
94	Armamento
99	Guerra electrónica y autodefensa

Dentro de cada ATA se especificará el sistema que sufre la modificación o se instala por primera vez en la aeronave. Cada modificación será explicada de forma estructurada siguiendo el siguiente esquema:

#### Descripción

Breve explicación de la modificación, su funcionalidad y el propósito a desempeñar por el sistema en una misión.

#### Operación

Interacción de la tripulación con el sistema para su correcto funcionamiento.

#### Modificación

Cambios a realizar en la plataforma para lograr lo descrito en los dos apartados anteriores.

## 5.1.1 ATA 20 – Características generales

### 5.1.1.1 Dimensiones generales y antenas

#### 5.1.1.1.1 Descripción

Debido a la multitud de equipos adicionales instalados será necesario la instalación de nuevas antenas en la parte superior e inferior del fuselaje. Cada una de las antenas específicas para nuevos equipos instalados serán explicadas en los apartados correspondientes a estos equipos. En esta sección no se enumerarán las antenas ya instaladas en el A220 de base que pueden verse en la Figura 5-2. Airbus A220, pero sí se tendrán en cuenta a la hora de numerar las nuevas antenas instaladas.

En cuanto a las dimensiones generales en comparación con las mostradas en el capítulo anterior, el único cambio que deberá ser tenido en cuenta, principalmente de cara a la recertificación del modelo en versión ASW, será la instalación del detector de anomalías magnéticas en la cola. Este elemento incrementará la longitud de la aeronave en al menos 1 metro, quedando esta dimensión en un valor en torno a los 39,7 metros.

La distribución de nuevas antenas puede verse en la Figura 5-4. Configuración de nuevas antenas instaladas en A220 AIM2S (MPA + ASW + C4ISR).

#### 5.1.1.1.2 Operación

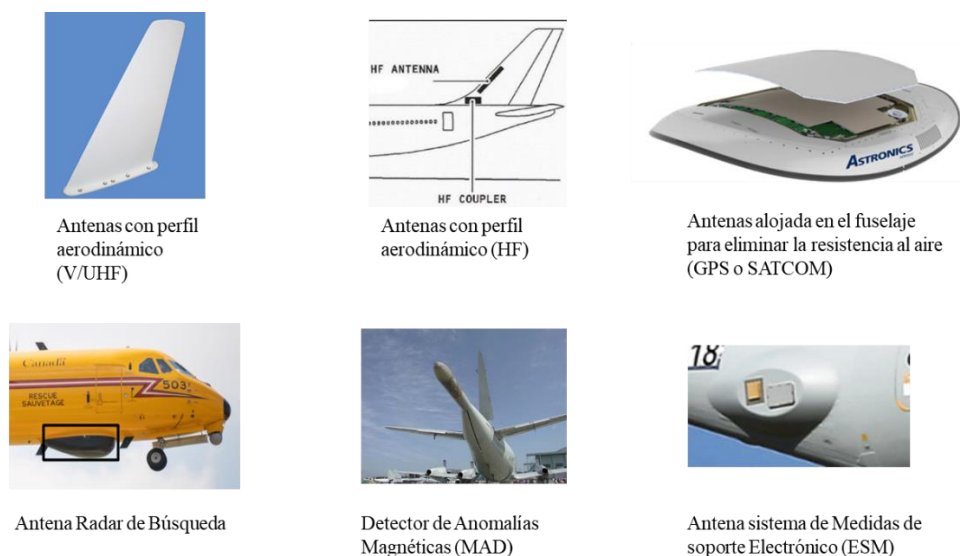
En este aspecto, la única antena sobre la que se tiene un control desde el punto de vista operativo sería la correspondiente al Radar de Búsqueda, pudiéndose ser manualmente orientada por el operador de misión desde la consola de misión. Esta antena puede ser orientada en elevación (+10/-30° aproximadamente) y azimut (360°).

El resto de antenas carecen de ningún procedimiento de operación a tener en cuenta por la tripulación o que implique alguna modificación de equipos o instalación de panel de control alguno.

#### 5.1.1.1.3 Modificación

Como se ha dicho en la descripción, la necesidad de antenas por parte de los equipos instalados en cada modificación será tratada en la sección de cada modificación correspondiente. En un estudio más profundo podría tenerse en cuenta la posibilidad de compartir antenas con otros equipos civiles o militares, algo común en equipos de recepción como el GPS mediante diplexores, con el objetivo de dividir la señal hacia dos equipos usando una sola antena.

El tipo de antena instalada para cada equipo es tratado en los apartados de modificaciones referentes a cada equipo, pero según el tipo de antena y la banda de frecuencias en la que operen serán del siguiente tipo.



**Figura 5-3. Tipos de antena instaladas en versión AIM2S (MPA + ASW + C4ISR)**

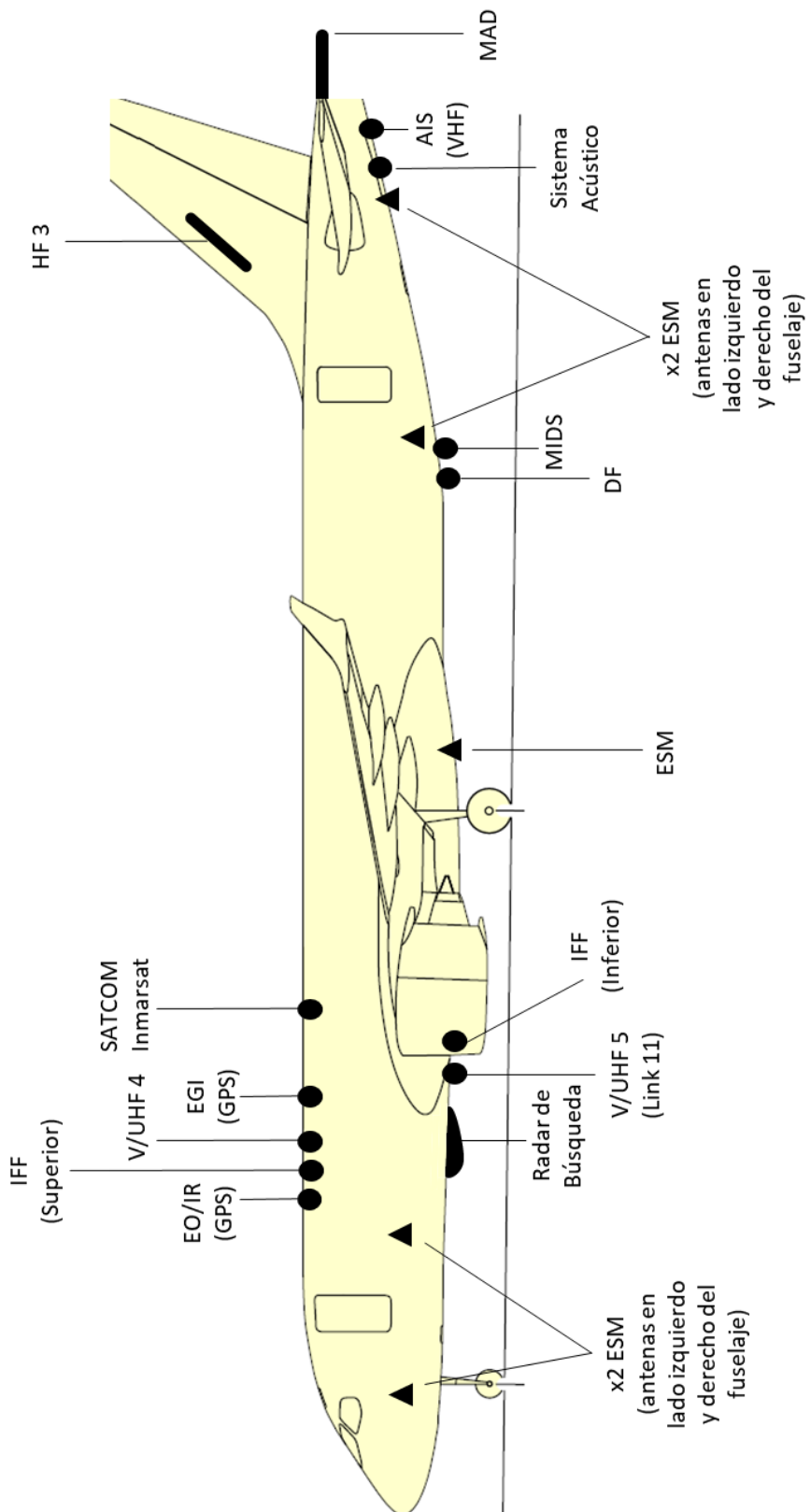


Figura 5-4. Configuración de nuevas antenas instaladas en A220 AIM2S (MPA + ASW + C4ISR)

## 5.1.2 ATA 21 – Aire acondicionado y presurización

### 5.1.2.1 Sistema de ventilación de misión

#### 5.1.2.1.1 Descripción

El sistema de misión está compuesto por un número de consolas, de dos a cinco, que dependen del kit instalado y de una serie de armarios de misión instalados en la cabina que contienen los equipos relacionados con el sistema. Además de necesitar espacio y suministro eléctrico, estos equipos transmiten una importante cantidad de calor. La temperatura de estos equipos debe ser controlada por dos motivos principalmente, el primero es que tienen un rango operacional de temperatura fuera del cual sus protecciones internas de temperatura apagarían el equipo automáticamente. El segundo motivo es que debido a un sobrecalentamiento se podría generar un fuego a bordo o generación de humo, que pondría en riesgo la vida de la tripulación.

El avión verde ya instala un sistema de acondicionamiento y ventilación de cabina, mediante un sistema de renovación y recirculación constante. Sin embargo, debido a estos requerimientos tan concentrados en un área determinada de la cabina, es necesario idear un sistema adicional de refrigeración.

El sistema de ventilación del equipamiento de misión se compone de:

- **Conducto de ventilación:** contará con tomas de aire en cada uno de los armarios de misión y las consolas. Este conducto canalizará el aire succionado hacia el sistema de recirculación del avión verde.
- **Tres ventiladores:** estarán instalados en el conducto de ventilación, con capacidad de generar una diferencia de presión tal que se produzca un efecto de succión del aire situado en el interior de armarios y consolas de misión. Gracias a que las aberturas existentes en los armarios y consolas, se produce una renovación del aire caliente por el de la cabina.
- **Válvula de extracción de misión:** asegurará que solo se realiza extracción de aire del sistema de misión y no soplado, cerrándose en caso de no activarse el ventilador de misión.
- **Tres sensores de presión:** instalados junto a ambos ventiladores, medirán dos puntos situados aguas arriba y abajo de cada ventilador, que servirán para monitorizar el correcto funcionamiento de estos cuando estén activados por el operador de misión correspondiente.
- **Panel de control del sistema de ventilación de misión:** estará situado en las consolas de misión con capacidad para activar individualmente o bien los ventiladores de misión o el dedicado al sistema Radar. Instalará también sendos indicadores de fallo alimentados por el sensor de presión.

#### 5.1.2.1.2 Operación

El operador deberá activar manualmente ambos sistemas de ventilación en el panel de control, monitoreando su correcto funcionamiento durante el desarrollo de la misión. Cuando el sistema de misión vaya a ser operado será obligatorio activar los ventiladores de misión, mientras que el de radar será utilizado cuando este sensor sea energizado. En ningún caso el ventilador de radar será operado en solitario. En caso de producirse un fallo en cualquiera de ellos, se generaría una alerta en el sistema de alertas de tripulación (*Crew Alerting System - CAS*), además de iluminarse un indicador de fallo luminoso en el panel de control.

#### 5.1.2.1.3 Modificación

La modificación es sencilla, y podría dividirse en dos:

- **Instalación eléctrica para alimentar los ventiladores con 28 VDC:** estos estarán controlados mediante un panel de control situado en las consolas de misión, lo que conlleva la instalación de un mazo eléctrico entre dichos componentes. Además, los sensores de presión también tendrán que estar conectados a dicho panel de control para realizar el monitoreo del correcto funcionamiento de los ventiladores. Sendos ventiladores tendrán asociado un cortacircuitos que irá situado en el las consolas de misión.
- **Instalación del conducto de ventilación:** el sistema estará instalado en paralelo con el de ventilación de equipamiento de aviónica, cabina y cockpit. Como puede verse en la Figura 5-5.

Sistema de ventilación de A320, en este tipo de aviones el aire extraído de estas estancias es redirigido hacia el sistema de recirculación para entrar de nuevo al sistema, una vez acondicionado, en los compartimentos de carga bajo el suelo (*Cargo Underfloor*) o hacia el exterior (OVBD es una abreviatura de *Overboard*). Por lo tanto, el aire extraído del sistema de misión será vertido justo aguas abajo del “EXTRACT FAN” o su equivalente en el avión verde. Mediante la instalación de una válvula solidariamente accionada con el ventilador de misión (estará normalmente cerrada), se evitará el reflujo de aire proveniente del “EXTRACT FAN” hacia el interior del sistema de misión cuando sus ventiladores no estén en funcionamiento.

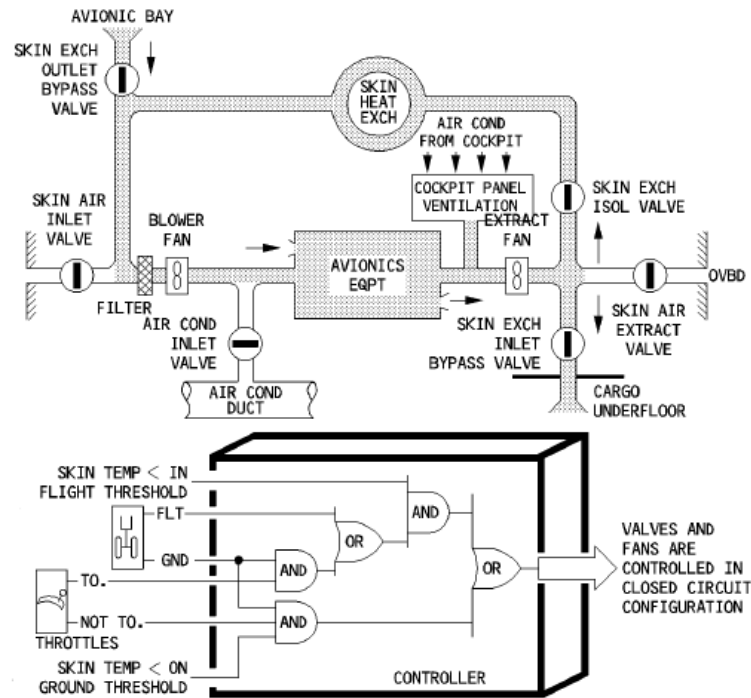


Figura 5-5. Sistema de ventilación de A320

En el siguiente diagrama de bloques puede observarse la estructura que seguiría el sistema de ventilación de misión:

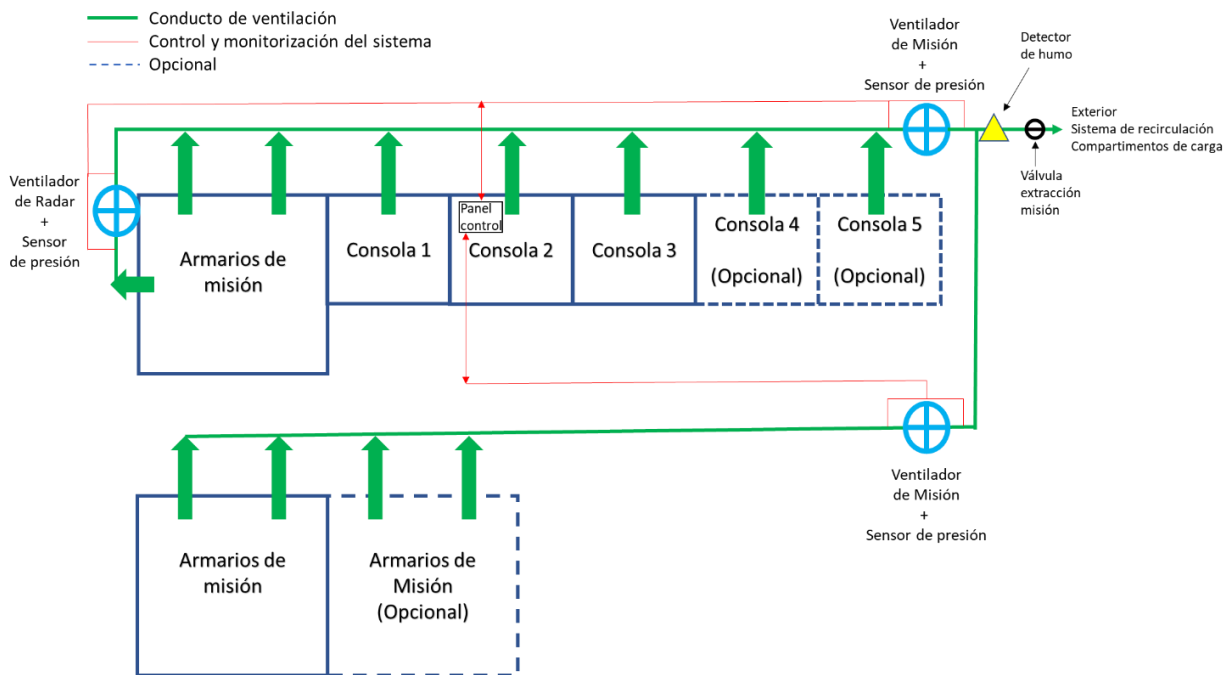


Figura 5-6 Arquitectura sistema de ventilación de misión

## 5.1.2.2 Sistema anticondensación en burbuja de observadores

### 5.1.2.2.1 Descripción

Las ventanas de tipo burbuja contarán con un suministro de aire soplado directamente sobre el lado interno de éstas para evitar la condensación y la pérdida de visibilidad debido a ello.

### 5.1.2.2.2 Operación

La tripulación contará con un control de tipo rueda, con el que podrá regular en caudal el flujo de aire soplado sobre cada burbuja de forma independiente en cada una de ellas. Cada estación de observador situada en la ventana de burbuja contará con un panel de control de este sistema totalmente independiente.

### 5.1.2.2.3 Modificación

Se deberá añadir bajo el piso una nueva línea de sangrado del sistema de recirculación de aire de cabina, concretamente del sistema de succión o extracción de aire de cabina. Esta línea se dividirá en dos para llegar cada una hasta la zona donde se sitúan las burbujas. Una vez allí se instalará una válvula de tipo mariposa para que, de forma manual y mediante un control situado junto a la ventana ya por encima del piso de la cabina, el operador pueda regular el caudal de aire soplado a la ventana.

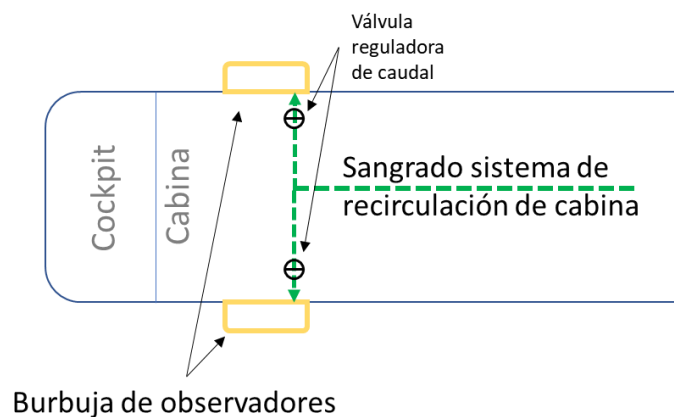


Figura 5-7. Arquitectura sistema anticondensación ventana tipo burbuja

## 5.1.3 ATA 23 – Sistema de comunicaciones

### 5.1.3.1 Sistema de gestión de audio

#### 5.1.3.1.1 Descripción

El sistema de control de audio, de ahora en adelante AMS (*Audio Management System*), se trata de un elemento fundamental para la comunicación no solo entre miembros de la tripulación, sino además entre la tripulación y el exterior.

Debido a la adaptación de la aeronave para misiones desarrolladas típicamente con más actores con los que es necesario establecer comunicaciones, se debe aumentar el número de canales disponibles del sistema de gestión de audio.

Mediante dos equipos de encriptación será posible establecer comunicaciones seguras con unidades aliadas mediante la introducción de claves.

#### 5.1.3.1.2 Operación

Mediante un panel de control de audio, cada miembro de la tripulación podrá gestionar qué canales y a qué volumen son usados para la transmisión y recepción de cada miembro por separado. En aviones de este tipo, en la que multitud de sensores emiten alertas o dan información a través de señales acústicas, este sistema cobra si cabe más importancia.





**Figura 5-8. Panel de control de audio del A220. (Fuente: [61])**

#### 5.1.3.1.3 Modificación

Al sistema de gestión de audio de avión verde le serán añadidos los siguientes canales pertenecientes a los equipos de radio, enlaces de datos, comunicación por satélite y sensores listados a continuación:

- V/UHF 4: Equipo de radio V/UHF adicional
- V/UHF 5: Equipo de radio V/UHF adicional
- HF 3: Equipo de radio HF adicional con capacidad de transmisión de datos
- SAT 2: Sistema de comunicación por satélite Inmarsat con capacidad de transmisión de datos
- WIS: Sistema de comunicación de tripulación inalámbrico
- DF: Sistema de búsqueda direccional
- MIDS: Denominación OTAN del sistema de enlace de datos táctico Link 16.
- Link 11: Sistema de enlace de datos táctico Link 11.



**Figura 5-9. Panel de control del sistema de control de audio del A400M fabricado por la española TecnoBit. (Fuente: TecnoBit.com)**

Para ello será necesario instalar nuevos paneles de control del sistema de audio que permitan elegir transmitir y recibir el audio proveniente de todos los canales disponibles ahora en el avión. Además, a través de estos paneles se podrán usar las líneas internas de comunicación, ya existentes en avión verde, entre los diferentes miembros de la tripulación en sus nuevos emplazamientos.

Los nuevos paneles serán instalados en:

- Un panel de control de audio por cada consola de misión
- Un panel de control de audio por cada puesto de observador
- Un panel de control de audio en la sala de planificación y control de misión
- Un panel de control de audio en la parte trasera de la cabina

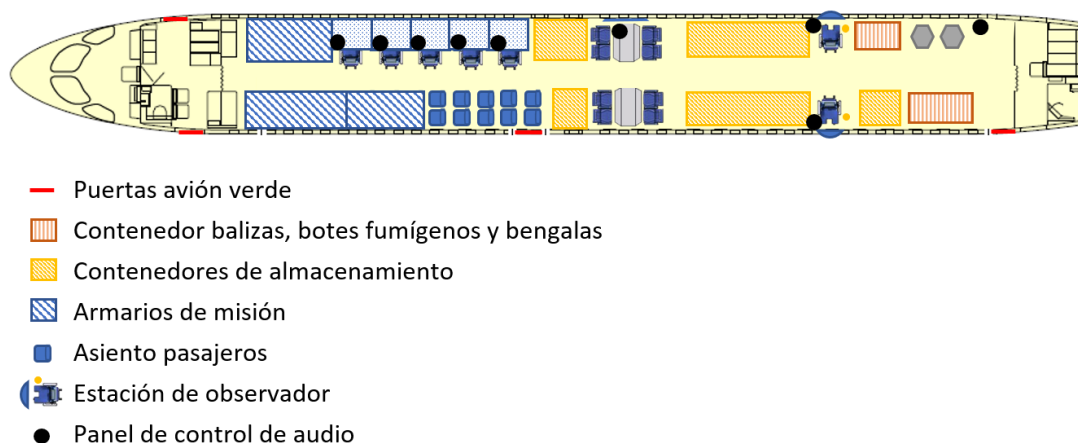


Figura 5-10. Distribución de nuevos paneles de control de audio en configuración AIM2S (MPA + ASW + C4ISR)

## 5.1.4 ATA 24 – Potencia eléctrica

### 5.1.4.1 Sistema de generación adicional para sistema de misión y sensores

#### 5.1.4.1.1 Descripción

El avión verde lleva instalado como fuente principal de energía eléctrica dos generadores de corriente alterna (115/200 V a 400 Hz), que se convierte a corriente continua mediante dos transformadores rectificadores (*TRU – Transformer Rectifier Unit*). Existe una tercera TRU utilizada para servicios esenciales como TRU de respaldo en caso de emergencia. Además, cuenta con una unidad de potencia auxiliar (*APU – Auxiliary Power Unit*), que genera corriente alterna, como es habitual en aviones de transporte de pasajeros.

El sistema de misión necesita ser alimentado por 28 VDC (voltios de corriente continua o *Direct Current*) como fuente principal de energía eléctrica, con la particularidad de necesitar corriente trifásica para algunos componentes de sensores como el radar de búsqueda, el detector de anomalías magnéticas y el sistema de detección acústica. Además, se provee de varias tomas de corriente distribuidas por la cabina y en las consolas de misión de 220 VAC (voltios de corriente alterna o *Alternating Current*) y 50Hz de frecuencia, para la conexión de dispositivos externos como ordenadores portátiles, cámaras de fotos o equipamiento médico.

Por último, destacar que en caso de energizar el avión con APU o mediante un grupo electrógeno, o como es conocido en el mundo aeronáutico, *GPU (Ground Power Unit)*, el sistema de misión podrá ser igualmente alimentado por estos equipos para su arranque en tierra.

#### 5.1.4.1.2 Operación

La operación no se diferencia de la del avión verde, tratando al sistema de misión como una carga eléctrica más dentro del sistema, con sus correspondientes procedimientos de emergencia. En caso de emergencia en el vuelo, los pilotos podrán aislar el sistema de misión del resto del sistema eléctrico mediante el interruptor maestro de misión. Este procedimiento dejará sin alimentación alguna al sistema de misión al completo, con la salvedad de los equipos esenciales alimentados por la batería de emergencia de misión.

#### 5.1.4.1.3 Modificación

Para satisfacer estas necesidades se instalarán los siguientes componentes:

- **Un nuevo generador de corriente alterna en cada motor:** esto permitirá disponer de 180KVA de cada uno, doblando así la capacidad típica de generación de una aeronave de transporte de pasajeros. Gracias a esta modificación tanto el sistema de misión, sus sensores y el nuevo sistema de refrigeración queda totalmente abastecido sin mermar la alimentación eléctrica de los sistemas del avión verde, muy importantes en un modelo como este que instala *fly-by-wire*.
- **Dos TRU adicionales:** mediante estas TRU, dedicadas exclusivamente al sistema de misión, se generará un máximo de 300 amperios de corriente continua a 28 VDC a partir de los 115 VAC a 400 Hz provenientes de los generadores de corriente. Para ser descriptivos y no entrar en detalle en el estudio de cargas eléctricas, se instalarán 2 TRUs en la versión MPA que va equipada con dos consolas. En el caso de instalarse algún kit adicional, se instalará una TRU adicional en el caso del kit ASW, así como otra en el caso del kit C4ISR. El kit MEDEVAC no lleva asociado la instalación de ninguna TRU adicional.
- **Una batería de emergencia:** la única función de esta batería es la de proveer del tiempo necesario al equipo de misión para realizar un apagado de emergencia, salvando la mayor cantidad de datos posible, en caso de que una emergencia a bordo conllevara la pérdida de energía eléctrica en el sistema de misión.
- **Tres buses de corriente continua:** mediante la distribución mostrada en la Figura 5-11, se divide el sistema eléctrico dedicado a misión en dos mitades. Esto permite ganar en redundancia y aislamiento de cada lado, con lo que en caso de un problema en un motor se podría seguir utilizándose parte del equipamiento que cuelga del bus no afectado. Además, los componentes esenciales del FITS estarán alimentados aguas debajo de la batería, lo que permitirá ser alimentados por ésta durante un tiempo prudencial en caso de un fallo en el sistema eléctrico.

En el caso de instalarse kits opcionales, se instalará un bus adicional en el caso del kit ASW y otro para el kit C4ISR.

- **Cortacircuitos (C/B – Circuit Breakers) e interruptores en cockpit y consolas de misión:** aunque no se detalle en este trabajo, toda carga eléctrica tendrá que estar cubierta por un cortacircuitos que cortará la corriente cuando se sobrepase la intensidad atribuida a dicha carga. Como es lógico, también se instalarán conmutadores e interruptores, destacando el interruptor maestro de misión situado en el cockpit gracias al cual los pilotos tienen la capacidad de aislar el sistema de misión del resto en caso de emergencia.
- **Inversores de corriente:** convertirán corriente 28VDC en 220 VAC de 50 Hz para la alimentación las diferentes tomas de corriente instaladas en cabina y consolas de misión. En el kit MPA se incluirá un inversor que proveerá de corriente eléctrica para el equipamiento adicional de los operadores de misión y resto de tripulación o pasajeros.

Se instalará un inversor adicional en el caso del equiparse el kit MEDEVAC, cuya función será la de proveer de corriente eléctrica al equipamiento o personal médico que pueda ser necesaria junto a las unidades de cuidado de pacientes.

Los componentes antes descritos se instalarían siguiendo la Figura 5-11. Arquitectura sistema eléctrico en operación normal.

- En verde se puede ver el esquema eléctrico del avión verde.
- Las líneas resaltadas, es decir, más gruesas, indican como opera el sistema durante el funcionamiento normal de la aeronave (motores arrancados y usados como fuente de energía eléctrica).
- Las líneas de menor grosor son representaciones de conexiones existentes entre buses que pueden ser utilizados en diferentes partes de la operación (avión en tierra, arranque con baterías, arranque con APU, arranque con GPU o situación de emergencia).

- En morado pueden verse las modificaciones a realizar como las TRUs, inversores y buses eléctricos a instalar, además de la batería dedicada al sistema de misión para emergencias.
- En el diagrama se ha contorneado de forma discontinua las modificaciones opcionales que dependen de la instalación de un kit adicional al MPA.

Las diferentes cargas eléctricas del sistema de misión estarán repartidas entre los buses de misión de forma equitativa, pero el sistema de misión FITS en concreto, del que depende el salvado de los datos recabados durante una misión, estará alimentado por el bus DC MISS BAT. Esto garantiza que durante la operación normal de la aeronave la batería es recargada y que ésta alimentará el bus DC MISS BAT en caso de emergencia, dando la oportunidad al FITS de realizar un apagado de emergencia que guarde de forma segura todos los datos de la misión.

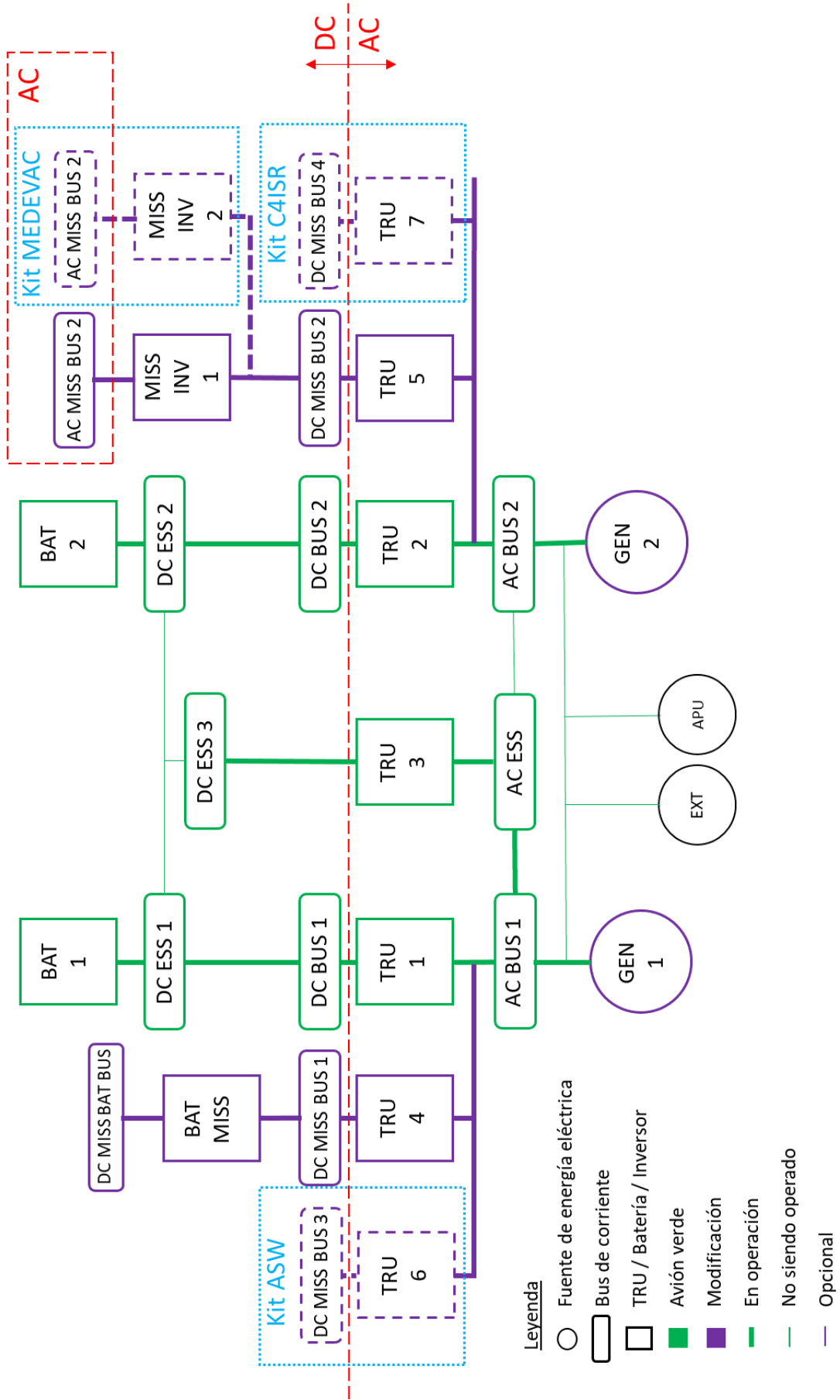


Figura 5-11. Arquitectura sistema eléctrico en operación normal

## 5.1.5 ATA 25 – Equipamiento y acondicionamiento interior

Unos de los principales cambios que se van a realizar en el avión verde es la adecuación de la cabina de pasajeros, que deberá ser rediseñada para cada una de las configuraciones disponibles en cada kit.

En primer lugar, se van a describir los cambios más importantes para convertir la aeronave de transporte de pasajeros en una de patrulla marítima. A partir de esta configuración se presentarán otras que combinarán este rol MPA con el de ASW, C4ISR y MEDEVAC. Todas las configuraciones son compatibles entre sí, teniéndose incluso variables para optimizar el transporte de tropas en el caso de ser necesario.

### 5.1.5.1 Cabina en configuración base MPA

#### 5.1.5.1.1 Descripción

En esta configuración se cuenta con espacio de almacenamiento en forma de contenedores/armarios que servirán para estibar lo necesario no solo para desempeñar la misión, sino para que la aeronave y su tripulación pueda ser destacada en una base remota por un tiempo prolongado de tiempo. En el caso de que se necesite maximizar la capacidad de transporte de tropas, se podrán sustituir dos armarios de almacenaje en cabina por seis filas de asientos en configuración 3+2, como en el avión original.

Se instalarán los siguientes componentes:

- **Tres consolas de misión que hacen de interfaz entre operador de misión y FITS:** cada una de ellas cuenta con sus respectivos asientos. Éstos tendrán la capacidad de girar sobre si mismos para quedar bloqueados de forma que queden en el sentido de la marcha durante las operaciones de despegue y aterrizaje.
- **Dos armarios de misión:** contendrán el equipamiento necesario para que el FITS y los sensores instalados desempeñen su función.
- **Ocho contenedores / armarios de carga:** servirán para estibar todo tipo de material que la tripulación estime oportuno.
- **Ocho filas de asientos dobles originales de avión verde.**
- **Estación de trabajo llamada sala de planificación y control de misión:** estará compuesta por dos mesas abatibles, cuatro asientos VIP y un sistema compuesto por computador, pantalla, teclado y ratón conectado con el sistema FITS.
- **Dos estaciones de observador frente a las ventanas de tipo burbuja:** cada una de ellas contará con asiento regulable para optimizar la visibilidad del observador, conexiones con sistema FITS para cámara de holografía o vídeo y acceso a tubo dispensador de balizas, botes fumígenos y bengalas.
- **Contenedor de balizas, botes fumígenos y bengalas:** se trata de un contenedor de estibaje seguro y de rápido acceso a estos elementos.
- **Blindaje en cockpit:** protegerá a los pilotos principalmente durante las fases de despegue y aterrizaje cuando es más probable que se vean envueltos en un tiroteo con armas ligeras.

#### 5.1.5.1.2 Operación

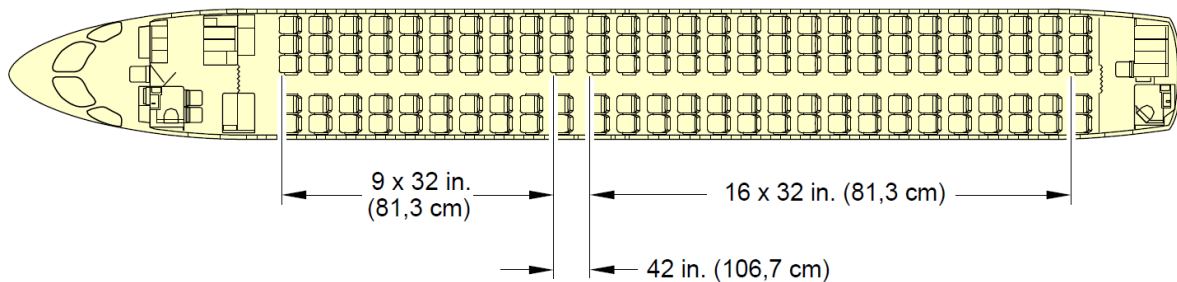
El cambio de rol entre las diferentes configuraciones será llevado a cabo por el personal de mantenimiento y el responsable de la carga de la aeronave (también llamado maestro de carga).

El sistema dispensador de balizas, botes fumígenos y bengalas deberá ser operado con la cabina despresurizada, esto limita su altitud de utilización, algo que en este caso es poco significativo ya que estos lanzamientos deben hacerse a baja cota para mayor precisión. Existirá un procedimiento específico desarrollado por el fabricante para la correcta operación de estos dispositivos y la coordinación con los pilotos.

### 5.1.5.1.3 Modificación

En primer lugar, teniendo en cuenta que el avión verde sale de fábrica con una configuración como la que se muestra en la Figura 5-15, es necesario retirar todos los asientos instalados en la cabina excepto los mostrados en Figura 5-20. A220 MPA en configuración MPA optimizada para transporte de pasajeros o tropa.

Es importante recalcar que en la siguiente ilustración se muestra la cabina con una configuración de 135 pasajeros, siendo el máximo de 160 para este A220 serie 300, por lo que la distancia entre asientos indicada en la imagen de 81.3 cm es bastante mayor a la utilizada normalmente en configuraciones de densidad para la clase económica. Este dato se tendrá en cuenta a la hora de dimensionar zonas de pasajeros para la versión militarizada del A220, pudiéndose aprovechar de forma más eficientemente el espacio para albergar otro tipo de objetos o equipos.



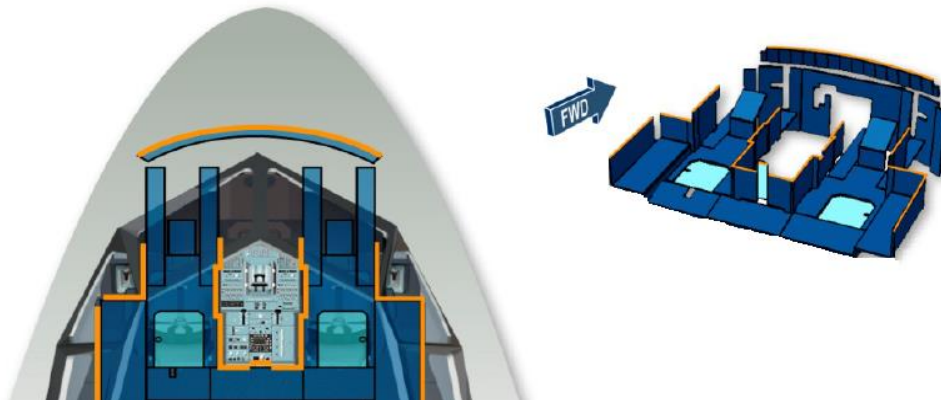
**Figura 5-12. Configuración de cabina A220 300. (Fuente: [59])**

Por otro lado, será necesario intercambiar los compartimentos de equipaje de mano por unos paneles que, si bien seguirán cubriendo el sistema de acondicionamiento del aire de cabina, disminuirán el peso y aumentarán el volumen disponible en cabina, muy útil en operaciones largas en las que el cansancio y la sensación de enclaustramiento puede disminuir las capacidades de la tripulación.



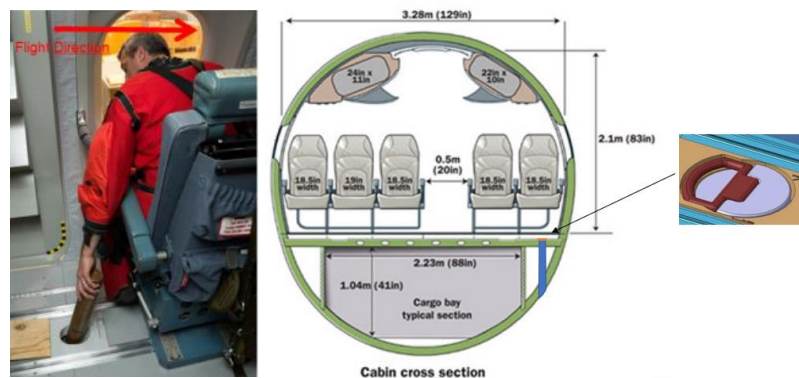
**Figura 5-13. Comparativa cabina B737-800 frente a Boeing P-8 Poseidon**

El sistema de blindaje del cockpit consiste en la instalación una serie de láminas de material balístico en el suelo y las superficies laterales de éste como puede verse en la siguiente figura.



*Figura 5-14. Sistema de blindaje del cockpit mediante láminas de material balístico*

En lo referente a la información relacionada con las consolas del sistema FITS, se detallará en la sección ATA 93 – Vigilancia en la página 122. Por otro lado, el tubo dispensador de balizas, botes fumígenos y bengalas estará compuesto por un conducto con una tapa roscada en el extremo de la cabina y de otra con un sistema de auto apertura y retorno que la hace cerrarse tras el lanzamiento de un elemento. Con un diámetro de 9.5 cm, sido diseñada para utilizar la mayor parte de marcadores que existen en el mercado, como puede ser el modelo C2A2 *Marine Location Marker* fabricado por la canadiense HFI Pyrotechnics Inc. [62] y utilizado por la fuerza aérea de la misma nacionalidad en misiones SAR.

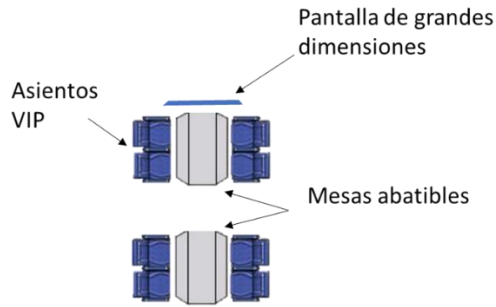


*Figura 5-15. Sistema dispensador de balizas, botes fumígenos y bengalas*

Gracias al espacio disponible en cabina una plataforma como esta, ha sido posible integrar una sala de planificación y control de misión sin necesidad de prescindir de otros elementos necesarios en la configuración MPA. Lo que había sido proyectado como una opción a equipar con el kit C4ISR, ha sido integrado finalmente en el kit MPA. La sala estará equipada con tomas de corriente para la carga de baterías o suministro eléctrico de, por ejemplo, ordenadores portátiles. Además, cuenta con un sistema de televisión y sonido desde el cual puede proyectarse información desde cualquier ordenador portátil común o incluso consultar en vivo la información o video recabado por FITS y todos sus sensores integrados. Esta última funcionalidad está mejor detallada en la sección llamada “Acceso al sistema de misión desde la sala de planificación y control de misión” (página 106).

Para optimizar la privacidad y las condiciones lumínicas para la proyección o visionado de contenido, la sala puede ser aislada con dos cortinas ignífugas de forma que se separe del área de consolas de misión por delante y del resto de la cabina por detrás.



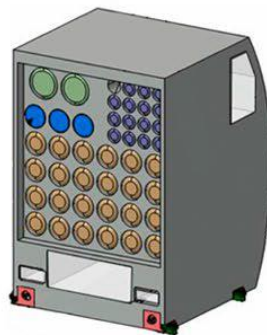


**Figura 5-16. Reproducción de la sala de planificación y control de misión**

En cuanto al resto de elementos, serán de tipo modulares y no se necesitará modificar la plataforma, ya que irán anclados al suelo de la misma forma que los asientos de pasajeros y armarios del *galley*<sup>13</sup> delantero y trasero.



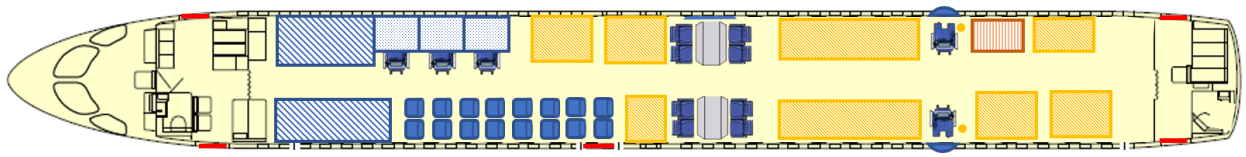
**Figura 5-17. Ejemplo de contenedor de almacenamiento**



**Figura 5-18. Ejemplo de contenedor de balizas, botes fumígenos y bengalas**

En la siguiente figura se presenta la que sería la configuración de la cabina para la plataforma en versión MPA, que será la base de todas las demás. Es importante destacar que todas las puertas y salidas de emergencia seguirán siendo funcionales, a excepción de la situada sobre el ala derecha. Si bien no comportará modificación alguna, estará inutilizada por no ser accesible en ninguna de las configuraciones. No se esperan problemas de certificación ya que la capacidad de transporte de pasajeros ha sido reducida drásticamente, es decir, la capacidad de evacuación en situación de emergencia está asegurada.

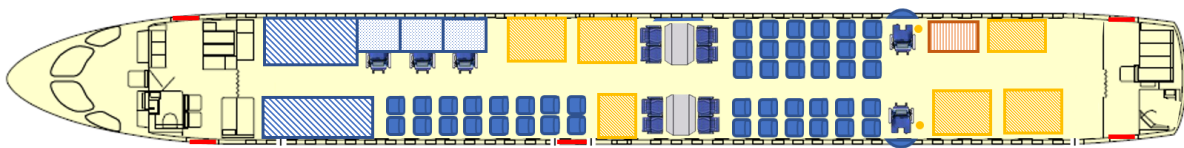
<sup>13</sup> Se denomina *galley* al área de la cabina acondicionada para el almacenaje y preparación de la comida y demás servicios ofrecidos al pasajero. Normalmente está situado en la parte delantera y trasera de la cabina.



- Puertas avión verde
- ▤ Contenedor balizas, botes fumígenos y bengalas
- ▨ Contenedores de almacenamiento
- ▩ Armarios de misión
- Asiento pasajeros
- 👤 Estación de observador

*Figura 5-19. A220 MPA en configuración MPA*

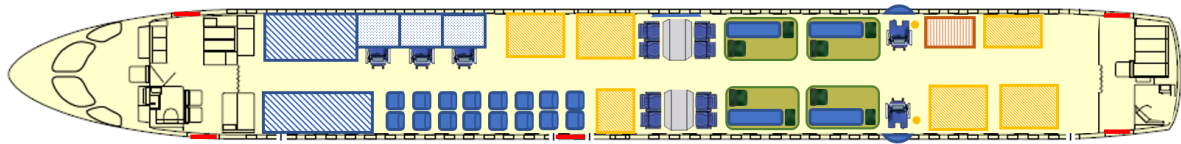
Además, la cabina en la versión MPA podrá optimizarse para el transporte de pasajeros o tropa a elección del cliente operador de la aeronave. Esta tarea no es considerada como un cambio de rol y consistirá simplemente en intercambiar por asientos los contenedores modulares destinados al almacenaje, situados entre la sala de planificación y control de misión y los puestos de observadores. En total la aeronave contaría con capacidad para 46 pasajeros, además de la tripulación.



- Puertas avión verde
- ▤ Contenedor balizas, botes fumígenos y bengalas
- ▨ Contenedores de almacenamiento
- ▩ Armarios de misión
- Asiento pasajeros
- 👤 Estación de observador

*Figura 5-20. A220 MPA en configuración MPA optimizada para transporte de pasajeros o tropa*

De forma alternativa a la configuración anterior, la aeronave puede equiparse con el kit MEDEVAC que consiste en cuatro estaciones de pacientes en cuidados intensivos totalmente equipados. Además de una camilla y espacio para material y equipo médico, cada estación cuenta con un asiento para el personal médico a cargo de cada paciente.



- Puertas avión verde
- Contenedor balizas, botes fumígenos y bengalas
- Contenedores de almacenamiento
- Armarios de misión
- Asiento pasajeros
- Estación de observador

*Figura 5-21. A220 MPA en configuración MPA + MEDEVAC*

### 5.1.5.2 Cabina en configuración ASW

#### 5.1.5.2.1 Descripción

Desde el punto de vista de configuración de cabina, el kit ASW añade a la configuración base MPA los siguientes elementos:

- **Una consola y armarios de misión adicionales:** que controlarán los sistemas de detección acústica, así como el detector de anomalías magnéticas situado en la cola del fuselaje.
- **Un lanzador de sonoboyas automático.**
- **Un armario para las sonoboyas:** situado junto al lanzador.

Este sistema lanzador es tratado con más detalle en la sección ATA 93 – Vigilancia de la página 122.

#### 5.1.5.2.2 Operación

La única diferencia desde el punto de vista de operación frente a la configuración MPA es la referente al sistema de lanzamiento de sonoboyas. A diferencia del lanzador de marcadores y bengalas, este sí puede operar con el avión presurizado, eliminando la limitación de altitud a la que puede operar.

#### 5.1.5.2.3 Modificación

La consola y armarios adicionales de misión son instalados junto a los existentes de la versión MPA, mientras que el armario y sistema lanzador de sonoboyas es instalado en la parte trasera de la cabina.

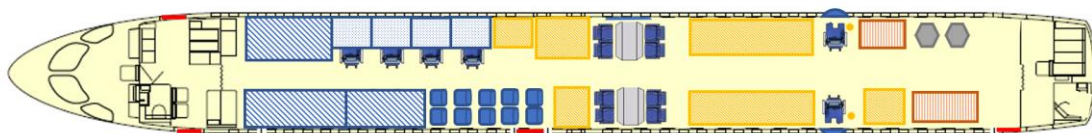


*Figura 5-22. Sistema lanzador de sonoboyas. (Fuente: Canal USA Military Channel Youtube.com)*



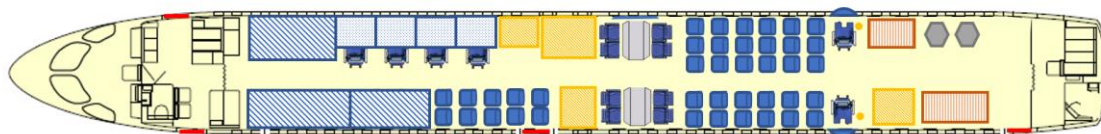
**Figura 5-23. Armario modular para sonoboyas. (Fuente: Canal USA Military Channel Youtube.com)**

A continuación, se muestran las tres configuraciones posibles con kits MPA, ASW y MEDEVAC.



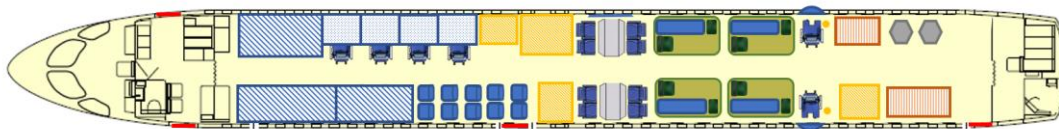
- Puertas avión verde
- Contenedor balizas, botes fumígenos y bengalas
- Contenedores de almacenamiento
- ▨ Armarios de misión
- Asiento pasajeros
- Estación de observador

**Figura 5-24. A220 MPA en configuración MPA + ASW**



- Puertas avión verde
- Contenedor balizas, botes fumígenos y bengalas
- Contenedores de almacenamiento
- ▨ Armarios de misión
- Asiento pasajeros
- Estación de observador

**Figura 5-25. A220 MPA en configuración MPA + ASW optimizada para transporte de pasajeros o tropa**



- Puertas avión verde
- Contenedor balizas, botes fumígenos y bengalas
- Contenedores de almacenamiento
- ▨ Armarios de misión
- Asiento pasajeros
- Estación de observador

**Figura 5-26. A220 MPA en configuración MPA + ASW + MEDEVAC**

### 5.1.5.3 Cabina en configuración C4ISR

#### 5.1.5.3.1 Descripción

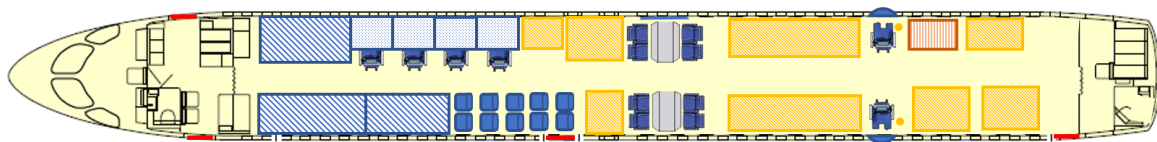
Desde el punto de vista de configuración de cabina, el kit C4ISR añade a la configuración base MPA los siguientes elementos:

- **Una consola y armarios adicionales:** para la gestión de enlaces de datos en escenarios de operaciones cooperativas.

#### 5.1.5.3.2 Operación

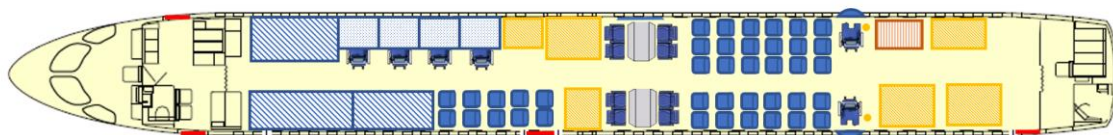
Mediante la consola adicional, el operador de misión encargado fusionará la información recibida a través de los enlaces de datos instalados en esta versión con los recabados por el sistema de misión embarcados.

#### 5.1.5.3.3 Modificación



- Puertas avión verde
- Contenedor balizas, botes fumígenos y bengalas
- Contenedores de almacenamiento
- ▨ Armarios de misión
- Asiento pasajeros
- Estación de observador

*Figura 5-27. A220 MPA en configuración MPA + C4ISR*



- Puertas avión verde
- Contenedor balizas, botes fumígenos y bengalas
- Contenedores de almacenamiento
- ▨ Armarios de misión
- Asiento pasajeros
- Estación de observador

*Figura 5-28. A220 MPA en configuración MPA + C4ISR optimizada para transporte de pasajeros o tropa*



*Figura 5-29. A220 MPA en configuración MPA + C4ISR + MEDEVAC*

#### 5.1.5.4 Cabina en configuración MPA + ASW + C4ISR

Por último, se muestra la configuración que tendría la aeronave si equipara todos los kits disponibles (MPA, ASW y C4ISR), además de las opciones de transporte de pasajeros y evacuación médica MEDEVAC. Las únicas diferencias estarán en la instalación de una quinta consola de misión por un módulo de armarios de almacenamiento, como puede verse en las siguientes figuras.

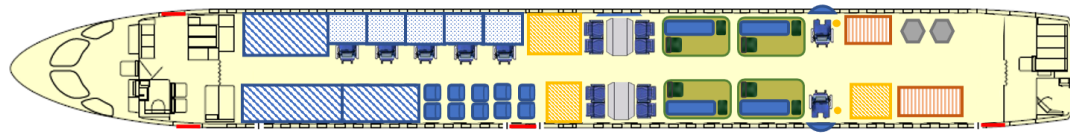
Hay que recordar que esta será la configuración ofertada para el programa AIM2S de la OTAN.



*Figura 5-30. A220 MPA en configuración AIM2S (MPA + ASW + C4ISR)*



*Figura 5-31. A220 MPA en configuración AIM2S (MPA + ASW + C4ISR) y transporte pasajeros o tropa*



- Puertas avión verde
- Contenedor balizas, botes fumígenos y bengalas
- Contenedores de almacenamiento
- Armarios de misión
- Asiento pasajeros
- Estación de observador

Figura 5-32. A220 MPA en configuración AIM2S (MPA + ASW + C4ISR) + MEDEVAC

## 5.1.6 ATA 26 – Protección contra el fuego

### 5.1.6.1 Sistema de detención de humo en el sistema de ventilación de misión

#### 5.1.6.1.1 Descripción

El sistema de protección antincendios del avión verde será complementado con la instalación de un detector de humo en el conducto de ventilación del sistema de misión.

#### 5.1.6.1.2 Operación

En caso de detectarse humo en el sistema de ventilación de misión, los pilotos serán advertidos mediante una alerta en el sistema de alertas de tripulación (*Crew Alerting System - CAS*) para que sigan con el procedimiento de emergencia requerido.

#### 5.1.6.1.3 Modificación

La localización del detector de humo estará en paralelo con el conducto de succión proveniente de las consolas y armarios de misión como puede verse en la siguiente figura.

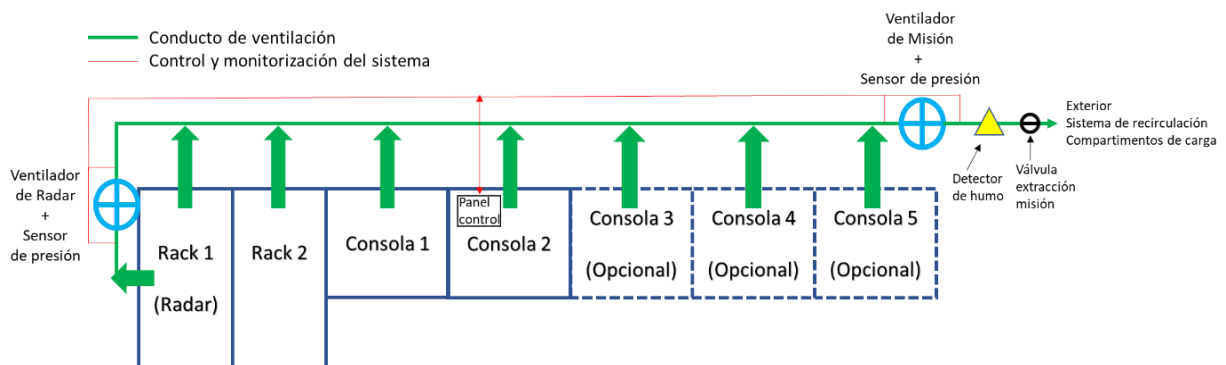


Figura 5-33. Sistema detección de humo en conducto de ventilación de misión

## 5.1.7 ATA 28 – Combustible

### 5.1.7.1 Sistema tanques auxiliares de combustible

#### 5.1.7.1.1 Descripción

Se ofertará como opción la capacidad de instalar 2 tanques de combustible en dos compartimentos de carga, que en el caso del avión verde se encuentran acondicionados y bajo los sistemas de detección y lucha contra incendios de abordó ya que son compartimentos de clase “C” certificados por la normativa europea CS 25 (*Certification Specifications group*) o la norteamericana FAR 25 (*Federal Aviation Regulations*).

Mediante un proveedor externo se fabricarían depósitos de combustible del mismo tamaño y forma que la bahía de carga, de esta forma la instalación y desinstalación sería una tarea sencilla y ágil. De hecho, el propio fabricante (Airbus) es algo que oferta a aerolíneas que operan el modelo A319, A320 o A321 con los llamados *Additional Center Tanks* (ACT por sus siglas en inglés) que pueden ser instalados o desinstalados en menos de 8 horas. [63]

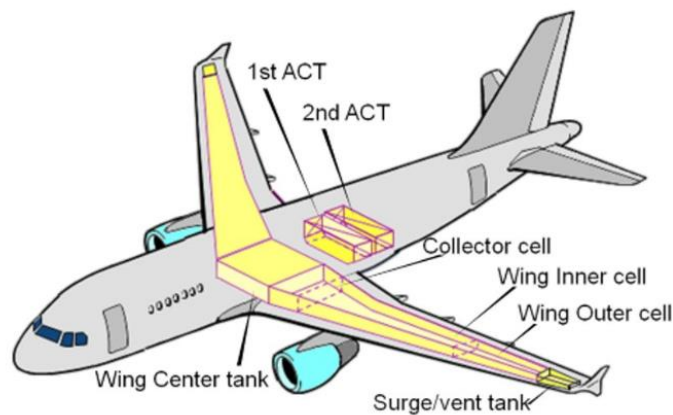


Figura 5-34. *Additional Center Tanks (ACT)* para modelos A319, A320 y A321. (Fuente: Airbus [63])

Se decide instalar uno de los tanques auxiliares en el compartimento delantero ya que, al contar la aeronave con una bahía de bombas, cuando esta llevara bombas se dificultaría el reparto de pesos que asegura la estabilidad en vuelo.

#### 5.1.7.1.2 Operación

Desde el punto de vista de los pilotos, tanto el panel de control de bombas de combustible como en el sinóptico visualizado en las pantallas táctiles donde se muestra toda la información acerca del combustible sufrirían pequeñas modificaciones. En concreto, tendrían que añadir un indicador de capacidad de combustible y un botón por cada bomba eléctrica que controlaría su activación de forma manual, así como indicar cualquier tipo de fallo. La transferencia de combustible desde los tanques auxiliares hacia el tanque central de la aeronave se haría de forma automática, si este modo es el seleccionado por los pilotos.

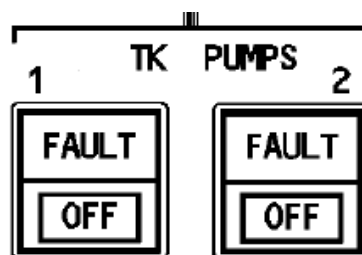


Figura 5-35. Ejemplo controles de bombas de combustible de tanques auxiliares.



### 5.1.7.1.3 Modificación

Teniendo en cuenta que el A220 no está dimensionado para cargar con contenedores o pales estandarizados de carga, se tendrían que construir de acuerdo al volumen disponible y al tamaño de las puertas de acceso a estas bahías de carga.

El peso máximo distribuido entre ambos compartimentos es de 5052 Kg [59] y el volumen y medidas pueden verse a continuación:

- Volumen total: 81 m<sup>3</sup>
- Compartimento de carga delantero: 14.8 m<sup>3</sup>
- Compartimento de carga trasero: 16.8 m<sup>3</sup>

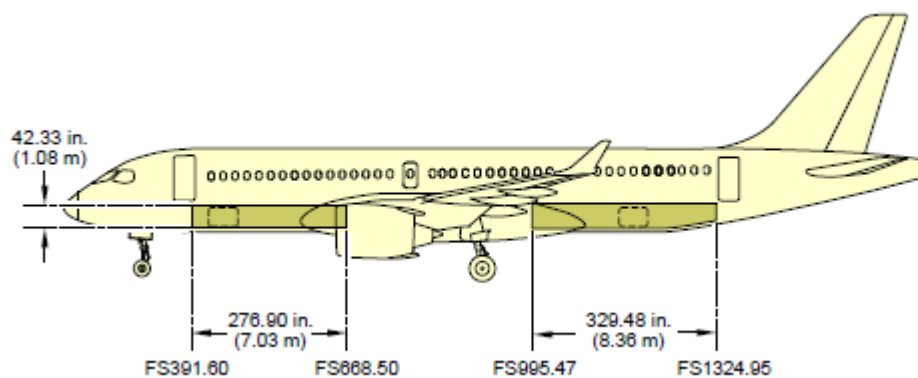


Figura 5-36. Dimensiones compartimentos de carga A220. (Fuente: [59])

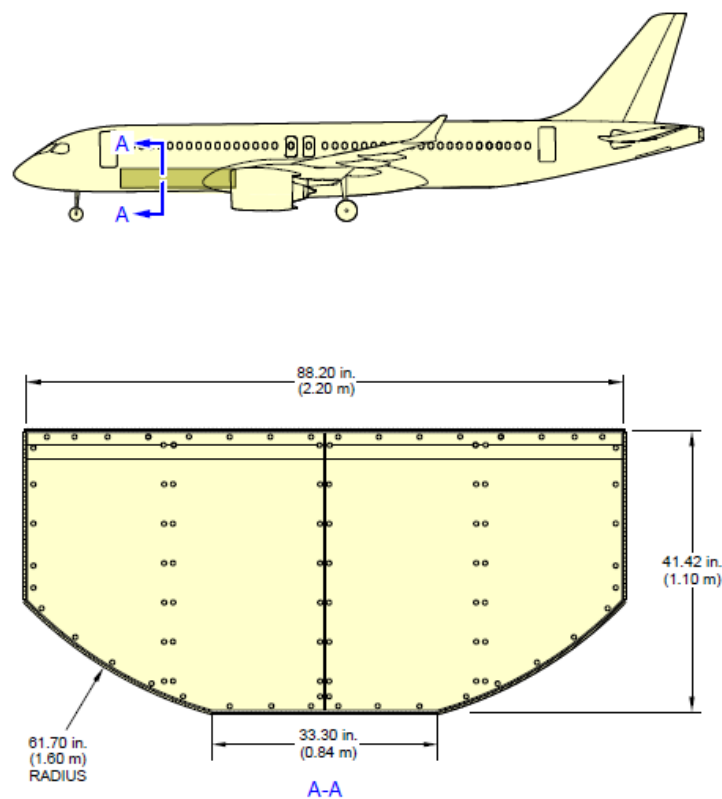
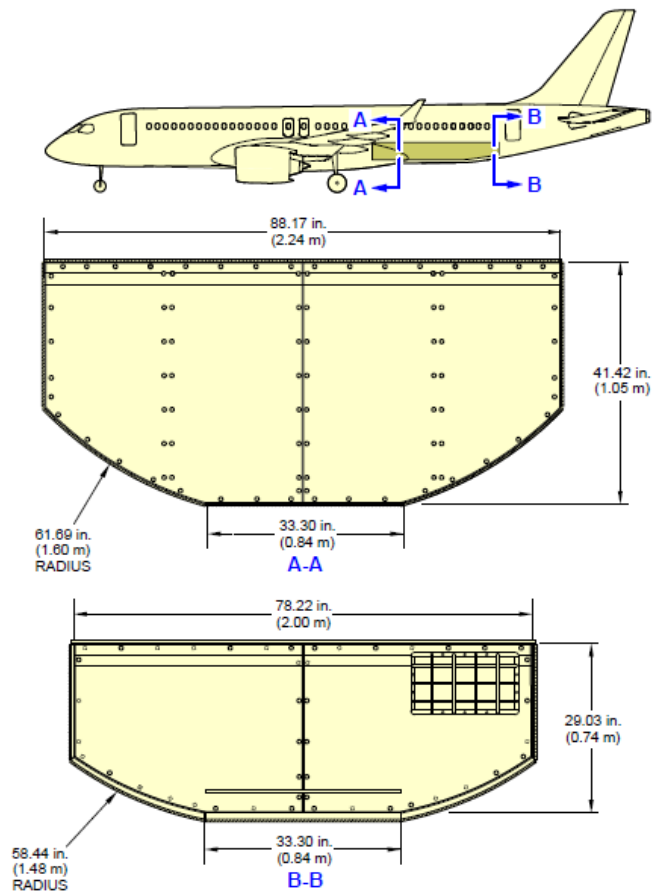


Figura 5-37. Dimensiones compartimento de carga delantero A220. (Fuente: [59])

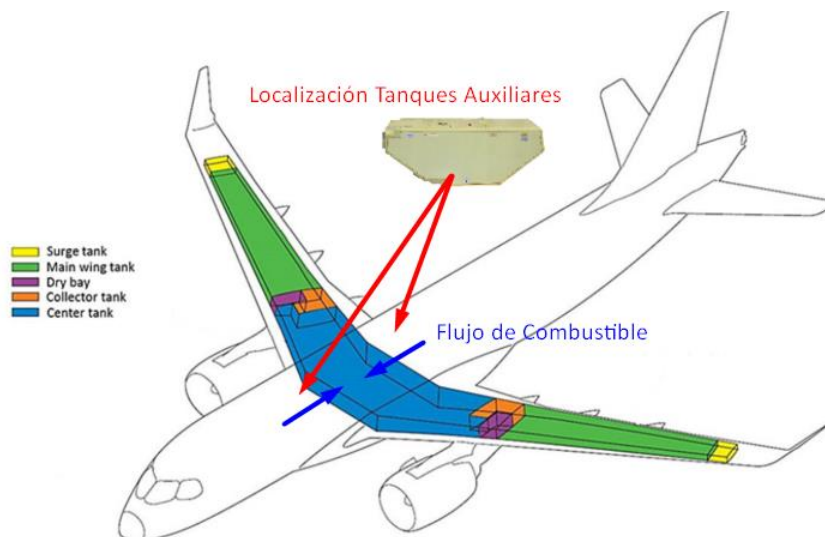


**Figura 5-38. Dimensiones compartimento de carga trasero A220. (Fuente: [59])**

Como requerimientos a pedir al fabricante, los tanques estarán contruidos de una aleación ligera de aluminio en su carcasa exterior, pero en su interior el combustible estará contenido por una vejiga interna que impide el movimiento excesivo del combustible durante el vuelo.



**Figura 5-39. Tanque auxiliar para compartimento de carga fabricado por Marshall Aerospace. (Fuente: Marshal Aerospace [64])**



*Figura 5-40. Localización tanques auxiliares de combustible.*

Es importante tener en cuenta la dinámica de utilización del combustible en este tipo de aeronaves, en las que se utiliza el combustible almacenado en los tanques centrales en primer lugar para después usar el almacenado en las alas comenzando por los tanques más cercanos al fuselaje. Los tanques auxiliares, al estar colocados en una posición más baja que los de las alas, difícilmente pueden transferir combustible gracias a la gravedad. Por ello, en el avión verde se instalarían dos bombas eléctricas (una para el tanque delantero y otra para el trasero) que generarían la suficiente presión para trasladar el combustible de los tanques auxiliares al tanque central a medida que el combustible fuera utilizado.

Los tanques irían instalados lo más cercano posible al encastre para no variar la posición del centro de gravedad, típicamente situado en este área. Atendiendo entonces a las medidas de los compartimentos de carga en sus partes más cercanas al encastre del ala con el fuselaje, cada tanque tendría una capacidad estimada de 2 m<sup>3</sup> o 2,000 litros. Esto sumaría un total de hasta 4,000 litros o 3140 kg<sup>14</sup> más de combustible, aumentando en más de un 18% la capacidad máxima del avión verde.

## 5.1.8 ATA 29 – Potencia hidráulica

### 5.1.8.1 Compuerta de bahía de bombas

#### 5.1.8.1.1 Descripción

Para posibilitar el lanzamiento de armas sin necesidad de llevarlas colocadas en pilotes subalares, es necesario modificar el fuselaje del avión verde para albergar una bahía de bombas. Ésta estará protegida por dos compuertas totalmente operables en vuelo, dentro de un rango de velocidades considerablemente más bajas que las velocidades de crucero del avión verde.

El sistema sería muy similar al instalado en el Boeing P-8 Poseidon, como puede verse en la Figura 5-41. Boeing P-8 Poseidon con bahía de bombas abierta. (Fuente: airliners.net).

<sup>14</sup> Densidad aproximada del combustible de 0.785 kg/l.



Figura 5-41. Boeing P-8 Poseidon con bahía de bombas abierta. (Fuente: airliners.net)

Los componentes adicionales del sistema del avión verde serían:

- **Compuertas móviles**
- **Actuadores hidráulicos.**
- **Unidad de control de actuadores.**
- **Panel de control de puerta de bahía de bombas situado en el cockpit.**

#### 5.1.8.1.2 Operación

El sistema se controlaría desde el panel de control, desde el cual solo se podría abrir o cerrar la compuerta. Los pilotos no deberán operar estas compuertas por encima de una velocidad límite marcada por el fabricante tras sus ensayos en vuelo. Las compuertas no tendrán ningún sistema que compruebe que esto se hace conforme a dichas limitaciones, por lo que será responsabilidad de la tripulación. El control del sistema de armas estará totalmente controlado desde las consolas de misión instaladas en la cabina.

#### 5.1.8.1.3 Modificación

Como modificaciones principales se tendría que modificar la estructura del fuselaje para la instalación de dos compuertas móviles mediante actuadores hidráulicos, que estarían integrados en el sistema hidráulico del avión verde.

Este tipo de aviones tiene típicamente tres sistemas hidráulicos (amarillo, verde y azul en la terminología utilizada por Airbus) que trabajan en paralelo y de forma independiente con sus propios reservorios y acumuladores. Los tres están presurizados por bombas dependientes de los motores de la aeronave, pero cuentan con sendas bombas eléctricas que, si bien no las reemplazan, apoyan en caso de emergencia por tiempo limitado. Además, cuentan con una serie de válvulas de prioridad (*Priority Valves* en inglés) que aíslan los sistemas esenciales del resto en caso de emergencia.

Para la operación de la compuerta de la bahía de bombas, se conectarán sus actuadores hidráulicos tanto al circuito verde como al azul, siempre aguas abajo de la válvula de prioridad y de forma paralela (la mitad de los actuadores dependerán del circuito verde y el resto del azul).

En la siguiente figura, obtenida de un manual de operaciones del Airbus A320, puede observarse una distribución típica de este sistema. Sobre esta misma ilustración puede verse dónde iría situado, de forma funcional, el sistema hidráulico dedicado a la operación de la compuerta de la bahía de bombas.

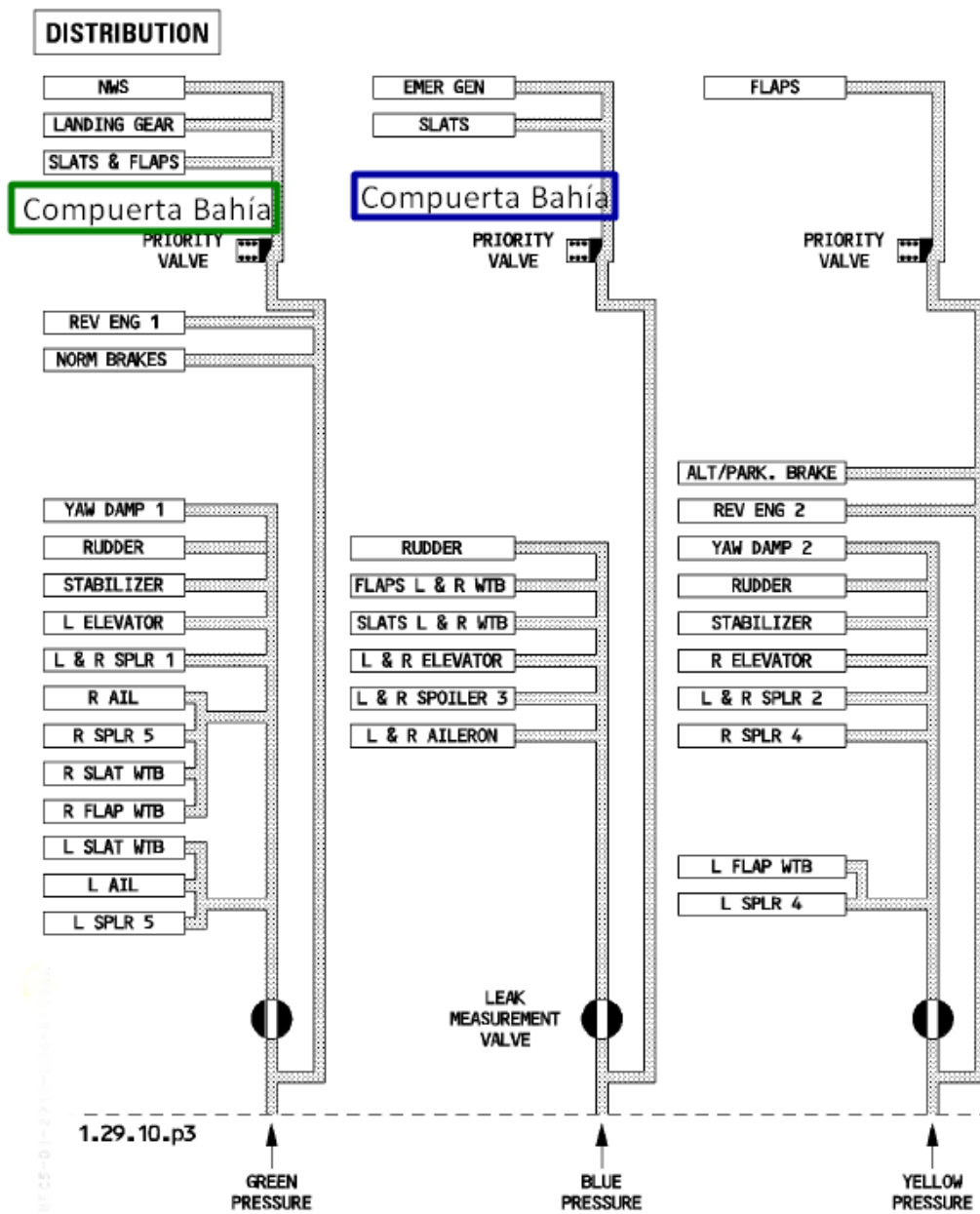


Figura 5-42. Ejemplo esquema funcional del sistema hidráulico.

## 5.1.9 ATA 31 – Sistemas de indicación y registro

### 5.1.9.1 Acceso al sistema de misión desde el cockpit

#### 5.1.9.1.1 Descripción

El sistema de aviónica *Rockwell Collins Proline 21 Advanced* preinstala las provisiones necesarias para la reproducción de señales de video en el cockpit provenientes de sistemas externos a éste. Aprovechando esta funcionalidad, y del mismo modo que se hace en el CASA C295 en versión FWSAR, se implementará una ventana interactiva dentro del abanico que tienen disponibles los pilotos para consultar cualquier tipo de información de la aeronave. Esta ventana, llamada “*Mission Window*”, estará controlada por el computador principal del FITS, que proveerá con información recabada por el sistema de misión que los pilotos podrán mostrar en sus pantallas.

Los componentes adicionales del sistema del avión verde serían:

- **Dos convertidores de video:** convierten la señal de video entre los sistemas FITS – *Rockwell Collins Proline 21 Advanced*

#### 5.1.9.1.2 Operación

Los pilotos podrán consultar casi la totalidad de la información recabada por el sistema de misión incluyendo: fotografías, videos en vivo y grabados, detecciones radar, firma radar de posibles objetivos, elementos siendo rastreados, etc.

Esto se hará con total independencia de las consolas de misión, es decir, los operadores de misión no verán mermadas sus capacidades sobre el sistema por el hecho de que los pilotos tengan acceso a su base de datos o a la señal de video en vivo capturada por el EO/IR.

Es importante dejar claro, sobre todo a los pilotos que, aunque se tenga total visibilidad sobre los sistemas de misión, desde esta ventana no tienen control de ellos, ya que solo estarán controlados desde las consolas de misión.

#### 5.1.9.1.3 Modificación

Para implementar esta función solo hará falta la instalación de dos convertidores de video, para permitir que cada piloto pueda chequear datos de diferente índole. Estos convertidores de señal de video transformarán la señal desde el formato de salida del computador de misión a uno compatible con la aviónica Rockwell Collins. En cuanto al control de dicha ventana se realizará mediante la interfaz de ethernet existente entre la aviónica y el sistema de misión. Ver Figura 5-65. Arquitectura sistema de misión FITS para más información.

### 5.1.9.2 Acceso al sistema de misión desde la sala de planificación y control de misión

#### 5.1.9.2.1 Descripción

De la misma forma que se ha hecho con los pilotos, se proveerá de esta información a los tripulantes situados en la sala de planificación y control de misión mediante una pantalla situada en dicha sala.

Esta funcionalidad será una ventaja a la hora de utilizar esta aeronave como nexo de unión con otras en el marco de una misión cooperativa, en la que una de las unidades debe llevar el mando y el control de la operación con acceso a toda la información disponible.

#### 5.1.9.2.2 Operación

Sin diferencia alguna con la operación de la “*Mission Window*” mostrada en el cockpit.

#### 5.1.9.2.3 Modificaciones

Se instalará un computador junto a la pantalla instalada capaz de transferir los controles necesarios al sistema de misión (mediante teclado y ratón) para seleccionar qué información recibida del sistema de misión es mostrada. Ver Figura 5-65. Arquitectura sistema de misión FITS para más información.

## 5.1.10 ATA 33 – Luces

### 5.1.10.1 Sistema de iluminación compatible con gafas de visión nocturna

#### 5.1.10.1.1 Descripción

Para la conversión de un avión comercial en uno destinado a operaciones militares que pueden ser encubiertas, como es el caso de una aeronave MPA, es necesario dotar a los pilotos de la capacidad de operar con un sistema de iluminación que no llamen la atención y sea compatible con gafas de visión nocturna (NVG por sus siglas en inglés de *Night Vision Goggles*), comúnmente utilizadas en este tipo de operaciones. Para ello se diferenciarán dos sistemas, el de iluminación exterior y el de interior, incluyendo este último las de la cabina de carga.

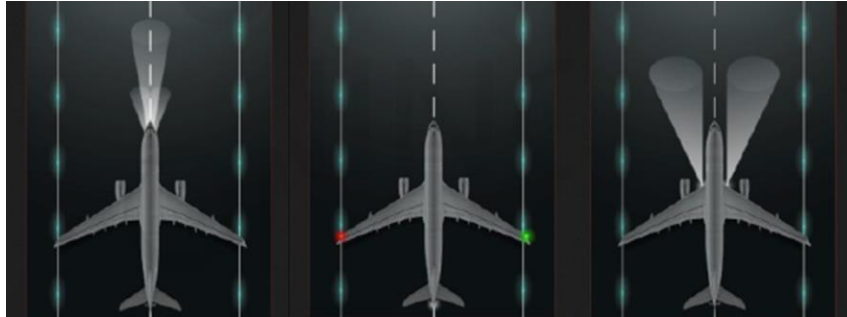


Figura 5-43. Luces de despegue y taxi, navegación y aterrizaje respectivamente

Los componentes adicionales del sistema del avión verde serían:

- Luces de navegación infrarrojas (IR por sus siglas en inglés de *Infrared*).
- Luces de aterrizaje IR
- Luces de despegue y rodadura IR (comúnmente llamado *taxi*)
- Luces de iluminación de cabina IR
- Panel de control “NVG”

#### 5.1.10.1.2 Operación

Los pilotos dispondrán de un panel de control de luces adicional, que contiene dos interruptores maestros que adaptan la iluminación exterior e interior a un modo compatible con gafas de visión nocturna.

Las luces exteriores no compatibles con el modo NVG se apagarán automáticamente y las compatibles pasarán al modo infrarrojo. En cuanto a las luces interiores, las luces que iluminan la cabina pasarán a un modo infrarrojo. El resto de iluminación no cambia, teniéndose por ejemplo que apagar manualmente las luces de lectura del cockpit.

#### 5.1.10.1.3 Modificación

Para esta modificación se instalará un panel de control con dos interruptores que activarán el modo NVG para el sistema de iluminación interna y externo.

La estructura a seguir para la modificación se detalla en la siguiente figura, mostrándose gráficamente como el hecho de activar el modo NVG desactiva las luces visibles de cabina en particular y la totalidad de las luces exteriores que pudieran estar activadas.

Nótese que este panel de control solo permite a los pilotos alternar entre modo NVG y el visible, no enciende o apaga ningún subsistema de luces que deberán estar previamente activados si se requiere de su uso.

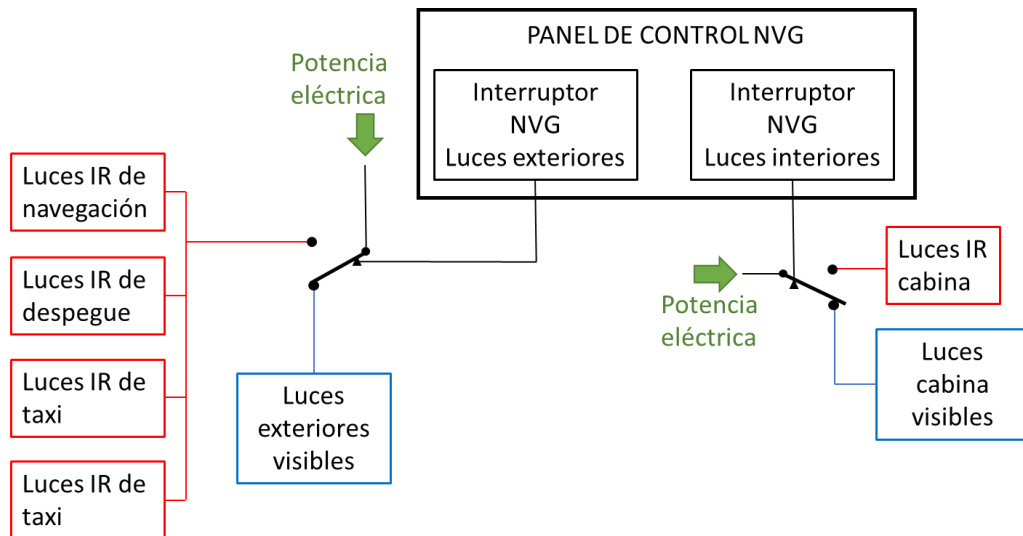


Figura 5-44. Arquitectura sistema de luces NVG

## 5.1.11 ATA 34 – Sistema de navegación

### 5.1.11.1 Sistema de transferencia de planes de vuelo entre FITS y aviónica de avión verde – FMS Militar

#### 5.1.11.1.1 Descripción

El sistema de misión, FITS, tiene la capacidad de crear, editar y guardar planes de vuelo, teniendo unas posibilidades de creación y edición de librerías de patrones de búsqueda mucho mayores que la del sistema de navegación equipado en el avión verde. Gracias a los enlaces de datos, podrá incluso recibir y enviar planes de vuelo desde estaciones en tierra u otros usuarios de la red de comunicación en la que esté conectada. La base de datos de FITS puede ser actualizada continuamente desde librerías de navegación comerciales, como por ejemplo Jeppesen, e incluso contener información táctica para uso militar.

El sistema está diseñado para que una vez la aeronave esté en el teatro de operaciones, el operador de misión denominado como Coordinador Táctico (TACCO) lidere la misión, transfiriendo planes de vuelo desde FITS hacia un FMS militar, adicional al del avión verde, que estará igualmente integrado en la aviónica Rockwell Collins. Una vez transferidos, estos planes de vuelo podrán ser volados por el sistema de piloto automático del propio avión.

Este sistema es muy efectivo en misiones militares, pero debido a que el avión debe estar certificado para volar en espacios aéreos civiles y a que se trata de una interacción entre dos sistemas con construcciones y desarrolladores diferentes, es necesario establecer varios cortafuegos en la interfaz entre ellos.

Los componentes del sistema son:

- **Dos Multi Control Display Unit (MCDU):** se trata de dos equipos con teclado alfanumérico y pantalla de visualización, donde irá instalado el software del FMS militar para evitar cualquier tipo de malfuncionamiento en el FMS civil instalado de base. Aunque este software esté instalado y pueda ser controlado desde estas MCDUs, podrá ser visualizado y controlado también desde las pantallas situadas en cockpit ya que estará integrado en la aviónica de la aeronave. Una MCDU estará instalada en el cockpit y la otra en las consolas de misión.
- **Ethernet Firewall:** se trata de un equipo situado entre el computador principal del sistema de misión y la aviónica Rockwell Collins. La función principal es la de “filtrar” todos los comandos enviados desde el sistema de misión para evitar comandos no estipulados en el protocolo de comunicación estipulado, evitando así cualquier tipo de error de software en un equipo vital para la aeronave como es el sistema de navegación.



- **Panel de control de transferencia de planes de vuelo:** mediante este panel situado en el cockpit, los pilotos podrán permitir la transferencia de planes de vuelo por parte del TACCO hacia el sistema de navegación. De esta forma los pilotos podrán elegir entre la transferencia automática o manual, en la cual se requiere una confirmación desde el cockpit para completar la transferencia.

#### 5.1.11.1.2 Operación

La operación se basa en que el operador, se entiende en este caso por operador al escuadrón o fuerza aérea, establecerá unos criterios mínimos para que la transferencia de planes de vuelo entre el sistema de misión y la aviónica del avión sea permitida.

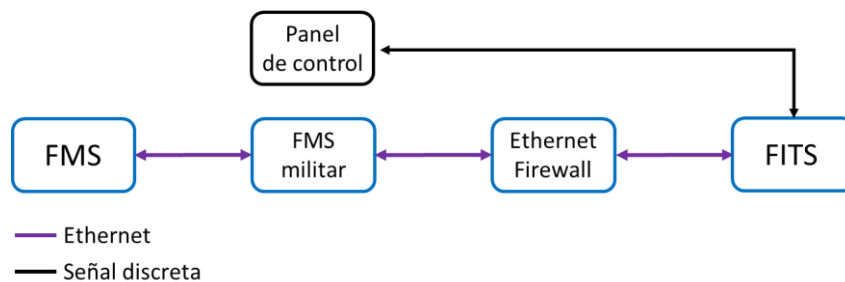
Además de que el panel de control de transferencia de planes de vuelo tenga seleccionado un modo de transferencia manual o automático, el sistema puede estar típicamente configurado para que se necesite que el piloto automático esté conectado o que el piloto no esté introduciendo o manipulando sus planes de vuelo.

Mediante un indicador disponible tanto en las pantallas del cockpit como en las consolas de misión, los pilotos y operadores de misión serán plenamente conscientes del estado del enlace entre ambos sistemas.

#### 5.1.11.1.3 Modificación

En este caso es necesario poner en contexto que el FMS se trata de un software instalado en el sistema de aviónica en este avión en concreto. El hecho de que exista un sistema de misión con software desarrollado por AIRBUS, como es el FITS, y que tenga interacción con sistemas del fabricante de la aviónica hace necesario la instalación del Ethernet Firewall entre ellos.

En el siguiente diagrama de bloques se visualiza las nuevas conexiones ethernet a añadir entre el FITS, el Ethernet Firewall y la aviónica del sistema.



*Figura 5-45. Diagrama de bloques FITS-Aviónica*

Además, sería necesario instalar una línea desde el sistema FITS hasta el panel de control de transferencia de planes de vuelo para la señal discreta que tendrá 4 valores a transmitir: Desactivado, Manual y Automático.

Por último, el sistema de navegación necesita de varias fuentes de datos de navegación por cuestiones de redundancia. A pesar de contar con un sistema de navegación dedicado, contará con una conexión ARINC 429<sup>15</sup> para la recepción de datos de posición, altitud barométrica, temperatura exterior, altura, etc. Estos datos estarán integrados en el sistema de misión, siendo totalmente consultables y utilizables a voluntad del TACCO.

En la Figura 5-65. Arquitectura sistema de misión FITS de la página 124 quedan ilustradas estas interfaces anteriormente comentadas.

<sup>15</sup> ARINC 429 (Aeronautical Radio Inc.) es un estándar que determina las características que se precisan para llevar a cabo intercambios de datos dentro de muchos sistemas de aviónica de aeronaves comerciales y de transporte.

### 5.1.11.2 Sistema de navegación híbrido (Inercial / GPS) dedicado al sistema de misión

#### 5.1.11.2.1 Descripción

Dada la demanda de datos de navegación existente por el sistema FITS y los sensores integrados en éste, se decide instalar un sistema de navegación híbrido (Inercial / GPS), de ahora en adelante llamado EGI (por sus siglas en inglés de *Embedded GPS Inertial Navigation System*).

Las funciones del EGI son:

- Envío de datos precisos de navegación y actitud al radar de búsqueda para obtener posiciones de objetivos y para estabilizar la antena del propio radar.
- Proporcionar la posición precisa de la aeronave (datos de navegación) y los datos de actitud al sistema FITS.

Los componentes de este sistema son:

- **Módulo del EGI**
- **Antena GPS**

Las interfaces del EGI con el resto del sistema son mostradas en la Figura 5-65. Arquitectura sistema de misión FITS y pueden resumirse en: bus de datos militar MIL-STD-1553B para transferencia de información relativa a la navegación, conexión mediante cable coaxial con la antena GPS y señal discreta *Pulse Per Second* (PPS) directa al radar para proporcionarle de datos de tiempo de integración para mantener la sincronización entre ambos equipos a la hora de situar objetivos detectados por el radar.

#### 5.1.11.2.2 Operación

Este equipo redundante sólo podrá ser utilizado por el sistema de misión. Estará controlado (principalmente encendido, alineado o apagado) desde las consolas de misión y no será accesible desde el sistema de aviónica del avión verde. De esta forma los operadores de misión podrán utilizar la información relativa a la navegación proveniente del EGI o de los sistemas de aviónica ya instalados en el avión verde, aunque estos últimos estarán estrictamente controlados por los pilotos.

#### 5.1.11.2.3 Modificación

Además de la instalación del módulo del EGI en los armarios de misión mostrados en la sección Cabina en configuración base MPA (página 90), será necesario instalar una antena de recepción de señal GPS en la parte superior del fuselaje. La localización exacta de esta antena puede encontrarse en la Figura 5-65. Arquitectura sistema de misión FITS.

### 5.1.11.3 Sistema de identificación Amigo Enemigo

#### 5.1.11.3.1 Descripción

La plataforma base lleva instalados la mayoría de modos de uso civil que este módulo IFF incluye, pero al ser necesaria la integración de los modos militares al que deben tener acceso pilotos y sobre todo operadores de misión, se instala un módulo independiente que no estará integrado en la aviónica y solo será consultable a través de las MCDUs instaladas para esta versión.

#### 5.1.11.3.2 Operación

El sistema será controlado desde cualquier de las dos MCDUs instaladas en cockpit y consola de misión. Desde ésta podrán ajustar el modo operacional en el que operar, así como introducir los códigos transmitidos en los modos 1, 2, 3/a y S. Además, el módulo IFF podrá ser cargado con las claves de encriptación para aquellos modos que lo requieran, claves que sería eliminadas mediante el panel *crypto zeroide* antes mencionado. Los pilotos contarán con un panel de control en el cockpit que les permitirá conocer si la identificación de otras aeronaves ha sido correcta.

Este equipo es capaz de operar en diferentes modos, hay que tener en cuenta que estos modos están estandarizados y son comunes entre aeronaves para su total compatibilidad:

- Modo 1: Modo militar para tipo de aeronave y misión.
- Modo 2: Modo militar para identificación de aeronave (matrícula).
- Modo 3/A: Modo civil/militar con fines de control de tráfico aéreo, cada código de 4 cifras se corresponde con una situación concreta asociada.
- Modo C: Modo civil para altitud barométrica.
- Modo S: Modo civil selectivo que permite establecer enlaces con un número de vuelo en concreto con fines de control de tráfico aéreo.
- Modo 4: Modo militar cifrado.
- Modo 5: Modo militar equivalente al modo S.

### 5.1.11.3.3 Modificación

El equipo interrogador/transpondedor irá instalado bajo el piso de la aeronave, concretamente en la bahía de aviónica con el resto de sistema de navegación de avión verde. Las interfaces serán con el sistema de alimentación eléctrica a 28 VDC, con MCDUs, panel de control *crypto zeroide* y el AMS para alertas sonoras (sin canal asociado, son siempre reproducidas por seguridad en los auriculares de pilotos y altavoces de cabina a un volumen preestablecido).

Para el correcto funcionamiento del IFF será necesario instalar una antena en la parte superior del fuselaje y otra en la inferior como puede verse en la Figura 5-4. Configuración de nuevas antenas instaladas en A220 AIM2S (MPA + ASW + C4ISR).

## 5.1.12 ATA 35 – Oxígeno

### 5.1.12.1 Sistemas de suministro de oxígeno adicionales

#### 5.1.12.1.1 Descripción

Los sistemas de suministro de oxígeno proporcionan un nivel adecuado de este a la tripulación y pasajeros a cualquier altitud durante situaciones de emergencia en las que la altitud de cabina equivalente<sup>16</sup> sea mayor a los 8,000 pies y por la presencia de humo, gases tóxicos o fuego.

Este tipo de aeronaves lleva instalado tres sistemas de suministro de oxígeno:

- **Sistema de oxígeno fijo para pilotos:** en el lado izquierdo del A220 se encuentra un tanque que

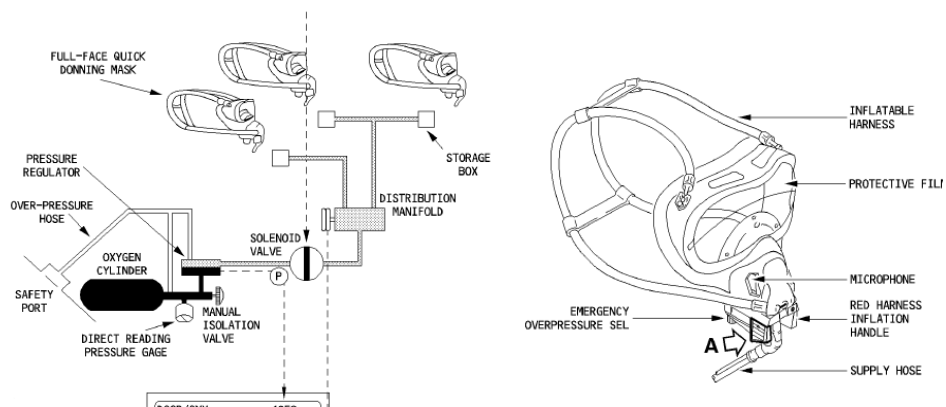


Figura 5-46. Sistema de oxígeno fijo de tripulación del A320. (Fuente: Airbus)

<sup>16</sup> Durante un vuelo normal el sistema de presurización se encarga de mantener unos niveles de presión y oxígeno en el aire similares a los encontrados en altitudes donde el aire sea respirable y no comporte riesgos para el ser humano.

puede almacenar hasta un total de 2180 L de oxígeno<sup>17</sup> a una presión de 1850 psi en condiciones normales [59]. Gracias a un regulador de presión y a una serie de máscaras de colocación rápida que cubren el rostro completo del usuario, se suministra una mezcla de oxígeno y aire (oxígeno puro en caso necesario) a los pilotos.

- **Sistema de oxígeno fijo para pasajeros:** en este caso el oxígeno no se lleva a bordo, sino que en caso necesario es producido mediante una reacción química. Existen equipos junto con 3 o 4 mascarillas repartidos por toda la cabina y en lugares estratégicos como el *galley*. Su duración no es superior a 15 minutos, suficiente para alcanzar un nivel de vuelo donde el aire sea respirable y poder resolver la emergencia.

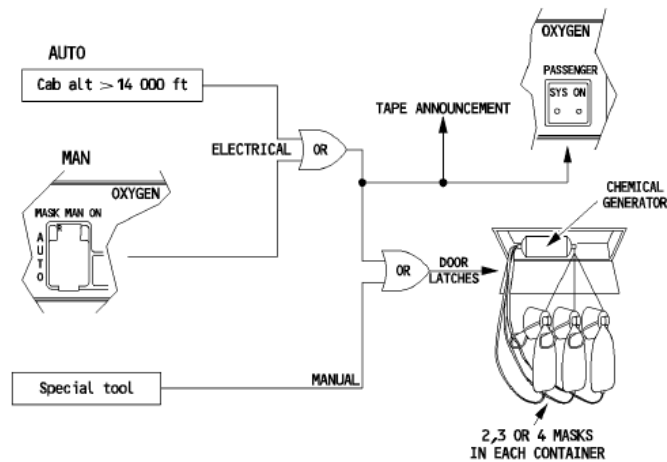


Figura 5-47. Sistema de oxígeno fijo de cabina del A320. (Fuente: Airbus)

- **Sistema de oxígeno portátil:** estos sistemas compuestos por una botella contenedora de oxígeno y una máscara con regulador, o un peto ignífugo con capucha en cuyo interior se produce la generación de oxígeno, permiten la respiración de la tripulación en los desplazamientos a través de la cabina de carga durante una emergencia, así como el suministro de oxígeno al pasaje con fines terapéuticos.

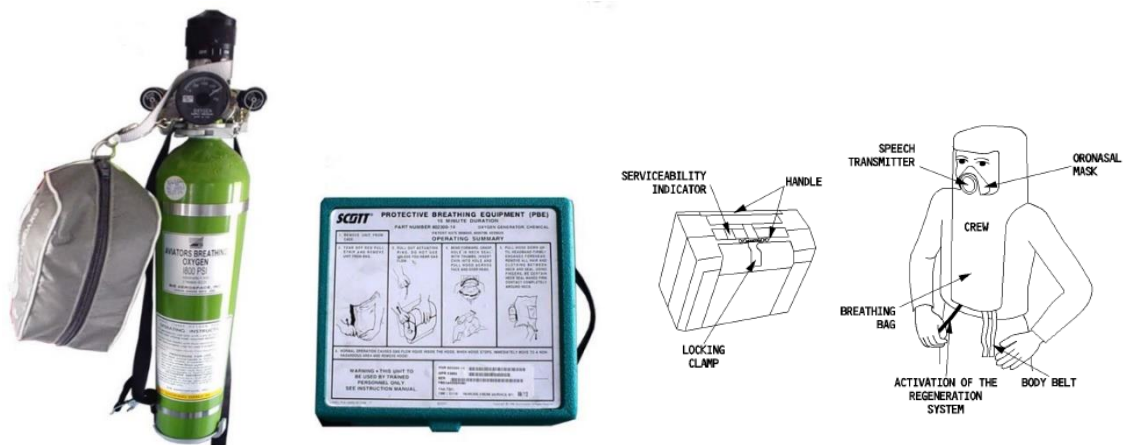


Figura 5-48. Ejemplo de sistema de oxígeno portátil

Estos tres sistemas serán mantenidos, pero deben ser completados teniendo en cuenta que la tripulación se verá incrementada en al menos 5 personas, tres operadores de misión situados en las consolas y dos observadores. Este número se incrementa en el caso de instalar kits que incluyen consolas adicionales.

<sup>17</sup> El dato de la capacidad de oxígeno se presupone que es provisto por Airbus en el caso de oxígeno gaseoso, siendo el volumen ocupado por la botella contenedora instalada en la aeronave mucho menor a estos más de dos metros cúbicos.

Los componentes a instalar serán:

- Modificación del sistema de oxígeno fijo para tripulación: se incluye una botella/tanque adicional.
- Nuevas máscaras y puntos de conexión rápida: estarán conectadas al sistema de oxígeno fijo existente para la tripulación.
- Nuevos puntos con botellas de oxígeno portátil y máscara.
- Nuevos puntos con equipos protectores de respiración portátiles.

#### 5.1.12.1.2 Operación

Los sistemas instalados son operados de la misma forma que los ya existentes en la aeronave, por lo que son operados de forma idéntica. En caso de emergencia los operadores de misión se pondrán la máscara y seleccionarán el modo de suministro entre normal (mezcla de aire y oxígeno a demanda del usuario) o 100% oxígeno en función de la situación. Además, tendrán la posibilidad de activar el modo de emergencia en el que la máscara suplente directamente con el 100% de oxígeno a presión eliminando el humo que pudiera existir dentro de la máscara. En el caso de los pasajeros no se presenta diferencia alguna a comentar.

Los dispositivos portátiles serán utilizados cuando sea necesario el movimiento dentro de la cabina para, por ejemplo, apagar un fuego o inspeccionar un equipo en concreto fuera del alcance del usuario. Las botellas portátiles no equipan máscaras de cara completa, por lo que el equipo protector deberá ser utilizado en caso de fuego, humo o fuga de fluido que hagan necesario dicha protección.

#### 5.1.12.1.3 Modificación

En este caso se va a presentar la distribución de estos equipos en una cabina con los tres kits instalados (MPA, ASW y C4ISR). En el caso de existir más o menos asientos de pasajeros, así como para la sala de planificación y control de misión, no será necesario ninguna modificación gracias a la procedencia de avión de transporte de pasajeros de esta plataforma que ya incluye de base un sistema dedicado.

Como puede verse en la siguiente ilustración se instalarán:

- Una toma de oxígeno fijo y máscara para cada consola y puesto de observador.
- Ocho conjuntos de máscara y botella portátil de oxígeno.
- Cuatro equipos portátiles de protección y respiración.



- Puertas avión verde
- Contenedor balizas, botes fumígenos y bengalas
- Contenedores de almacenamiento
- Armarios de misión
- Asiento pasajeros
- Estación de observador
- Máscara y toma de oxígeno al sistema fijo de tripulación
- Máscara y Botella portátil de oxígeno
- Equipo portátil de protección y respiración

*Figura 5-49. Modificaciones en el sistema de oxígeno*

De esta forma el sistema de oxígeno está totalmente dimensionado y proporcionado a la tripulación que llevará a bordo en operaciones de carácter militar.

Añadir que, en el caso de equiparse con Unidades de Transporte de Pacientes en cuidados intensivos, el suministro de oxígeno no formaría parte de estos sistemas ya que estaría incluido en el equipamiento de estas unidades debidamente certificadas para volar de forma segura.

## 5.1.13 ATA 43 – Comunicaciones tácticas

### 5.1.13.1 Sistema de comunicación de voz por radio, satélite e inalámbrico

#### 5.1.13.1.1 Descripción

Como se ha definido en el apartado Sistema de comunicaciones, navegación, vigilancia y de gestión de tráfico aéreo embarcados de la página 72, los siguientes equipos de telecomunicaciones serán instalados:

- Dos equipos de radio V/UHF
- Un equipo de radio HF
- Un equipo de comunicación por satélite (Inmarsat)
- Sistema de comunicaciones inalámbrico (WIS)
- Dos equipos de encriptación para el sistema de comunicaciones seguras
- Un equipo de búsqueda direccional (*Direction Finder – DF*)

#### 5.1.13.1.2 Operación

Los equipos serán energizados al mismo tiempo que el resto de sistemas de comunicación, desde el cockpit y alimentando los sistemas de aviónica.

El control de los equipos en cuanto a sintonización, claves de encriptado y modos de operación se realizaría por medio de las pantallas del cockpit mediante el software de la aviónica (del mismo modo que con el resto de radios de avión verde) en el que se simula una *Multi Control Display Units* (MCDU por sus siglas en inglés) o mediante las propias MCDUs instaladas en cockpit y consola de misión. Ver Sistema de transferencia de planes de vuelo entre FITS y aviónica de avión verde – FMS Militar en página para más información sobre las MCDUs.



Figura 5-50. Ejemplo de MCDU instalada en Airbus A320. (Fuente: Airbus)

Además, el cockpit estará equipado con un panel de control (típicamente llamado *crypto zeroide*) con un selector que permitirá a los pilotos borrar todas las claves de encriptado cargadas en el sistema en caso de emergencia, como podría ser una situación de captura por parte del enemigo.

En el caso del sistema WIS, los miembros de la tripulación que porten uno de los intercomunicadores tendrán en el propio equipo controles para su encendido, apagado, selección de canal y ajuste de volumen.

#### 5.1.13.1.3 Modificación

Los equipos antes mencionados serán instalados en la bahía de aviónica de avión verde en lugar de los armarios de misión. De esta forma se facilitará la instalación de nuevos mazos eléctricos para alimentar a los equipos con 28VDC y la conexión de éstos al AMS, las MCDUs y la aviónica *Rockwell Collins Proline 21 Advanced*.

Cada equipo cuenta con una antena dedicada, a excepción del WIS que no la necesita al ser para comunicación interna y estarán situadas en la parte superior o inferior del fuselaje en función de sus necesidades como se muestra en la Figura 5-4. Configuración de nuevas antenas instaladas en A220.

En el caso del WIS se instalará en uno de los armarios del *galley* delantero una base de carga que, además de servir para el estibaje de cada intercomunicador, servirá para cargar su batería mientras no estén en uso.

### 5.1.13.2 Sistema de enlaces de datos

#### 5.1.13.2.1 Descripción

Como se ha definido en el apartado Enlace de datos de la página 73, los siguientes equipos de telecomunicaciones serán instalados:

- *Multifunctional Information Distribution System (MIDS) (Link 16)*
- *Link-11*
- SATCOM Inmarsat
- Sistema de enlace de datos de banda ancha (*Wide Band Datalink – WBDL*)

#### 5.1.13.2.2 Operación

Estos enlaces de datos serán tratados como un sensor más del sistema de misión, estarán integrados en FITS y tendrán su interruptor correspondiente de encendido y apagado en el panel de control de sensores de las consolas de misión. En concreto estos controles estarán situados en las consolas de misión por el TACCO o la consola dedicada a la gestión de enlaces de datos que es equipada en el kit C4ISR.

Gracias al SATCOM Inmarsat será posible el envío y recepción de información táctica y archivos entre el sistema de misión FITS y el equipo de apoyo en tierra. En el sistema FITS existirá una herramienta para gestionar la transferencia de estos elementos. En cuanto a los sistemas Link 11 y 16, serán controlados desde su consola dedicada para la coordinación y fusión de información recabada por cada uno de los actores de la operación. El sistema WBDL servirá para la difusión del video en alta definición que esté siendo capturado en vivo por el sensor electro-óptico.

#### 5.1.13.2.3 Modificación

Cada uno de los equipos irán instalados en los armarios de misión y alimentados con 28 VDC. En cuanto a las antenas correspondientes y su localización, son detalladas en la Figura 5-4. Configuración de nuevas antenas instaladas en A220 AIM2S (MPA + ASW + C4ISR).

## 5.1.14 ATA 48 – Sistema de repostaje de combustible en vuelo

### 5.1.14.1 Sistema de repostaje en vuelo universal (UARRSI)

#### 5.1.14.1.1 Descripción

Mediante este sistema que consiste en un receptáculo de combustible estandarizado y situado sobre el cockpit del avión, es posible realizar un repostaje en vuelo por un avión tanquero equipado con pértiga, como puede ser el A330 MRTT fabricado por Airbus. De esta forma es posible ampliar el alcance y la autonomía de la aeronave en operaciones en las que sea necesario.



*Figura 5-51. A330 MRTT repostando a un AWACS mediante el sistema UARRSI. (Fuente: Airbus)*

#### 5.1.14.1.2 Operación

El proceso de repostaje en vuelo es controlado por los pilotos desde un panel de control dedicado situado en el cockpit, desde el cual podrán controlar la apertura de la compuerta que da acceso al receptáculo.

#### 5.1.14.1.3 Modificación

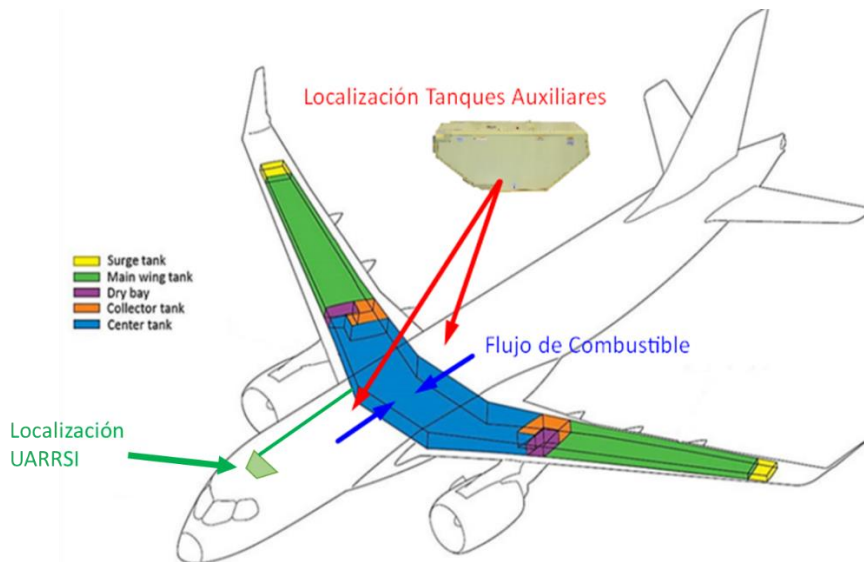
Será necesario la instalación del receptáculo universal UARRSI en la parte superior del fuselaje, así como una línea de combustible desde éste hasta el tanque de combustible central. Los pilotos, mediante el sistema de combustible del avión verde podrán redistribuir este combustible entre el resto de tanques de la aeronave en función de las necesidades de peso y centrado en ese momento.



*Figura 5-52. Detalle del receptáculo UARRSI recibiendo combustible mediante sistema de pértiga*

No es necesaria la instalación de bombas de combustible para la línea de abastecimiento, ya que es el sistema de repostaje del avión tanquero el encargado de transferir el combustible a una presión adecuada. En cualquier caso, el receptáculo en sí cuenta con sistemas de protección frente a la sobrepresión en la línea de abastecimiento de combustible en caso de fallo por parte del avión tanquero, así como de válvula antirretorno impidiendo el flujo de combustible en el sentido inverso al deseado. A su vez, el avión verde cuenta de por sí con sistemas de protección frente a eventos de sobrepresión o sobrellenado.





*Figura 5-53. Arquitectura sistema de reabastecimiento en vuelo*

## 5.1.15 ATA 53 – Fuselaje

### 5.1.15.1 Bahía de bombas

#### 5.1.15.1.1 Descripción

La principal diferencia entre aviones MSA y MPA es la capacidad de atacar objetivos, por ello en este avión está proyectado para operar el armamento descrito en la sección Armamento (página 128). Una forma de llevar armamento a bordo sin aumentar la resistencia al aire y la firma radar frente al enemigo, es alojarlas dentro de una bahía de bombas en el interior del fuselaje mediante puntos de anclaje controlados en conjunto desde el cockpit y el sistema de misión.



*Figura 5-54. Bahía de bombas de Boeing P-8 Poseidon con bodega de armas abierta durante la instalación de torpedo MK-54. (Fuente: Mallory Burton en Youtube.com)*

#### 5.1.15.1.2 Operación

La operación de la compuerta es tratada en la sección ATA 29 – Potencia hidráulica (página 103).

El sistema de armas deberá ser controlado mediante dos paneles de control a instalar en la cabina y en la consola de misión del TACCO, de esta forma será necesaria la cooperación de la tripulación para el armado y lanzamiento. Además, se podrá utilizar el sistema FITS para monitorear el punto de lanzamiento y de alcance al objetivo.

Existirá una opción llamada *Jettison* a disposición de los pilotos, que permitirá que éstos se desprendan de todo el armamento cargado en cualquiera de los pilones en caso de emergencia, como por ejemplo un aterrizaje forzoso.

#### 5.1.15.1.3 Modificación

En primer lugar, será necesario realizar una modificación en los compartimentos de carga, concretamente en el posterior, para utilizar parte de este espacio para la bahía. Ésta quedará fuera del sistema de presurización como área no presurizada, de esta forma la bahía será operativa a cualquier altitud, con la única limitación de velocidad propia de la apertura de la compuerta. Esa modificación no afectará a la capacidad de carga de un depósito adicional de combustible como se ha tratado en la sección Sistema tanques auxiliares de combustible (página 100).

La razón de instalar la bahía de bombas más próxima al ala es la de acercarla al centro aerodinámico de ésta, con el objetivo de eliminar posibles momentos desestabilizantes como consecuencia del lanzamiento de cargas pesadas en pequeño espacio de tiempo como ocurre en el caso del armamento. El depósito de combustible, en cambio, aunque también presentaría una diferencia de peso a medida que se desarrolla la misión, tiene la ventaja de que esta diferencia se produce en un periodo de tiempo relativamente largo y en el que se conoce el ritmo al que el combustible es consumido a lo largo del tiempo.

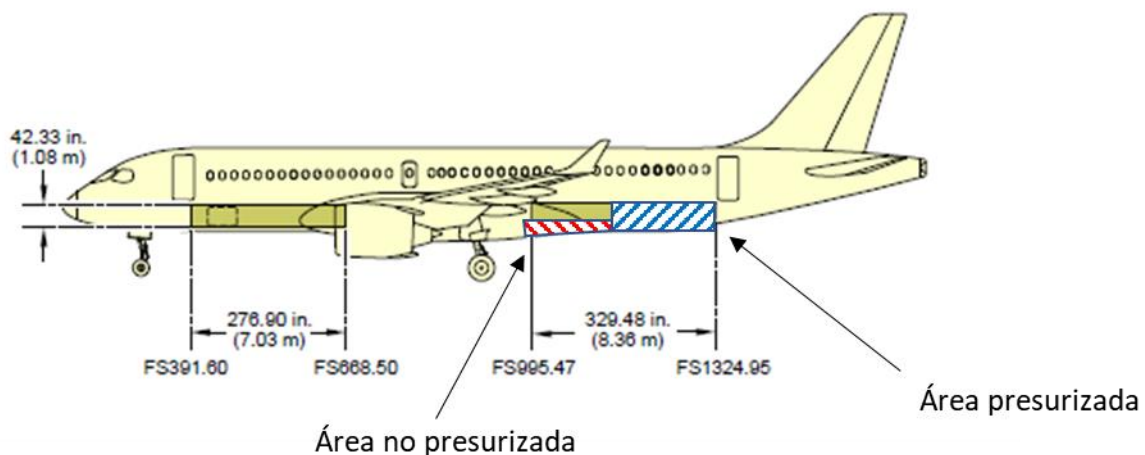


Figura 5-55. Modificación en compartimentos de carga para el alojamiento de la bahía de bombas

Esta modificación ha sido diseñada y estudiada con anterioridad por Airbus en los últimos años, en los que ha presentado en varias ocasiones la posibilidad de convertir una aeronave de la familia A320 en versión MPA, por lo que no entrañaría mayor dificultad dada la similitud entre estos modelos y el A220.

En la siguiente figura puede apreciarse un ejemplo de cómo la bahía de carga podría ser modificada.

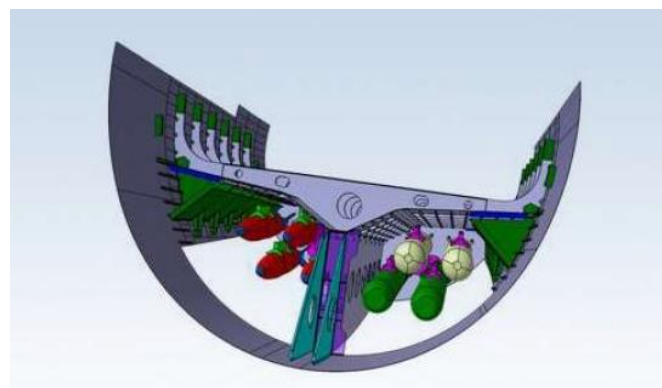


Figura 5-56. Bahía de bombas proyectada por Airbus para el A319 MPA. (Fuente: [64])

En el caso del A220, se instalarían cuatro estaciones para armas individuales de forma análoga al Boeing P-8 Poseidon, prescindiendo del punto duro central por dos motivos: limitar el peso en armamento que pueda ser cargado e instalar el refuerzo estructural central diseñado por Airbus como puede verse en Figura 5-56.



Figura 5-57. Detalle bahía de bombas del Boeing P-8 Poseidon. (Fuente: Rami Khanna-Prade en Flickr)

## 5.1.16 ATA 54 – Góndolas / Pilonos

### 5.1.16.1 Pilonos bajo ala para armamento

#### 5.1.16.1.1 Descripción

Un punto duro es una ubicación en una célula diseñada para transportar una carga externa o interna. Esto incluye una estación en el ala o fuselaje de una aeronave donde se puede montar un motor a reacción externo, municiones, contramedidas o armamento. Para complementar las capacidades ofensivas ganadas con la bahía de bombas, se van a instalar tres pilones en sendos puntos duros bajo cada plano.

Gracias a estos pilones, el anclaje de cada arma aumentará en la menor medida posible la resistencia al aire y proveerá a la tripulación del control para el armado y lanzamiento del arma. Serán desmontables y deberán estar diseñados conforme al estándar militar MIL-STD-8591<sup>18</sup> que dotan de capacidad de interoperabilidad de armamento entre las naciones OTAN.



Figura 5-58. Ejemplo de punto duro con pilón desmontado (parte izquierda de la imagen) y pilón montado a la espera de armamento (parte central de la imagen)

<sup>18</sup> MIL-STD-8591, DEPARTMENT OF DEFENSE DESIGN CRITERIA: STANDARD AIRBORNE STORES, SUSPENSION EQUIPMENT AND AIRCRAFT-STORE INTERFACE



*Figura 5-59. Instalación de misil Harpoon en pílón del Boeing P-8 Poseidon*

#### 5.1.16.1.2 Operación

La operación será llevada a cabo de la misma forma que con el armamento localizado en la bahía de bombas.

#### 5.1.16.1.3 Modificación

Sin realizar cambios en la estructura del ala, será necesario la instalación de seis células de anclaje, tres en cada semiala. Para corroborar que no es necesario ningún tipo de refuerzo estructural adicional será necesario la ejecución de pruebas mediante modelos numéricos en las etapas de diseño, como puede ser el desarrollado por Félix Arévalo Lozano en su trabajo “AEROELASTICIDAD DE UNA AERONAVE EN PRESENCIA DE NOLINEALIDADES ESTRUCTURALES CONCENTRADAS”. [65]

Tras validar los resultados sería necesario realizar ensayos en vuelo que confirmaran el comportamiento previsto. En este caso, Airbus no es pionera por lo que podrá utilizar su experiencia y conocimiento adquiridos en los programas Eurofighter y C295 desarrollado para la Armada Chilena.



*Figura 5-60. Desarrollo de pruebas en vuelo del C295 para misil instrumentalizado (izquierda) y torpedo MK-46 para la versión chilena (derecha). (Fuente: Airbus)*

## 5.1.17 ATA 56 – Ventanas

### 5.1.17.1 Ventanas de tipo burbuja para observadores

#### 5.1.17.1.1 Descripción

Una de las diferencias claras entre aeronaves dedicadas al transporte de pasajeros y las dedicadas a labores militares es que, en estas últimas el factor del confort del pasajero pasa a un segundo plano, más aún si esto permite mejorar las capacidades de la aeronave.

Las ventanas de la cabina de pasajeros serán eliminadas con el objetivo de disminuir el peso de la aeronave, mejorar la visibilidad de las pantallas en las consolas de misión, aumentando la concentración de la tripulación y disminuir las posibilidades de ser detectado visualmente en condiciones de baja luminosidad exterior.

Por último, se instalarán dos ventanas de tipo burbuja sin posibilidad de apertura, gracias a las cuales los miembros de la tripulación con rol de observadores, podrán desempeñar su tarea de vigilancia y toma de imágenes con mayor ergonomía.

#### 5.1.17.1.2 Operación

Las ventanas no tendrán ningún tipo de control más allá del sistema de anti condensación explicado en la sección Sistema anticondensación en burbuja de observadores (página 84) y las conexiones para cámaras fotográficas y marcadores de posición MOT tratadas en ATA 93 – Vigilancia.

#### 5.1.17.1.3 Modificación

Todas las ventanas de la cabina serán eliminadas para eliminar el peso del refuerzo estructural de cada ventana, quedando fuselaje totalmente limpio, a excepción de las ventanas de observadores, como puede verse en la siguiente fotografía del Boeing P-8 Poseidon.



Figura 5-61. Fotografía del Boeing P-8 Poseidon sin ventanas de pasajeros

La ventana tipo burbuja será instalada a cada lado de la aeronave en la posición mostrada en la figura Figura 5-62. Localización de ventanas tipo burbuja. Éstas serán similares a las que el fabricante, Airbus, ya lleva instaladas en la versión FWSAR para la Fuerza Aérea Canadiense del C295, mejorando en tamaño y visibilidad a las de sus predecesores.

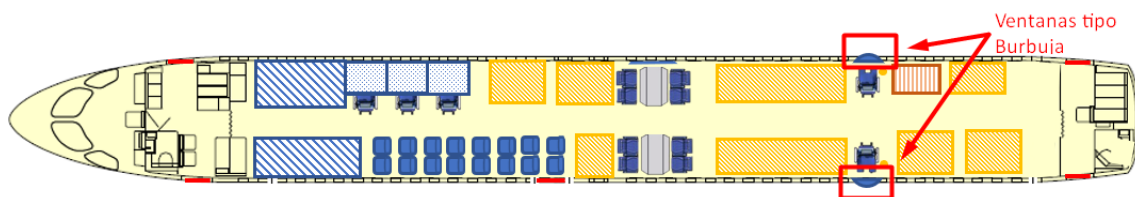


Figura 5-62. Localización de ventanas tipo burbuja



*Figura 5-63. Detalle de ventana de tipo burbuja en el C295 versión FWSAR*

## 5.1.18 ATA 93 – Vigilancia

### 5.1.18.1 Sistema de misión y sensores integrados

#### 5.1.18.1.1 Descripción

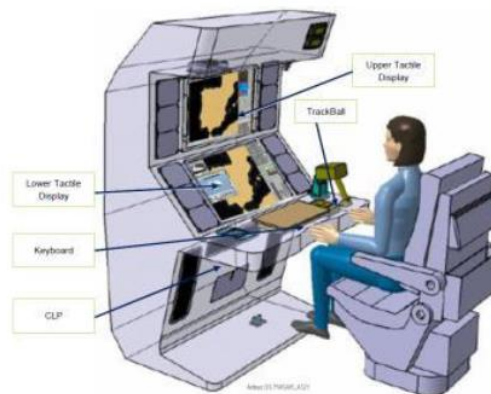
Como ya se ha explicado en la sección Gestión de datos de misión de la página 72, el sistema táctico de misión instalado por Airbus (FITS) proporciona a los operadores la información y capacidades de control de sensores y periféricos, actuando además como interfaz con otros sistemas de aeronaves, que proporcionan los medios para el cumplimiento de la misión.

El sistema FITS y cada sensor han sido descritos en las secciones Gestión de datos de misión y Sensores de misión (páginas 72 y 73 respectivamente).

#### 5.1.18.1.2 Operación

El sistema de misión controlado por hasta 5 consolas (el número exacto dependerá de los kits que equipe la aeronave), cada una con dos pantallas de 24 pulgadas táctiles, teclado y ratón de bola (*trackball*). Cada una de las consolas permite controlar cada sensor, además de fusionar y compartir la información recabada en cada una de ellas.

Estará conectado al sistema de aviónica Rockwell Collins para el traspaso de planes de vuelo y ofrecer la posibilidad a los pilotos de consultar la información táctica recabada en tiempo real, así como el video recogido por el sensor electro-óptico. El sistema cuenta con un software que permite la integración del control y la información recabada por un vehículo no tripulado.



*Figura 5-64. Ejemplo de consola de misión. (Fuente: Airbus)*

#### 5.1.18.1.3 Modificación

El sistema de misión instalado es complejo, por ello para facilitar la explicación de los cambios a realizar en cuanto a interconexión entre equipos, todos los sensores y equipos periféricos al sistema FITS son tratados como *Line Replaceable Unit* (LRU). Una LRU no es más que un equipo diseñado para ser reemplazado directamente en caso de problemas en su funcionamiento, con el objetivo de continuar la operación del avión mientras son reparadas fuera de éste. La gran mayoría de los equipos que se van a enumerar a continuación lo son, y desde el punto de vista del mantenimiento y de las modificaciones tratadas en este trabajo es algo que simplifica y clarifica el trabajo a realizar a alto nivel.

Que sean tratados como LRUs permite que cada equipo de misión quede totalmente definido mediante su localización, sus necesidades de alimentación eléctrica, sus interfaces con otros equipos y el tipo y número de antenas que necesitan.

La localización de estos equipos, salvo que se diga lo contrario, serán los armarios de misión situados en la cabina. Respecto a la localización de los elementos instalados en el fuselaje, como puede ser el caso de las antenas o la torreta del EO/IR, será descrita en este apartado y mostrada en la Figura 5-4. Configuración de nuevas antenas instaladas en A220 AIM2S (MPA + ASW + C4ISR).

#### ***Sistema Integrado de Misión - FITS***

- Localización: Todos sus equipos se encuentran en los armarios de misión a excepción de las consolas y sus computadores, que se encuentran en la cabina como se muestra en la sección ATA 25 – Equipamiento y acondicionamiento interior (página 90).
- Interfaces: El hecho de ser un sistema integrador de sistemas hace necesario que soporte varios tipos de interfaces, tanto digitales como analógicas.
  - El sistema FITS recibe información de navegación y comunicaciones provenientes de la aviónica y sistemas de comunicación del avión verde.
  - En cuanto a las interfaces con el resto de equipos de misión se muestran en la siguiente figura y sus funciones están detalladas en la descripción de cada equipo o sensor.

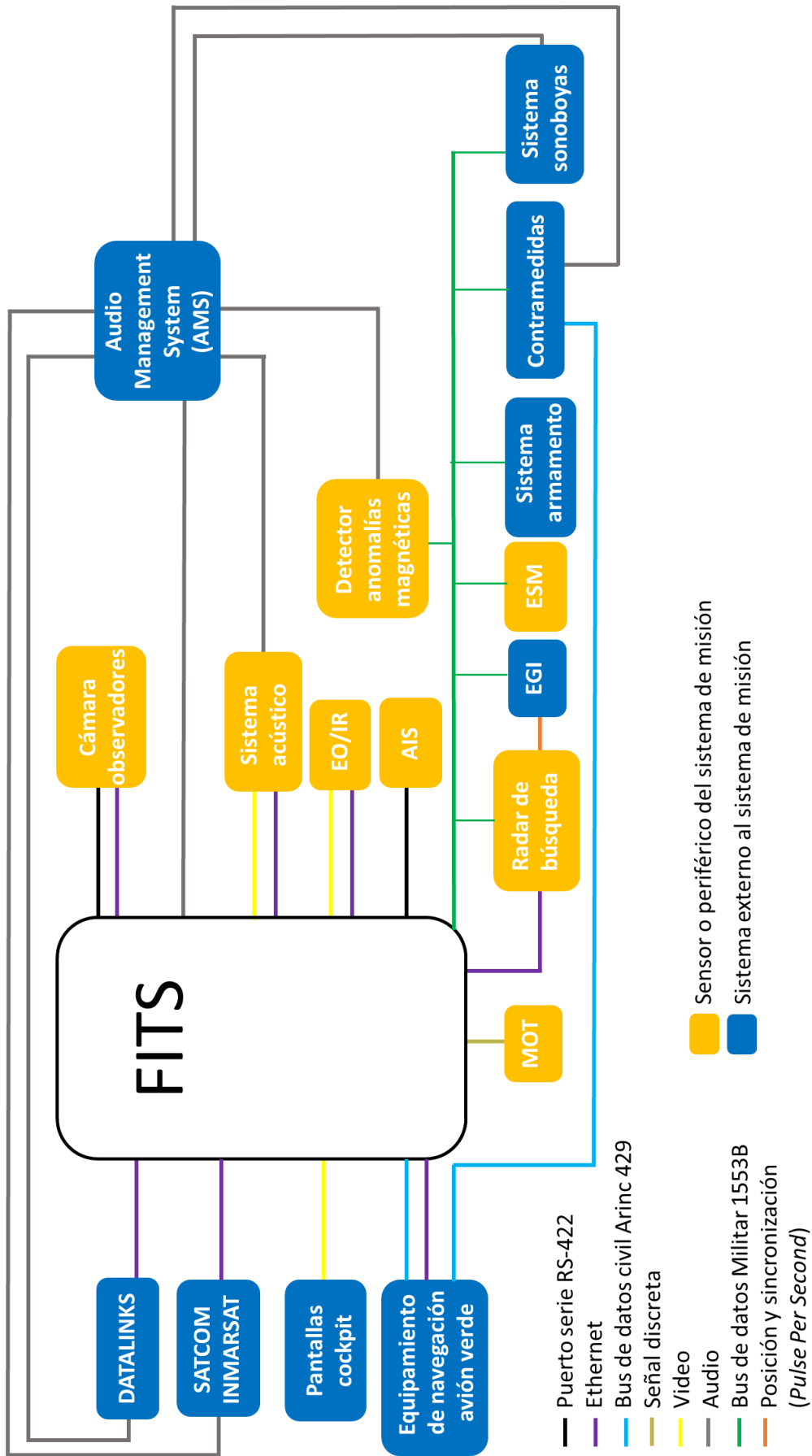


Figura 5-65. Arquitectura sistema de misión FITS



### ***Pulsadores Mark On Top (MOT):***

- Localización: Se encontrará un panel pulsador MOT en el cockpit, en cada consola de misión y en cada puesto de observador.
- Interfaces: Señal discreta al FITS, cuando es pulsado el sistema FITS detecta de qué pulsador exactamente viene la orden y anota las coordenadas del avión, la hora y el autor de la orden (pulsador en cockpit, puesto de observadores o consolas de misión).

### ***Conexión para cámara fotográfica para los observadores con el sistema de misión***

- Localización: Un panel de conexiones ethernet y puerto serie en cada puesto de observador. Toma de corriente para carga de baterías o alimentación de cámara.
- Suministro eléctrico: 200 VAC a 50 Hz
- Interfaces: Puerto serie para la anotación de la hora y las coordenadas del avión en el momento de la fotografía o vídeo y ethernet para la transferencia de imágenes al sistema de misión.

### ***Radar de Búsqueda ELTA ELM-2022***

- Componentes: Equipos encargados de procesar, transmitir y recibir la señal y antena transmisora y receptora que trabaja en banda X.
- Localización: Armarios de misión a excepción de la antena, situada en la parte inferior del fuselaje y protegida por un radomo.
- Suministro eléctrico: 28VDC y 115 VAC a 400 Hz
- Interfaces: Ethernet al FITS para su control y transferencia de datos recabados por el radar, bus de datos MIL-STD-1553B B para la recepción de datos de navegación desde el EGI y señal PPS con el propio EGI para labores de sincronización.
- Antenas: La antena con capacidad de rotación 360° y encargada de transmisión y recepción en banda X cuya banda está definida entre 8.2 y 12,4 GHz (peligrosa para el ser humano a distancias cortas de la antena). La antena está conectada con los equipos de los armarios de misión mediante guías de ondas.



***Figura 5-66. Detalle de antena del radar ELTA ELM-2022 instalada en el C295 versión FWSAR. (Fuente: Airbus)***

### ***Torreta multispectral electroóptica e infrarroja (EO/IR) MX-20***

- Localización: Los equipos encargados del tratamiento de imágenes y responsables de los modos de seguimiento automático y detección de objetos en movimiento se encontrarán en los armarios de misión. En cuanto a la torreta, de la misma forma que en el Boeing P-8 Poseidon, ésta estará situada bajo el fuselaje de la aeronave, que mediante un sistema eléctrico podrá ser retraída y situada dentro de éste en las fases del vuelo donde no vaya a ser utilizada. Esta funcionalidad es de una gran importancia dada las velocidades que puede alcanzar un avión a reacción frente a un turbohélice, donde suele ser instalada en el morro de forma permanente. La antena GPS estará situada en la parte superior del fuselaje.

- Suministro eléctrico: 28 VDC
- Interfaces: Ethernet al FITS para el control del sensor por parte de los operadores y dos canales de vídeo en alta definición capturado a la vez por dos de los múltiples sensores del sensor, siendo elegidos por el operador en todo momento.
- Antenas: Una antena GPS dedicada a sistema de navegación GPS/Inercial interno.



*Figura 5-67. Un marino de la US Navy explica a marinos de la Armada japonesa el sistema retráctil de la torreta situada bajo el fuselaje del P-8. (Fuente: US Navy)*

#### ***Sistema de identificación automática de embarcaciones (AIS)***

- Localización: Armarios de misión excepto las antenas. La antena GPS irá situada en la parte superior del fuselaje y la VHF en la parte inferior.
- Alimentación eléctrica: 28 VDC
- Interfaces: Puerto serie RS-422 al sistema FITS para transferencia de datos y recepción de comandos por parte de los operadores.
- Antenas: Antena GPS para posicionamiento y VHF para detección de transpondedores AIS.

#### ***Detector de anomalías magnéticas (MAD)***

- Localización: Armarios de misión a excepción del detector en sí, situado en el interior de una cápsula en la cola de la aeronave, sobre el escape de la APU.
- Alimentación eléctrica: 28VDC y 115 VAC a 400 Hz
- Interfaces: Bus de datos MIL-STD-1553B B para transferencia de datos de navegación, comandos y detecciones al FITS y conexión de audio con el AMS para alertas acústicas en caso de detecciones.
- Antenas: Cabeza detectora de anomalías magnéticas y magnetómetro vectorial para medición de campo magnético terrestre relativo a la orientación de la aeronave.



Figura 5-68. Detalle de localización del MAD en Boeing P-8I (Versión India). (Fuente: airliners.net)

### **Sistema de detección acústica**

- Localización: Equipos localizados en armarios de misión a excepción del receptor/transmisor de sonoboyas localizado en la cola de la aeronave.
- Alimentación eléctrica: 28VDC y 115 VAC a 400 Hz
- Interfaces: Ethernet y señal de video con el sistema FITS para transferencia de comandos e información sobre detecciones además de señal de audio con el AMS para reproducir el sonido detectado por las sonoboyas.
- Antenas: El sistema receptor/transmisor de sonoboyas opera mediante antenas V/UHF.

### **Medidas de soporte electrónico (Electronic Support Measures – ESM)**

- Localización: Equipos localizados en armarios de misión a excepción de las antenas que estarán repartidas en ambos lados del fuselaje.
- Alimentación eléctrica: 28VDC y 115 VAC a 400 Hz
- Interfaces: Ethernet y señal de video con el sistema FITS para transferencia de comandos e información sobre detecciones además de señal de audio con el AMS para reproducir el sonido detectado por las sonoboyas.
- Antenas: Ocho antenas dedicadas al sistema ESM con un rango de operación de 2 a 18 GHz.



Figura 5-69. Detalle de localización de antenas ESM en Boeing P-8 similar al A220 MPA. (Fuente: airliners.net)

## 5.1.19 ATA 94 – Armamento

### 5.1.19.1.1 Descripción

El A220 MPA podrá ser equipado con diferentes tipos de armamentos en función de las necesidades de la misión. Dicho armamento estará embarcado en la bahía de bombas o en los pilones situados bajo el ala. En la sección Armamento (página 73) se enumeran los diferentes torpedos y misiles que podrían operar.

Aunque es una temática de la cual existe poca información que pueda usarse como referencia, la información encontrada sobre la operación de lanzamiento y en qué consistirán las modificaciones para permitir el transporte de estas armas ha sido tratado en las secciones Bahía de bombas (página 117) y Pilones bajo ala para armamento (página 119).

### 5.1.19.1.2 Operación

Ver secciones Bahía de bombas y Pilones bajo ala para armamento.

### 5.1.19.1.3 Modificación

Ver secciones Bahía de bombas y Pilones bajo ala para armamento.

## 5.1.20 ATA 99 – Guerra electrónica y autodefensa

### 5.1.20.1.1 Descripción

Un activo táctico y tecnológico como es un avión de estas características suele ser un objetivo claro para enemigos, es por ello que es importante la instalación de medidas de autoprotección frente amenazas. De nuevo la información disponible sobre estos sistemas es escasa, en su mayoría ha sido expuesta en la sección Sistemas de autodefensa (página 74).

El sistema de medidas de soporte electrónico (ESM) podría clasificarse como un sistema de guerra electrónica y autodefensa, pero se ha decidido tratar en el ATA 93 a ser un sensor integrado en el sistema FITS. En cualquier caso, los siguientes equipos componen el sistema de autodefensa de la aeronave compartiendo con el ESM las antenas de éste y trabajando de forma conjunta en todo momento.

Los sistemas que irán instalados son:

- Dispensador de contramedidas (*CMDS*)
- Sistema de control de ayudas de defensa (*DACS*)
- Sistema Alertador de Misiles (*MWS*)
- Receptor de advertencia de láser (*LWR*)

### 5.1.20.1.2 Operación

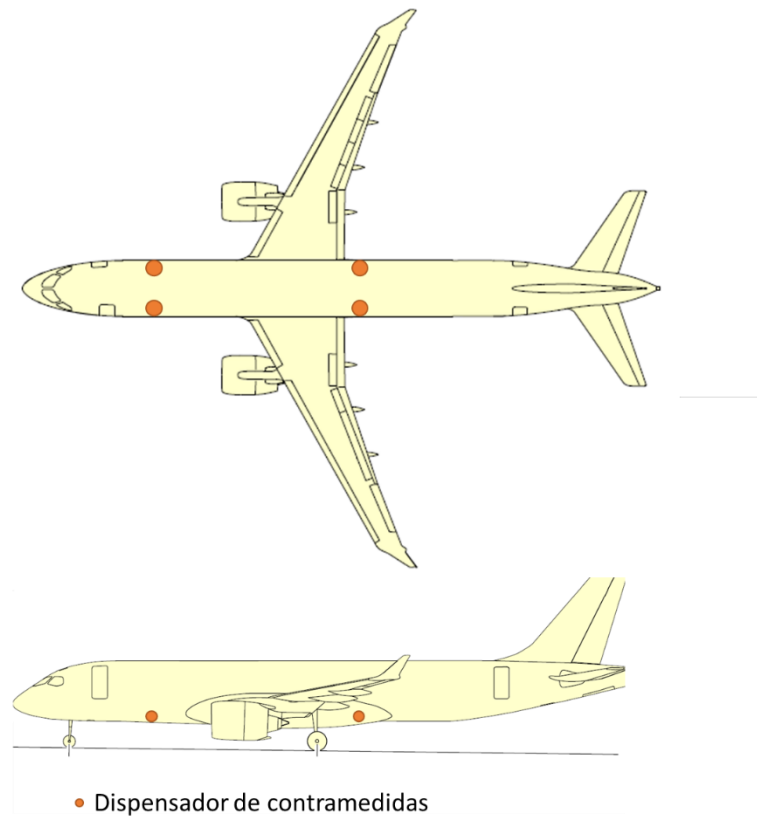
Los sistemas de autodefensa serán operados por los pilotos mediante un panel de control situado en el cockpit, además existirá un panel indicador de azimut para alertar de la procedencia de las amenazas respecto a la posición del avión. Existirán alertas acústicas en el cockpit para cierto tipo de amenazas detectadas

### 5.1.20.1.3 Modificación

Estos equipos irán instalados en los armarios de misión, a excepción de los elementos que van situados en el fuselaje. La interfaz con el sistema de misión será el bus de datos militar MIL-STD-1553B.

La localización de las antenas del ESM (que comparte con el resto de sistemas de autoprotección) puede verse en la Figura 5-69. Detalle de localización de antenas ESM en Boeing P-8 similar al A220 MPA. (Fuente: [airliners.net](http://airliners.net)).

Los dispensadores de contramedidas (*CHAFF & FLARES*) pueden localizarse en la siguiente figura.



**Figura 5-70. Localización de dispensadores de contramedidas**

Una vez construida la primera unidad de esta aeronave, será necesaria la realización de vuelos de prueba para descartar cualquier tipo de problemas de interferencia en la trayectoria de los señuelos metálicos antirradar y bengalas para sensores de búsqueda térmicos, consiguiendo así su certificación.



**Figura 5-71. Airbus A400M español usando el sistema de contramedidas. (Fuente: [www.lacroix-defense.com/](http://www.lacroix-defense.com/))**



# 6 PROCESO DE TRANSFORMACIÓN

En este capítulo se abordará el proceso de transformación de una aeronave Airbus A220 en un A220 MPA versión AIM2S. Este proceso cubre desde que el modelo base sale de la planta de producción, hasta que se entrega al cliente la versión militar ya certificada para volar con plenas facultades.

Para entender las diferencias entre el proceso de producción de un modelo nuevo y la transformación de un modelo ya existente, es útil entender primero el camino a seguir para la producción de un nuevo modelo desde cero.

- Diseño en oficinas de diseño y centros de ingeniería.
- Producción de todos los componentes de forma descentralizada. Cada uno de los componentes se fabrica en centros especializados por áreas de conocimiento.
- Transporte de grandes partes preensambladas hacia un centro centralizado donde proceder al ensamblaje.
- Línea de ensamblaje final (FAL por sus siglas en inglés de *Final Assembly Line*) y pruebas funcionales
- Vuelos de prueba y certificación
- Entrega a cliente

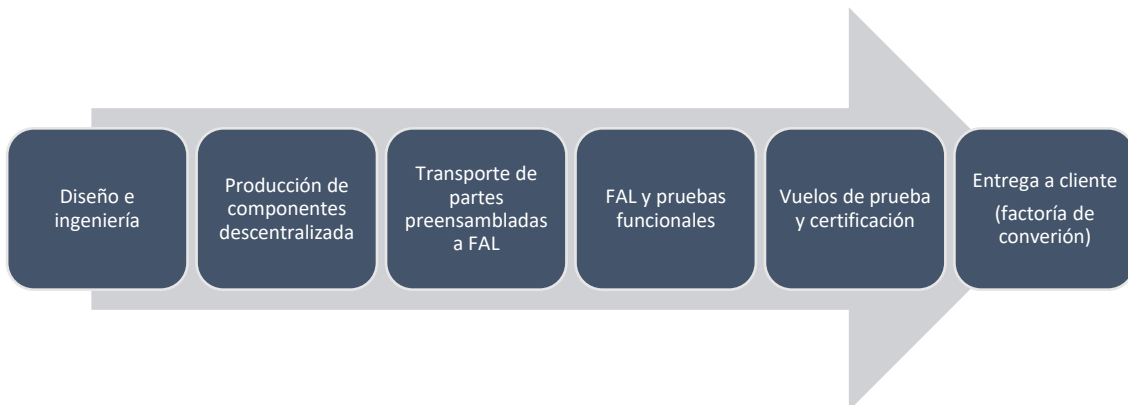


Figura 6-1. Proceso fabricación nuevo modelo de aeronave de transporte de pasajeros. (Fuente: Airbus.com)

## 6.1 Estimación de tiempos proceso de transformación

En este caso el proceso de transformación comienza donde acaba el de fabricación de avión verde. Incluso se realiza una entrega a cliente simulada, aunque en este caso el cliente sea de carácter interno, ya que es necesario que la aeronave se entregue con las mismas capacidades y garantías de aeronavegabilidad que el resto de unidades.

Una vez terminada, ésta es transportada desde la factoría donde haya sido entregado hasta el centro donde la conversión en avión de patrulla marítima vaya a darse. Hay que tener en cuenta que en el capítulo anterior se han clasificado y desglosado las modificaciones a realizar sobre el avión verde por ATAs. Sin embargo, el hecho de que una modificación pertenezca al ATA 93, equipos de vigilancia, no quiere decir que no comporte cambios en otros ATAs, como por ejemplo los cambios estructurales necesarios para asegurar los equipos situados en los armarios de misión.

El proceso a seguir para llevar a cabo la conversión puede dividirse en seis pasos según el tipo de modificación que vaya a realizarse (ver Figura 6-2. Proceso de conversión del A220 en avión de patrulla marítima). Esta división de tareas está basada en el proceso de conversión del avión de transporte de

pasajeros Airbus A330 en avión tanquero para repostaje en vuelo, denominado A330 MRTT. [66]

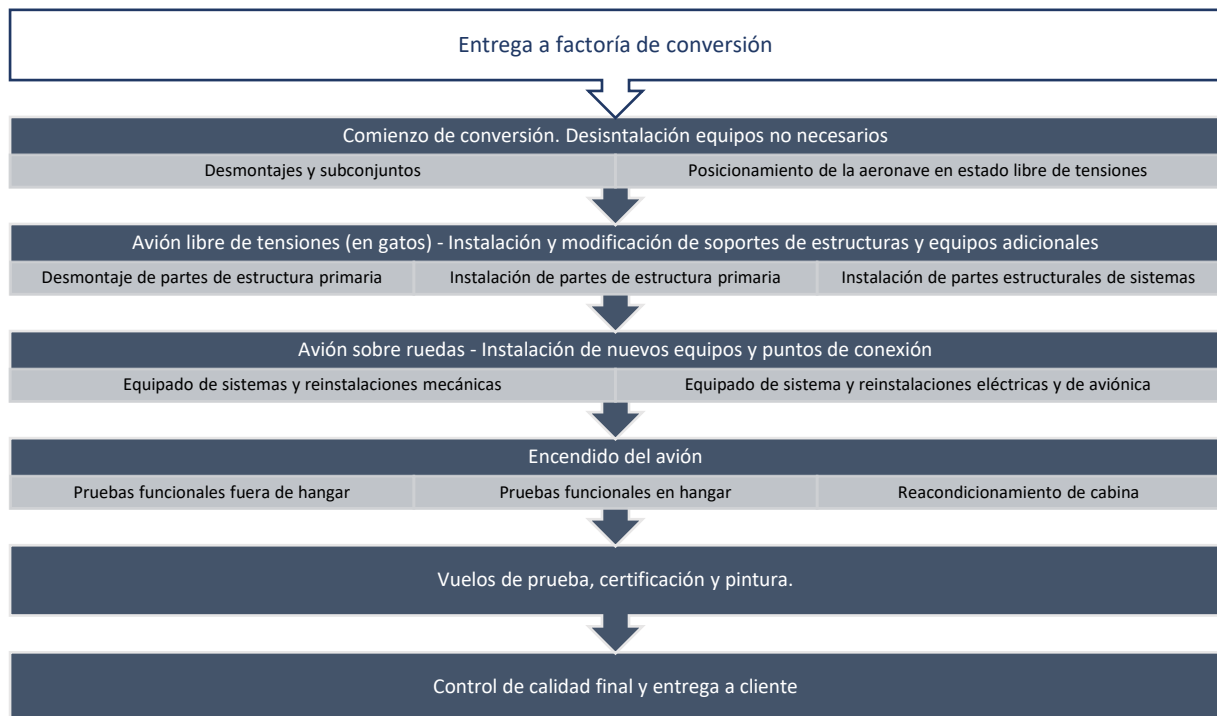


Figura 6-2. Proceso de conversión del A220 en avión de patrulla marítima

La Figura 6-3. Diagrama de Gantt del proceso de transformación, muestra el tiempo de dedicación previsto para cada una de las tareas o actividades y el solape existente entre ellas. El proceso completo se estima en un total de 200 días de trabajo que, teniendo en cuenta el calendario laboral de la factoría de trabajo de Airbus situada en Sevilla San Pablo Sur a modo de ejemplo, se transformaría en un total de 41 semanas naturales.

Para este ejemplo, se ha tomado como día de entrada del avión verde a la factoría e inicio del proceso de transformación el 3 de agosto del año 2020, con lo que según los plazos estimados el avión con configuración AIM2S sería entregado al cliente el 25 de mayo de 2021.

El proceso cuenta con cuatro hitos importantes, marcados con una estrella en el diagrama de Gantt, que por orden de aparición se corresponden con los siguientes eventos:

- Avión libre de tensiones: Se entiende por condición de “*stress free*” o avión en estado libre de tensiones a la situación en la que las cargas y deformaciones sobre la estructura debidas a cargas estáticas son mínimas. Mediante gatos neumáticos y mecánicos, se persigue colocar la aeronave de forma que su geometría sea lo más cercana posible a la de diseño, de esta forma se reducen al máximo las cargas y deformaciones locales producidas durante el proceso de la transformación que impactarían sobre elementos estructurales.
- Avión sobre tren de aterrizaje: Se abandona la condición de *stress free*, apoyando la aeronave sobre su tren de aterrizaje en el suelo del hangar para el resto del proceso.
- Encendido del avión: En este punto la aeronave es “energizada”, proporcionándole de corriente eléctrica para la realización de las siguientes fases de la transformación y pruebas funcionales en interior y exterior del hangar.
- Entrega a cliente: A partir de este hito se realiza la transferencia de la aeronave tras la cual ésta deja de ser responsabilidad del fabricante y pasa a pertenecer al cliente.

Como en todo programa de producción, a medida que se van construyendo más unidades y aprendiendo lecciones, el proceso es optimizado con el objetivo de reducir el tiempo total empleado desde la recepción de avión verde hasta la entrega al cliente. [67]



Proyecto de transformación A220 MPA Versión AIMZS

Airbus  
Manuel Concepción Megía

Men: 3/9/2020  
1

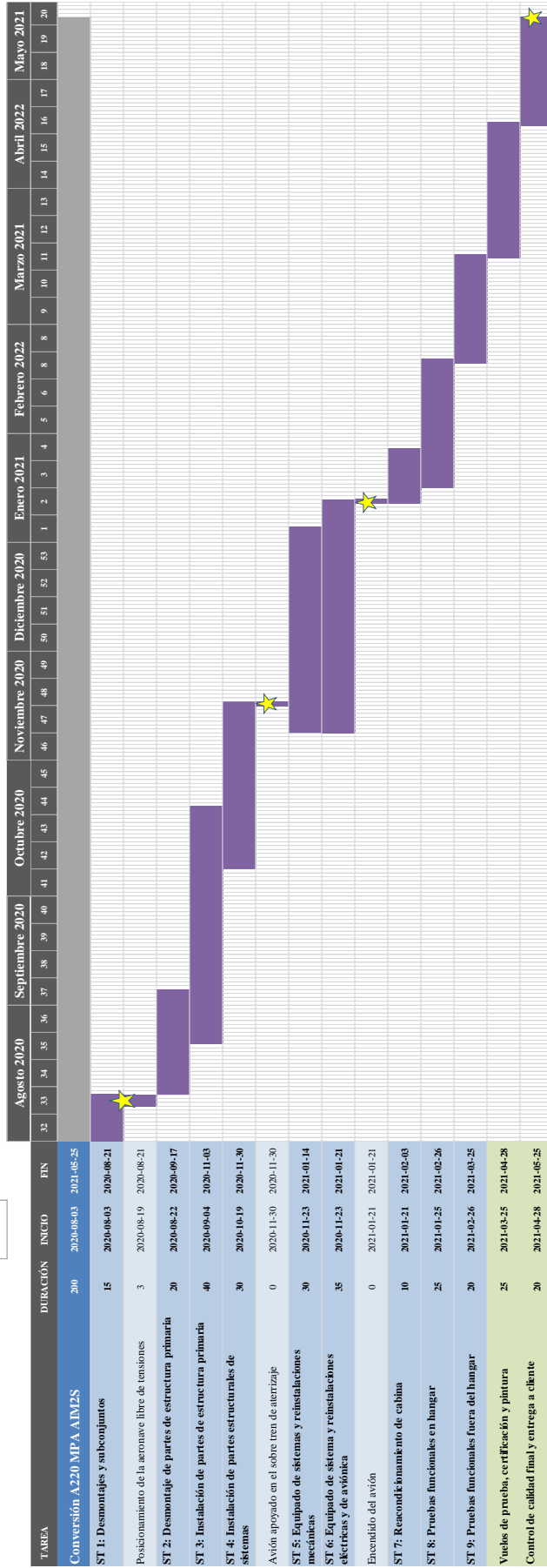


Figura 6-3. Diagrama de Gantt del proceso de transformación

## 6.2 Normativa aeronavegabilidad y certificación

La certificación es una obligación regulada para todas las aeronaves, sus motores y hélices. El fin de este proceso es la obtención de un certificado que permite operar a la aeronave con seguridad sin limitación en ninguna de sus capacidades.

En aviación comercial, el hito con el que se concluye un proceso de certificación es la obtención de un Certificado de Tipo (TC por sus siglas en inglés de *Type Certificate*), documento emitido por una entidad reguladora que garantiza la aeronavegabilidad de un diseño para la fabricación de una aeronave. En aviación militar, en cambio, existen varios caminos para lograr que una aeronave pueda ser operada dentro de la regulación existente. Por ejemplo, para unidades diseñadas y fabricadas explícitamente para uso militar, sin estar basadas en ningún modelo existente, el camino más lógico es el de obtener la Certificación Militar expedida por la autoridad nacional competente, en España es el Instituto Nacional de Tecnología Aeroespacial (INTA).

En el caso de este trabajo, donde se utiliza una plataforma base que cuenta con un Certificado de Tipo vigente otorgado por una autoridad civil, el camino más corto es diferente. A grandes rasgos, el primer paso sería el de obtener un Suplemento al Certificado de Tipo (STC por sus siglas en inglés de *Supplemental Type Certificate*) por la autoridad civil, que contemplaría las modificaciones hechas sobre el modelo base para volar sin operar los sistemas militares. El segundo paso sería la obtención de una Certificación militar que, apoyado en el Certificado de Tipo y el Suplemento al Certificado de Tipo, legitime el diseño de la aeronave, haciendo especial hincapié en la operación segura de los sistemas militares que no pueden ser certificados mediante la regulación civil. Gracias al TC y STC, el proceso de obtención de la Certificación Militar sería mucho más ágil que partiendo de cero.



Figura 6-4. Requisitos de certificación para el A220 MPA en versión AIM2S

A continuación, se detalla cada paso a seguir en el caso de la transformación del A220 en un modelo de patrulla marítima como es el A220 MPA en versión AIM2S.

## 6.2.1 Certificado de Tipo

El proceso de certificación cubre el proceso completo de desarrollo de una nueva aeronave, incluyendo varias fases:

- Revisión detallada del diseño
- Revisión de pruebas y participación en laboratorio
- Revisión de la prueba y participación en vuelos (diseñado para tener en cuenta modificaciones a realizar a la luz de los resultados)
- Operadores de aeronaves (estrechamente involucrados en la definición del diseño, desarrollo e introducción del servicio)

Las autoridades competentes de cada jurisdicción geográfica controlan el proceso de certificación. Los dos sistemas de certificación más importantes el de las regulaciones FAR 25 para los Estados Unidos y JAR 25 (*Joint Aviation Requirements*) para Europa.

Cada autoridad tiene derecho a exigir condiciones específicas y, aunque sus regulaciones son análogas en la práctica, un fabricante de aeronaves siempre debe planificar de antemano la certificación por parte de los países importadores.

El Certificado de Tipo va seguido del Certificado de aeronavegabilidad, documento que autoriza las operaciones de aeronaves debidamente registradas en ciertos países o regiones si se ajustan su diseño de tipo.

En el caso del Airbus A220 la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA por sus siglas en inglés de *European Union Aviation Safety Agency*), responsable de hacer cumplir las JAR 25 en el territorio europeo, tiene otorgado un Certificado de Tipo a la compañía Airbus Canada Limited Partnership [60] sobre el diseño del A220 serie 100 y el A220 serie 300, el modelo usado en este trabajo.



Figura 6-5 Portada del Certificado de Tipo del A220 serie 300. (Fuente: [60])

## 6.2.2 Suplemento al Certificado de Tipo

En el caso de realizarse modificaciones al diseño ya certificado, ya sea de tipo menor o cambios mayores como pueden ser la alteración del fuselaje o ala y así su superficie aerodinámica, es necesario la obtención de un Suplemento al Certificado de Tipo, permitiéndose así crear una variante sin necesidad de obtener un nuevo Certificado de Tipo con el consiguiente ahorro de costes.

Por lo tanto, será necesario realizar una segunda campaña de certificación con el modelo convertido en avión de patrulla marítima con el objetivo de obtener un Suplemento al Certificado de Tipo expedido por EASA, que servirá además de base en procesos de certificación para futuras exportaciones. Durante los vuelos de prueba realizados por parte de Airbus, será necesario la obtención de un Certificado de Aeronavegabilidad Experimental (no EASA), expedido por el INTA conforme Ley 48/1960 sobre Navegación Aérea, permitiendo así dichos vuelos.

## 6.2.3 Certificación Militar

Por último, ya que el proyecto incluye la instalación y operación de equipos de carácter militar, es necesario la obtención de la certificación militar del INTA, puesto que la aeronave se acondicionaría en España.

El INTA certificaría no solo las diferentes configuraciones de cabina diseñadas y expuestas en la sección ATA 25 – Equipamiento y acondicionamiento interior (página 90), sino además los tipos de operación que se podrían llevar a cabo. Es el caso, por ejemplo, del lanzamiento de armamento desde pilones bajo alas, operación de la bahía de bombas, lanzamiento de sonoboyas, lanzamiento de bengalas, sistema de contramedidas, evacuación médica, vigilancia marítima o del vuelo a baja cota en operaciones ASW.

En este caso se certificaría la versión AIM2S, que contiene todos los kits instalados (MPA, ASW y C4ISR), además de la posibilidad de configurar la cabina para transporte de tropas o evacuación médica.

Gracias a este certificado, Airbus podría ya producir y entregar todas las unidades basadas en este diseño a sus clientes, comenzando además una actividad de seguimiento sobre las posibles modificaciones realizadas a lo largo de la vida útil del programa.

## 6.3 Presupuesto preliminar

Como se explicó al inicio de este trabajo, una de las razones para transformar una aeronave de transporte comercial en lugar de diseñar una desde cero, era el ahorro de costes de desarrollo y certificación. Uno de los costes más importantes será el de adquisición de avión verde, que por ser fabricado en este caso por la misma empresa que realiza la conversión, tiene beneficios económicos tanto para la parte comercial como militar de la empresa.

Para la estimación del presupuesto preliminar se han hecho varias suposiciones resumidas en las siguientes tres hipótesis:

**Hipótesis 5. El coste medio unitario de la hora de trabajo es similar en todos los departamentos y asciende a 50 euros por hora trabajada.**

**Hipótesis 6. El coste de fabricación del avión verde es un 30% menor a su precio unitario de venta público según la Tabla 4-2. Precio medio unitario. (Fuente: Airbus & Boeing). Para el cálculo del precio se aplicará la misma regla en sentido inverso.**

**Hipótesis 7. El precio unitario de venta al público de la unidad A220 MPA, será un 30% mayor al coste total de fabricación.**

Es importante tener en cuenta que estas estimaciones están hechas para una sola unidad equipada con todos los kits disponibles. En el caso del proyecto AIM2S, en el que serán necesarias más de una unidad (no se especifica el número exacto en la RFI [54]), el coste unitario será finalmente menor al amortizarse las

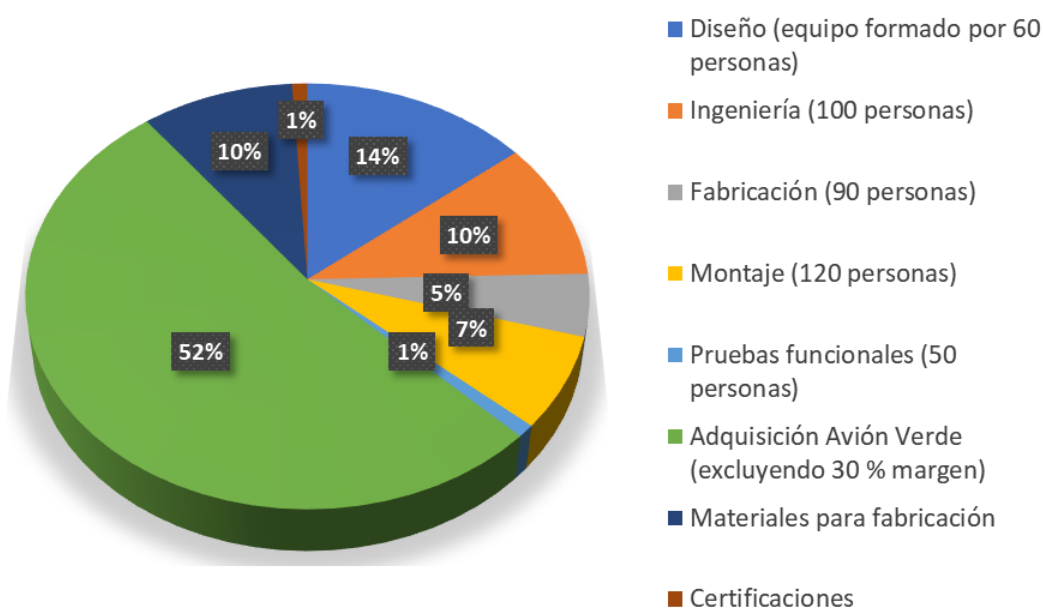
inversiones hechas en diseño (casi tres años de desarrollo), ingeniería, certificaciones y materiales para fabricación como herramientas y útiles de fabricación.

*Tabla 6-1. Desglose de costes estimados para el diseño, fabricación y certificación de una unidad A220 MPA*

Concepto	Horas / unidades	Coste Unitario (Euros)	Total (M euros)
Diseño (equipo formado por 60 personas)	300,000	50	15.0
Ingeniería (100 personas)	220,000	50	11.0
Fabricación (90 personas)	100,000	50	5.0
Montaje (120 personas)	150,000	50	7.5
Pruebas funcionales (50 personas)	20,000	50	1.0
Adquisición Avión Verde (excluyendo 30 % margen fabricante)	0.7	79,000,000	55.3
Materiales para fabricación	1	10,000,000	10.0
Certificaciones	1	1,000,000	1
Coste unitario			105.8
Precio unitario (primera unidad)			137.5

Como se afirmaba al inicio de esta sección, la partida del presupuesto con más influencia en el coste total es la de adquisición de la unidad de avión verde. El hecho de tener que ser adquirido al mismo fabricante que realiza la modificación abarata el coste de adquisición, este descuento ha sido estimado en un 30% en la hipótesis 6.

### Distribución de costes estimados



*Figura 6-6. Desglose de costes estimados para el diseño, fabricación y certificación de una unidad A220 MPA AIM2S*

Esta estimación arroja un precio de venta de catálogo de 137.5 millones de euros, pero como se ha dicho anteriormente, en ningún caso este sería el precio real que pagaría el cliente por el primer avión. Gracias a la amortización de las inversiones en capital humano y bienes materiales previstas al arrancar un proyecto de esta envergadura, el precio sería considerablemente más bajo. Solamente con el programa AIM2S se trabajaría en un pedido de múltiples unidades por lo que este modelo tendría un precio competitivo con solo repartir los costes de creación y desarrollo de la plataforma entre el total de unidades esperadas a vender.

# 7 AVIÓN TRANSFORMADO MP

En este capítulo se presentará el modelo diseñado y sus capacidades. Además, se rellenarán las tablas 7-1 y 7-2 para demostrar que se cumplen las capacidades pedidas por la OTAN en la RFI de requerimientos del programa AIM2S incluida en el Anexo I. Por último, se hará una comparación frente a los posibles competidores en el programa AIM2S.



## 7.1 Presentación avión transformado y capacidades

El A220 MPA se presenta como un avión de largo alcance con unos niveles de fiabilidad y capacidades de patrulla marítima y lucha antisubmarina solo alcanzados por el que sería su mayor competidor, el norteamericano Boeing P-8 Poseidon. Gracias a su versatilidad para modificar su distribución interior y a su equipamiento embarcado, el A220 MPA es capaz de desempeñar un gran número de misiones de diferente índole. Además, el hecho de provenir de una plataforma de transporte aéreo comercial, lo convierte en un arma muy capaz y enormemente eficiente para cualquier fuerza aérea, contando con una aeronave con unos niveles de disponibilidad inigualables a día de hoy por un avión de procedencia militar.

Entre sus capacidades más destacadas, detalladas más adelante en este mismo capítulo, destaca la de poder realizar búsquedas de amenazas tanto de superficie como submarinas, contando con la capacidad de rastrearlas y de acabar con ellas, ya sea trabajando de forma autónoma o conjuntamente con buques y submarinos aliados. Además, gracias a su sensor electroóptico y a su radar de búsqueda, se trata de una herramienta muy útil en tareas de búsqueda y rescate en situaciones de desastres naturales o emergencias en alta mar, así como en labores de inteligencia.

Por último, no hay que infravalorar su enorme capacidad para convertirse en el centro de operaciones de una misión gracias a su sala de mando y control, provista de todo tipo de sistemas de comunicación y monitorización, coordinando y fusionando la información recabada no sólo por los sensores embarcados sino por los de cualquier aliado con sistema de enlace de datos.

A nivel de sensores, cuenta con la última tecnología disponible en la industria de defensa, integrados por el sistema de misión FITS diseñado por el mismo Airbus, garantizando así unos niveles de integración plenos entre cada uno de los sensores y los sistemas de aviónica de la aeronave.

### 7.1.1 Peso y centrado A220 MPA

El conjunto de mejoras en forma de modificaciones y adición de nuevos equipos embarcados tiene una influencia tanto en el peso de la aeronave como en cómo está éste repartido, modificando la posición del centro de gravedad y así la estabilidad de la aeronave.

Antes de comenzar a estimar los valores de pesos operativos de la aeronave ya transformada, es necesario definir conceptos relacionados con los pesos operativos <sup>19</sup> de una aeronave.

---

<sup>19</sup> Aunque en realidad se tienen en cuenta masas, típicamente en la industria aeronáutica estos valores se denominan "pesos operativos".

*Tabla 7-1. Definición de pesos operativos de una aeronave*

<b>Peso</b>	<b>Definición</b>
Basic Empty Weight (BEW)	Peso básico en vacío de la aeronave para una configuración determinada. Se ve afectado por modificaciones en el mobiliario, adición de consolas del sistema de misión, ventanas de burbuja, antenas de radar y demás sistemas necesarios para una configuración determinada.
Operational Items (OI)	Elementos necesarios para realizar un tipo de operación determinada. Incluye a la tripulación y su equipaje, balsas de emergencia, equipamiento de supervivencia de tripulación, bengalas, etc.
Operational Empty Weight (OEW)	Peso operativo en vacío, calculado como la suma del peso básico en vacío (BEW) de la aeronave en una configuración determinada y los elementos operacionales (OI) necesarios para una operación en concreto.
Payload (P/L)	<p>La carga de pago o carga útil es el máximo peso que puede transportarse incluyendo pasajeros, equipaje y carga.</p> <p>La máxima carga de pago (MPL) estará limitada por:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Máxima capacidad estructural de la cabina de carga y/o pasajeros.</li> <li>- Límite operacional dado por la ecuación <math>ZFW = OEW + PL &lt; MZFW</math>, de donde se deduce que la <math>MPL = MZFW - OEW</math>.</li> </ul>
Zero Fuel Weight (ZFW)	Peso sin combustible, calculado como la suma del peso operativo en vacío (OEW) y la carga de pago (P/L). El peso máximo permitido sin combustible (MZFW) viene dado por la suma del OEW y la máxima carga de pago (MPL).
Fuel Weight (FW)	Peso de combustible. Aunque la cantidad de combustible que puede cargarse puede estar limitada por los pesos máximos operativos, existe un máximo determinado por la capacidad máxima de los tanques de combustible.
Takeoff Weight (TOW)	Peso al despegue, calculado como la suma del peso sin combustible (ZFW) y el peso de combustible cargado (FW). Existe un peso máximo al despegue estructural (MTOW), aunque en la operación el TOW podrá estar limitado por otros motivos como las condiciones de la pista, la capacidad de frenado, márgenes de seguridad en caso de necesidad de continuar el despegue en caso de emergencia, etc.
Reserve Fuel (RF)	Peso del combustible de reserva. Se trata de una estimación del combustible necesario en caso de frustrar el aterrizaje en aeródromo de destino, proceder al alternativo, realizar una espera de 30 min a 1500 ft y hacer frente a posibles contingencias en ruta que aumenten el consumo (se estima como un 5% del combustible consumido en ruta).



Dropped Items (DI)

Elementos lanzados al aire durante la operación.

Landing Weight (LW)

Peso al aterrizaje, calculado como la suma del peso sin combustible y el combustible de reserva menos el peso de aquellos elementos lanzados durante la operación. Puede ser también calculado como la diferencia del peso al despegue menos los elementos lanzados y el combustible consumido durante la operación. Existe un peso máximo al aterrizaje estructural (MLW), aunque en la operación el LW podrá estar limitado por otros motivos como las condiciones de la pista, la capacidad de frenado, márgenes de seguridad en caso de necesidad de abortar el aterrizaje en caso de emergencia, etc.

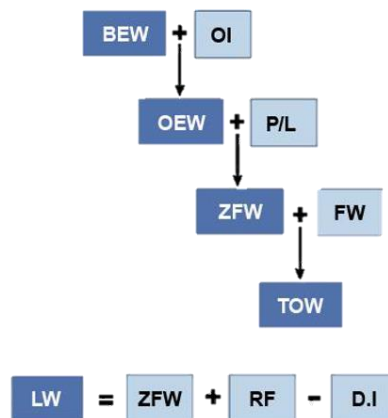


Figura 7-1. Cálculo de pesos operativos de una aeronave. [68]

Para la estimación de las actuaciones de la aeronave transformada será necesario calcular el nuevo peso operativo en vacío del A220 en la variante AIM2S.

- **Cálculo del nuevo peso operativo en vacío (OEW):** para el cálculo de este valor se ha partido del OEW del avión verde añadiéndole un incremento como resultado de la transformación.

En primer lugar, el OEW del avión verde puede ser estimado en unos 37,092 kg mediante la diferencia del MZFW y la MPL<sup>20</sup> aportadas por el fabricante en su certificado de tipo EASA [60] y documento guía de operación en aeropuerto [59]. Estos documentos no especifican qué elementos operacionales (OI) se tienen en cuenta, por lo que para ser conservativos se ignoran, no sustrayendo ningún valor de peso por aquellos OI que no sean necesarios para una operación militar.

En cuanto a la tripulación tampoco se especifica nada al respecto, por lo que nuevamente se ignoran, es decir, habrá que tener en cuenta de nuevo el peso de la tripulación y añadirse al OEW. Para operar la aeronave la tripulación mínima es de 10 personas (3 en cockpit, 5 operadores de misión y dos observadores) con un peso con equipaje y equipamiento de 100 kilogramos cada uno, lo que hacen un total de una tonelada.

Respecto al incremento del peso básico en vacío (BEW) como resultado de la transformación en avión de patrulla marítima y, consecuentemente, el aumento del OEW, éste ha sido estimado mediante comparación con otros modelos como el C295, que equipa los mismos sensores, o el Boeing P-8. Éste último es similar en dimensiones por lo que servirá para tener también en cuenta el peso de los nuevos mazos eléctricos, conductos de fluidos hidráulicos y demás elementos que deben estar dimensionalizados para la plataforma base.

Se ha determinado que el aumento de BEW debido a la transformación del avión civil a la versión

<sup>20</sup> El OEW de avión verde es fácilmente calculable teniéndose como datos el MZFW y la MPL. El MZFW está definido como el peso en vacío operativo más la MPL que pueda embarcarse, por lo que la diferencia se corresponde con el OEW.

AIM2S (Kit MPA + ASW + C4ISR) es de 6 toneladas, con independencia de la configuración de la cabina interior (almacenaje, transporte de tropa o MEDEVAC) para mayor simplicidad.

Como conclusión, el incremento del OEW respecto al avión verde ha sido estimado en siete toneladas<sup>21</sup>, con lo que el OEW del A220 MPA en versión AIM2S asciende hasta los 44,092 kg.

**Hipótesis 8. El MZFW, MTOW y LW no cambian respecto a la plataforma A220 al ser pesos certificados incluidos en el Certificado de Tipo del avión verde.**

Por último, al considerar que el peso máximo sin combustible (MZFW) no cambia, la máxima carga de pago (MPL) deberá disminuir en 7 toneladas<sup>22</sup>.

Durante los cálculos de peso y centrado del avión previos a una misión, se contará como carga de pago todo elemento que no esté instalado como parte de la configuración AIM2S. Esto quiere decir que el armamento situado en pilones subalares y personal en asientos de cabina serán tenidos en cuenta como carga de pago, con el límite máximo estimado en la Tabla 7-2. Características A220 MPA.

*Tabla 7-2. Características A220 MPA.*

Descripción	Especificaciones
Año de lanzamiento en servicio	2020
Planta de potencia	Two (2) Pratt & Whitney PW1524G-3
Empuje total (kN)	208
Capacidad máxima pasajeros y tripulación (pax)	64
Peso operativo en vacío (OEW) (kg)	44,092
Peso máximo en rampa (MRW) (kg)	71,214
Peso máximo al despegue (MTOW) (kg)	70,896
Peso máximo al aterrizaje ( <i>Maximum Landing Weight</i> – MLW) (kg)	58,740
Peso máximo permitido sin combustible (MZFW) (kg)	55,792
Carga máxima de pago (MPL) (kg)	11,700
Capacidad máxima combustible (l)	21,508 (25,508 con tanques auxiliares)
Capacidad máxima combustible (kg) <sup>23</sup>	16,884 (20,024 con tanques auxiliares)
Techo de vuelo (FL)	410

Durante el diseño de una aeronave, o de una modificación de ésta, existe un factor importante que determina la maniobrabilidad y controlabilidad de la aeronave que es la posición del centro de gravedad durante el vuelo.

<sup>21</sup> Las 7 toneladas se corresponden con las 6 toneladas adicionales tras la transformación y la tonelada extra para tener en cuenta la nueva tripulación de la forma más conservativa posible.

<sup>22</sup> De esta forma, si en esta simplificación el MZFW no cambia y el OEW aumenta en 7 toneladas, la MPL debe disminuir en 7 toneladas igualmente.

<sup>23</sup> Densidad aproximada del combustible de 0.785 kg/l.

Existen unos límites para su posición típicamente localizados cercanos al 25% de la cuerda media aerodinámica<sup>24</sup> en este tipo de alas y vienen dados por el fabricante de la plataforma en función del peso de la aeronave. Deben ser tenidos en cuenta antes de cada misión, dónde se calculan los momentos respecto a una referencia dada por el fabricante (*Datum*) causados por el peso de la aeronave en vacío (BEW) y aquellos elementos adicionales (OI, PL y FW) para cada fase del vuelo. Esta comprobación se resume en una hoja de carga que debe ser firmada por el responsable de carga y los pilotos previo al inicio de la misión.

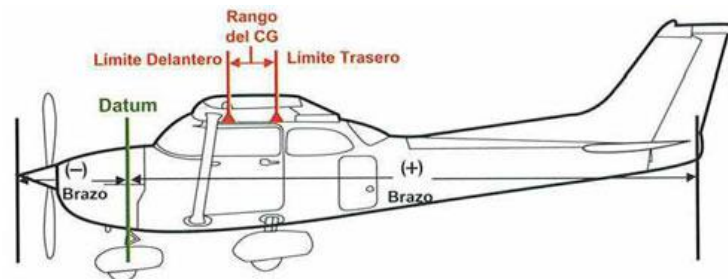


Figura 7-2. Ejemplo de límites en la posición del centro de gravedad

El límite de la posición más adelantada del centro de gravedad para que una aeronave sea controlable dentro de su envolvente de vuelo está limitado por la capacidad de deflexión del estabilizador horizontal. El límite en la posición más retrasada del centro de gravedad es el que asegura la estabilidad estática longitudinal, es decir, la que asegura que frente a incrementos del ángulo de ataque se genere un momento de cabeceo recuperador en la aeronave de forma que el ángulo de ataque tienda siempre a volver a su valor inicial.

- **Balance A220 MPA:**

Estos límites del centro de gravedad no cambian en primera aproximación en la versión de patrulla marítima respecto al avión verde, ya que los cambios en la aerodinámica y mandos de vuelo no son elevados en términos de momentos y no varían ninguna de sus superficies sustentadoras.

La estimación del nuevo centro de gravedad una vez instalados todos los equipos que componen la versión AIM2S no ha sido estimada debido a la falta de datos disponibles. Esta información no está incluida en el certificado de tipo del A220 [60] y se referencia al manual de vuelo, propiedad del fabricante y que no se encuentra disponible por su carácter confidencial. Se ha considerado que, aunque se trata de un aspecto crítico en el diseño de una aeronave, no será un condicionante en esta transformación. Esto es así gracias a la posibilidad de distribuir los nuevos elementos introducidos en la cabina a lo largo de ésta, ya sin la configuración de pasajeros. Además, el mayor elemento a tener en cuenta debido a su peso una vez llenos son los tanques auxiliares de combustibles, que irán colocados cerca del encastrado del fuselaje y alas.

Una vez dicho esto, durante el diseño en detalle de la aeronave tendrá que asegurarse que el centro de masas del conjunto de elementos adicionales a la plataforma base (tanques de combustible auxiliares, pilones para armamento, consolas, asientos, armarios y equipos electrónicos) esté lo más cercano posible al centro de gravedad de la aeronave sin transformar.

De esta forma se da más libertad a la hora de distribuir la carga de pago sin poner en peligro la seguridad de la operación, de lo contrario la carga de pago deberá ser colocada de forma que ayude a acercar el centro de gravedad del conjunto de la aeronave dentro de sus límites. En aeronaves más pequeñas, como es el CN-295 estudiado en este trabajo, es típico tener que llevar la carga de pago en la rampa trasera situada en la cola para asegurar este aspecto, algo que no sucederá en el A220 MPA.

<sup>24</sup> La cuerda media aerodinámica (*Mean Aerodynamic Chord – MAC*) es la cuerda de un ala rectangular cuya aerodinámica es equivalente al ala de la aeronave. Su ubicación y tamaño es importante, ya que la ubicación del centro de gravedad en aviones suele darse como un porcentaje de la MAC respecto al borde de ataque de ésta.

## 7.1.2 Actuaciones A220 MPA versión AIM2S

Para el caso de este tipo de aeronaves los aspectos más importantes que se tienen en cuenta en términos de actuaciones son la capacidad de llegar a una zona de operaciones lejana rápidamente y una vez allí, ser capaz de mantenerse durante el mayor tiempo posible antes de volver a su base.

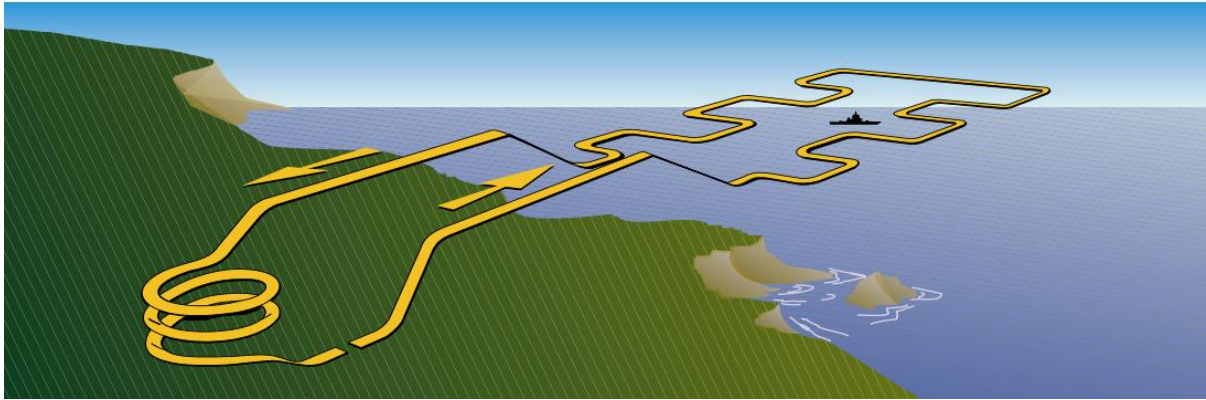


Figura 7-3. Operación típica de aeronave de patrulla marítima. (Fuente: Airbus)

La OTAN pone requerimientos específicos en términos de alcance, velocidad de crucero y autonomía, por lo que siguiendo el objetivo de cumplir con éstos se realizará una estimación de estos valores para la versión de aeronave ya modificada.

En general, gracias a las especificaciones de la plataforma base utilizada, los requerimientos impuestos para el programa AIM2S son fácilmente satisfechos. Debido a este motivo y a la falta de información disponible de un modelo reciente como es el A220, con continuos cambios y optimizaciones por parte de su nuevo fabricante [55], se ha decidido calcular las nuevas capacidades de actuaciones de forma sencilla y conservativa mediante la utilización de un *Drag Index*.

### 7.1.2.1 El *Drag Index*

El *Drag Index* es una unidad adimensional utilizada en la industria aeronáutica que es equivalente a diez mil veces ( $10^4$ ) la diferencia del coeficiente de resistencia  $C_D$  de la aeronave.

$$C_D = \frac{D}{q S} = \frac{D}{\frac{1}{2} \rho v^2 S_{ref}}$$
$$Drag Index = 10^4 \cdot \Delta C_D = 10^4 \frac{2 \Delta D}{\rho v^2 S_{ref}}$$

dónde:

$D$  es la fuerza de resistencia (del inglés *Drag*), que es por definición opuesta a la dirección de la velocidad,

$q$  presión dinámica,

$\rho$  densidad del aire,

$v$  velocidad de la aeronave respecto del aire,

$S_{ref}$  superficie de referencia, que en este caso se corresponde con la superficie alar.

Este elemento permite a los fabricantes de aeronaves lanzar al mercado variantes de éstas sin tener la necesidad de pasar por un proceso de certificación de la aeronave, ya que la autoridad competente puede darle el visto bueno a estos índices para cada una de las configuraciones que difieren de la básica ya

certificada. De esta forma, las nuevas *performances* son calculadas a partir de las polares <sup>25</sup> ya certificadas añadiendo los *Drag Index*.

El coeficiente de resistencia total puede descomponerse en dos componentes en función de su dependencia de la sustentación (componente inducida) o no (componente parásita).

$$C_D = C_{D_{parásita}} + C_{D_{inducida}}$$

Para ángulos de ataque pequeño esta ecuación puede modelarse mediante una polar parabólica de coeficientes constantes:

$$C_D = C_{D_0} + kC_L^2; \quad k = \frac{1}{\pi\Lambda\phi}$$

dónde:

$\phi$  es un factor de eficiencia (Factor de Oswald) cuyos valores típicos están entre 0.65 y 0.85,

$\Lambda$  alargamiento.

El aumento de la componente inducida es producido por la instalación de nuevos elementos cerca o en las propias alas modificando el  $C_L$ , como pueden ser los pilones subalares, pero si el diseño de estos elementos es bueno casi la totalidad del aumento de resistencia se debe al término parásito.

Teniendo esto en cuenta se puede decir entonces que:

$$Drag\ Index = 10^4 \cdot \Delta C_D \cong 10^4 \cdot \Delta C_{D_0} = 10^4 \cdot (C_{D_{0MPA}} - C_{D_{0A220}})$$

En la bibliografía disponible ha sido imposible encontrar el coeficiente de resistencia parásita del A220, por lo que se ha optado por trabajar con el coeficiente de un modelo con características similares o incluso peores desde el punto de vista aerodinámico como es el A320.

Dicho esto, el nuevo coeficiente de resistencia parásita de avión transformado podría calcularse como:

$$C_{D_{0MPA}} = 10^{-4} \cdot DI + C_{D_{0A220}} \cong 10^{-4} \cdot DI + C_{D_{0A320}}$$

dónde:

$$C_{D_{0A320}} \sim 0.023 \text{ [69]}$$

Para este trabajo se han utilizado los *Drag Index* de una aeronave del mismo fabricante que equipa los mismos sensores y equipos de comunicación en alguna de sus configuraciones, el CASA C295 Persuader. Aunque este modelo pueda instalar por ejemplo las mismas antenas y radome, la posición relativa de éstos respecto al morro y alas del avión hace que el incremento en la resistencia aerodinámica sea diferente. Esto quiere decir que los mismos elementos instalados en diferentes aeronaves producirán diferentes incrementos del coeficiente de resistencia.

Esta diferencia entre el C295 y el A220 MPA puede ser asumida por varios motivos:

- La torreta del sensor electroóptico del A220 MPA es escamoteable, lo que reduce en gran cantidad la resistencia al aire. Este efecto es muy considerable al compararse con el C295 cuya torreta está colocada justo bajo el morro.
- La mayor longitud del fuselaje del A220 favorece que la componente adicional de la resistencia parásita introducida por elementos como el radome o los pilones sea menor en este caso, ya que se disminuye la interferencia de las capas límite de los elementos instalados a lo largo del fuselaje.
- La superficie de referencia con el que se adimensionaliza el *Drag Index* es mayor en el caso del A220 que del C295, que cuenta con menor superficie alar:

$$S_{ref\ A220} > S_{ref\ C295} \rightarrow \frac{S_{ref\ C295}}{S_{ref\ A220}} < 1$$

<sup>25</sup> La curva polar es una función que expresa la variación del coeficiente de resistencia de una aeronave en función del coeficiente de sustentación y se trata de un elemento fundamental para el conocimiento de las actuaciones de un avión.

Esto hace que si los diferentes elementos instalados en los kits MPA, ASW y C4ISR causaran un aumento de la resistencia equivalente en ambos aviones, el *Drag Index* del A220 se podría calcular como:

$$\text{Drag Index A220} = \text{Drag Index C295} \cdot \frac{S_{ref\ C295}}{S_{ref\ A220}}$$

Teniendo en cuenta la relación entre las superficies de referencia de ambos aviones se tiene que:

$$\text{Drag Index A220} < \text{Drag Index C295}$$

Esto es equivalente a decir que utilizando un *Drag Index* de una configuración calculado respecto al C295 se llega a unos resultados más conservativos.

Una vez dicho esto, se presenta el *Drag Index* asociado a cada una de las configuraciones instaladas en un C295 incluido en sus manuales de operación.

*Tabla 7-3. Drag Index según configuración (Fuente: Airbus)*

<b>Configuración</b>	<b>Drag Index</b>
MPA	45
MPA + ASW	50
MPA + C4ISR	50
AIM2S (MPA + ASW + C4ISR)	62
Por misil instalado en estación subalar	+ 15

### 7.1.2.2 Efecto del *Drag Index* sobre las actuaciones

Simplificando las ecuaciones del vuelo de crucero [70] se tiene:

$$L = W$$

$$T = D$$

$$E = \frac{L}{D}$$

dónde:

L es la fuerza de sustentación,

W peso,

T empuje,

D resistencia,

E eficiencia.

Se define el consumo específico cómo:

$$C = \frac{1}{T} \left( -\frac{dW_F}{dt} \right)$$

dónde  $W_F$  es el consumo de combustible.

Analizando la ecuación diferencial del alcance específico:

$$\frac{dR}{dW} = \frac{V}{-CT} = \frac{V}{-CD} = \frac{V(L/D)}{-CW}$$

siendo  $V$  la velocidad de vuelo.

Asumiendo que:  $V = cte$ ;  $C = cte$ ;  $C_L = cte$  e integrando, se obtiene la Ecuación de Alcance de Breguet:

$$R = \int_{W_i}^{W_f} \frac{V(L/D)}{-CW} dW = \frac{V L}{C D} \ln \frac{W_i}{W_f}$$

Mediante esta ecuación se puede obtener el diagrama de peso de una aeronave en función de su alcance [68] como el de la Figura 7-5. Diagrama peso combustible cero frente a alcance A220 (avión verde). (Fuente: [59]).

De la Ecuación de Alcance de Breguet:

$$\frac{V L}{C D} = \frac{V}{C} \left( \frac{C_L}{C_{D_0} + k C_L^2} \right) = \frac{\frac{2W}{\rho V S}}{C C_{D_0} + \frac{4k W^2 C}{\rho^2 V^4 S^2}}$$

De la optimización para obtener la velocidad de crucero para máximo alcance [71]:

$$V_{\max \text{ alcance}} = \sqrt{\frac{2W}{\rho S} \sqrt{\frac{3k}{C_{D_0}}}}$$

Por lo que el coeficiente de sustentación para máximo alcance es:

$$C_{L_{\text{opt}}} = \sqrt{\frac{C_{D_0}}{3k}}$$

Aplicando la Ecuación de Alcance de Breguet para el A220 y el A220 MPA se tiene:

$$R_{A220} = \frac{V L}{C D} \ln \frac{W_i}{W_f} = \frac{V}{C} \frac{C_L}{C_{D_{A220}}} \ln \frac{W_i}{W_f}$$

$$R_{MPA} = \frac{V L}{C D} \ln \frac{W_i}{W_f} = \frac{V}{C} \frac{C_L}{C_{D_{MPA}}} \ln \frac{W_i}{W_f}$$

Comparando ambas ecuaciones para una misma carga de combustible, se podría realizar una primera aproximación del detrimento del alcance debido al aumento de resistencia provocada por la transformación.

$$\frac{R_{A220}}{R_{MPA}} = \frac{\frac{V}{C} \frac{C_L}{C_{D_{A220}}} \ln \frac{W_i}{W_f}}{\frac{V}{C} \frac{C_L}{C_{D_{MPA}}} \ln \frac{W_i}{W_f}} \cong \frac{C_{D_{MPA}}}{C_{D_{A220}}}$$

Teniendo en cuenta que los alcances que proporciona el fabricante en la Figura 7-4 son los máximos para un peso dado, puede utilizarse la ecuación del  $C_{L_{\text{opt}}}$  anterior para llegar a:

$$\frac{R_{A220}}{R_{MPA}} \cong \frac{C_{D_{MPA}}}{C_{D_{A220}}} \cong \frac{C_{D_{0MPA}}}{C_{D_{0A220}}}$$

Se puede calcular entonces una estimación de la disminución del alcance en función del *Drag Index* para tres configuraciones del A220 AIM2S:

Tabla 7-4. Efecto de la resistencia aerodinámica adicional en el alcance

Configuración	Drag Index	$C_{D_{0MPA}}$	Efecto en el alcance
AIM2S (MPA + ASW + C4ISR)	62	0.0292	-21 %
AIM2S + 2 misiles	92	0.0322	-29 %
AIM2S + 6 misiles	152	0.0382	-40 %

En cuanto a la velocidad de crucero, tal y como se dijo en el punto 2.4 Comparativa entre modelos en servicio, en este trabajo se comparan las velocidades recomendadas por el fabricante para máximo alcance.

Siguiendo esta filosofía y teniendo en cuenta que se tiene este dato del A220, se opera de forma análoga para tener:

$$\frac{V_{A220}}{V_{MPA}} = \frac{\sqrt{\frac{2W}{\rho S} \sqrt{\frac{3k}{C_{D_{0A220}}}}}}{\sqrt{\frac{2W}{\rho S} \sqrt{\frac{3k}{C_{D_{0MPA}}}}}} \cong \sqrt[4]{\frac{C_{D_{0MPA}}}{C_{D_{0A220}}}}$$

$$V_{MPA} \cong V_{A220} \sqrt[4]{\frac{C_{D_{0A220}}}{C_{D_{0MPA}}}}$$

Tabla 7-5. Efecto de la resistencia aerodinámica adicional en la velocidad de crucero

Configuración	Drag Index	$C_{D_{0MPA}}$	Efecto en la velocidad de crucero
AIM2S (MPA + ASW + C4ISR)	62	0.0292	-6 %
AIM2S + 2 misiles	92	0.0322	-8 %
AIM2S + 6 misiles	152	0.0382	-12 %

Con el objetivo de tener una referencia de cómo de conservativos son los cálculos e hipótesis tomadas anteriormente, se incluye la siguiente tabla. En ésta puede apreciarse que, en la realidad, mediante la utilización de un modelo aerodinámico certificado y consecuentemente más ajustado que las estimaciones realizadas en el trabajo, la pérdida de capacidades es considerablemente menos perjudicial. En cualquier caso, en esta etapa de diseño conceptual cuyo objetivo principal es el de demostrar que se cumplen con los requerimientos de la OTAN, la precisión y resultados obtenidos son más que suficientes, más si cabe teniendo en cuenta los pocos datos con los que se cuentan.

Tabla 7-6. Efecto del Drag Index en las actuaciones del C295. (Fuente: Airbus)

Condición de vuelo	Efecto del Drag Index
Máximo crucero	- Disminuir la velocidad indicada 10 nudos por cada 50 unidades de índice de resistencia. (equivalente al 3%, 4% y 7% para la configuración AIM2S sin armas, con 2 y 6 misiles respectivamente)
Crucero de largo alcance	- Disminuir el alcance un 5% por cada 50 unidades de índice de resistencia.

Por último, la autonomía podría ser estimada siguiendo la misma filosofía a partir de los datos de autonomía de avión verde. En este caso no se dispone de estos datos, por lo que la forma de demostrar el cumplimiento



de los requerimientos impuestos por la OTAN será presentar el tiempo de vuelo en crucero de largo alcance. Aunque no se correspondan con las condiciones de máxima autonomía, serán suficientes para este objetivo.

### 7.1.2.3 Estimación de actuaciones del A220 versión AIM2S

La forma de trabajar con *Drag Index* será la siguiente:

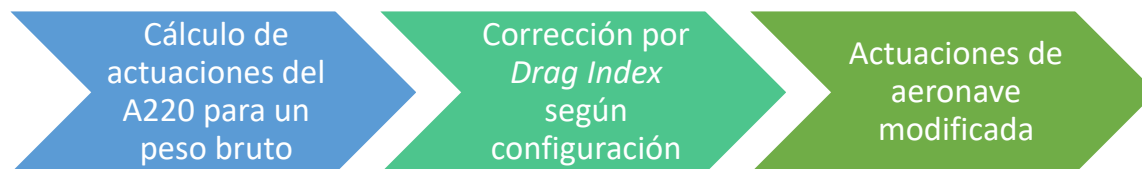


Figura 7-4. Flujo de trabajo para cálculo de actuaciones con *Drag Index*

Como se explica en la figura anterior, dado que los pesos máximos operativos de despegue, aterrizaje y sin combustible (MTOW, MLW y MZFW respectivamente) están certificados y no cambian, el primer paso será el uso de las gráficas o tablas aplicables al modelo base A220 con el peso bruto en vacío de esa operación.

A efectos de cálculos no importa si este valor está compuesto por más carga de pago (P/L), como pasajeros, o por sensores de misión, que aumentan el peso en vacío operativo (BEW).

Se debe tener en cuenta que:

- Debido a que los pesos máximos operativos no cambian, el hecho de aumentar el BEW de la aeronave transformada perjudicará a la máxima capacidad de carga útil.
- El peso de los nuevos equipos instalados perjudicará también las actuaciones ya que, para una misma carga de pago, por el hecho de aumentar el BEW en la versión MPA se limita la cantidad de combustible que se podrá llevar sin sobrepasar los pesos máximos operativos certificados.

Dicho esto, se utilizarán los datos de actuaciones de avión verde para aplicar posteriormente las correcciones por *Drag Index*, que recogerán la disminución de capacidades como consecuencia del empeoramiento de la aerodinámica.

Este proceso se realizará para un total de seis casos diferentes. Se tendrán en cuenta las actuaciones del A220 MPA en versión AIM2S sin armamento, equipado con dos misiles y con 6 misiles, para repetirlo en estas mismas condiciones pero para el caso de equipar los tanques auxiliares de combustible.

- **Cálculo del alcance:** Para el cálculo del alcance se ha utilizado el diagrama de peso sin combustible frente al alcance del avión verde. Este diagrama procede de una publicación oficial de Airbus para el planeamiento de la operación del modelo civil en aeropuertos [59].

Para entender cómo se usa el diagrama hay que atender al trazo en color rojo dibujado como ejemplo, en el que se entra en la escala vertical con el peso operativo de la aeronave en vacío (OEW) más la carga de pago de la misión (P/L), es decir, el peso en vacío sin combustible (ZFW). Con este valor se traza una línea horizontal hasta la línea negra que indica el factor limitante en esa configuración: peso máximo sin combustible (MZFW), peso máximo al despegue (MTOW) o máxima cantidad de combustible (FW).

Es importante reseñar que esta figura no está actualizada, ya que el peso máximo al despegue de esta aeronave fue aumentado por Airbus en 2019 tras un estudio realizado nada más adquirir el modelo del canadiense Bombardier [55], pero ésta gráfica no lo recoge. El MTOW fue aumentado de 67,586.4 a 70,896 kilogramos. En cambio, en otras tablas de datos dentro del mismo documento Airbus sí que actualiza el nuevo valor del MTOW.

En cualquier caso esto no resulta un problema, ya que utilizar esta gráfica con un MTOW menor al real hace más conservativos los resultados, es decir, en el caso de tener un ZFW ya fijado como en el del ejemplo trazado en rojo, tal que el factor limitante para lograr el mayor alcance posible sea el MTOW. En el caso de trabajar con el MTOW actualizado, sería posible cargar una mayor cantidad de combustible al tener en realidad un MTOW mayor a esos 149,000 lb.

Esto puede resumirse en que el uso de esta figura no supone ningún problema para la estimación del nuevo alcance en este trabajo, siendo en algunos casos incluso más conservativo.

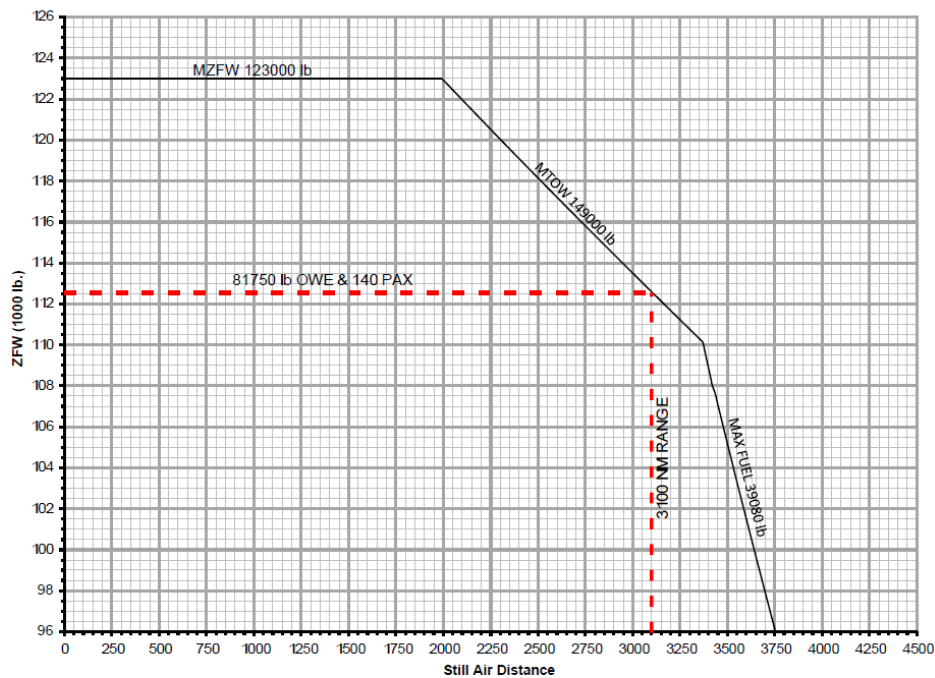


Figura 7-5. Diagrama peso combustible cero frente a alcance A220 (avión verde). (Fuente: [59])

Como se ha calculado antes, el peso operativo sin combustible (BEW) del A220 MPA es de 44,092 kg. Asumiendo una misión típica de patrulla marítima sin pasajeros o transporte de carga, es decir, sin carga de pago, el peso sin combustible en este caso sería de 44,092 kg o 97,206 lb.

Como se ha dicho anteriormente, se van a analizar seis casos diferentes, siendo el primero el del AIM2S sin armas ni tanques de combustible auxiliares. En este caso la carga de pago es cero y el peso sin combustible es equivalente al peso en vacío sin combustible. Entrando en el diagrama con este valor, el alcance estimado estaría limitado por la capacidad de carga de combustible como puede verse en la Figura 7-6, arrojando un valor de 3,725 NM de alcance máximo. Este valor solo tiene en cuenta el aumento de BEW como resultado de la transformación (y P/L si la hubiera), pero no recoge la penalización por el empeoramiento de la aerodinámica. Para ello, al valor de 3,725 NM hay que aplicarle la corrección pertinente de la Tabla 7-4 para el *Drag Index* de dicha configuración. Tras aplicarle el factor de corrección para un *Drag Index* de 62 se llega al resultado de 2,934 millas náuticas.

En el caso de equipar a la aeronave con dos o seis misiles conlleva no sólo un aumento de la resistencia aerodinámica que tiene en cuenta el *Drag Index*, sino un aumento del peso sin combustible en forma de P/L. Repitiendo el ejercicio para estos casos, se obtendrán los alcances máximos para el resto de configuraciones.

**Hipótesis 9. Cada misil será estimado en 300 Kg, cifra superior a la masa de un torpedo Mk-84 pero inferior a un misil aire-tierra o aire-buque (ver sección de Armamento en la página 73 de este trabajo).**

Tabla 7-7. Estimación de alcances A220 MPA con diferentes configuraciones

Descripción	ZFW (lb)	Alcance sin corrección por Drag Index (NM)	Alcance corregido (NM)
AIM2S desarmado	97,206	3,725	2,934
AIM2S con 2 misiles	98,528	3,675	2,625
AIM2S con 6 misiles	102,496	3,575	2,152

En el caso de contar con tanques de combustible auxiliares, para estimar los nuevos valores de alcance bastaría con modificar el diagrama teniendo en cuenta el aumento de capacidad de combustible como puede verse en la Figura 7-6. [68]

De esta forma y entrando con los mismos pesos operativos en vacío que en el caso anterior, se pueden estimar los nuevos valores.

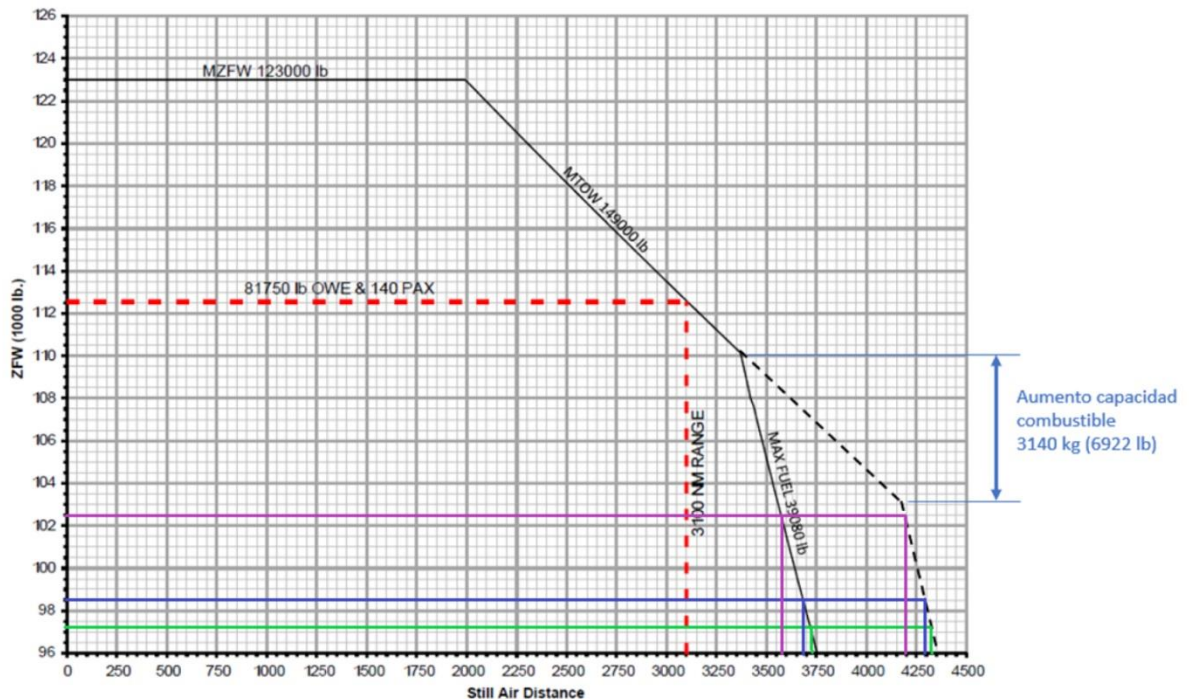


Figura 7-6. Diagrama peso combustible cero frente a alcance A220 (avión verde) con tanques auxiliares

Tabla 7-8. Estimación de alcances A220 MPA con tanques de combustible auxiliares

Descripción	ZFW (lb)	Alcance sin corrección por Drag Index (NM)	Alcance corregido (NM)
AIM2S desarmado	97,206	4,325	3,407 (+13.9 % que sin tanques auxiliares)
AIM2S con 2 misiles	98,528	4,300	3,071 (+14.5 % que sin tanques auxiliares)
AIM2S con 6 misiles	102,496	4,200	2,529 (+14.9 % que sin tanques auxiliares)

- **Cálculo de la velocidad de crucero:** Para el cálculo de la nueva velocidad de crucero se ha tomado una altitud de crucero típica de 35,000 pies para este tipo de aeronaves, donde una velocidad de M 0.78 (el dato publicado por Airbus referente a la velocidad de crucero) equivale a 447.7 nudos.

Aplicando la corrección del *Drag Index* de cada configuración estimada en la Tabla 7-5 se tiene:

*Tabla 7-9. Estimación de velocidades de crucero A220 MPA con diferentes configuraciones*

Descripción	Valor y corrección aplicada
Velocidad de crucero AIM2S desarmado (Mach / nudos)	M 0.73 / 422 (-26 nudos frente al A220)
Velocidad de crucero AIM2S armado con 2 misiles (Mach / nudos)	M 0.71 / 412 (-36 nudos frente al A220)
Velocidad de crucero AIM2S armado con 6 misiles (Mach / nudos)	M 0.68 / 394 (-53 nudos frente al A220)

- **Cálculo de velocidad de tránsito mínima:** Entre los requerimientos de la OTAN para este programa se encuentra el de ser capaz de realizar misiones de patrullaje durante un tiempo determinado a una velocidad específica, esta velocidad es la denominada “velocidad de tránsito”. Entre varios de los ejemplos de misiones que deben ser llevadas a cabo está la de operar a 120 millas náuticas de la base durante un periodo de 3 horas manteniendo una velocidad de tránsito de 120 nudos, siendo la más restrictiva de las velocidades de tránsito pedidas (la segunda más baja es de 250 nudos). Este concepto es típico en aeronaves destinadas a tareas de búsqueda y rescate o patrulla marítima, en las que se necesitan velocidades bajas para las operaciones antisubmarinas o incluso en las que tras localizar al objetivo o alcanzar la zona donde se sospecha que se encuentra, volar a una velocidad baja facilita las tareas de inspección visual y toma de imágenes por parte de la tripulación.

Una velocidad de 120 nudos, más propia de aeronaves de ala rotatoria, es un valor muy bajo para una aeronave de ala fija de estas características, siendo incluso cercana a la velocidad de pérdida en ciertas situaciones. Las velocidades de pérdida para diferentes pesos de la aeronave en diferentes configuraciones (despegue, configuración limpia, aproximación y aterrizaje) son datos certificados e incluidos en el manual de vuelo del A220, no estando publicados por el fabricante por su carácter confidencial.

Debido a la falta de estos datos, se decide utilizar la velocidad de referencia ( $V_{REF}$ ) de aterrizaje del avión verde, que sí se encuentra disponible en la bibliografía [59]. Airbus calcula esta velocidad con un margen del 23 % por encima de la velocidad de pérdida<sup>26</sup> ( $V_{Stall}$ ), para un peso y configuración de aterrizaje específica<sup>27</sup>.

$$V_{REF} = 1.23 V_{Stall}$$

Esto quiere decir que para un peso dado y utilizando la configuración aerodinámica más favorable para volar a bajas velocidades, la de aterrizaje, puede utilizarse la siguiente figura:

<sup>26</sup> La velocidad de pérdida es aquella velocidad de vuelo a la que una aeronave con un determinado peso y configuración aerodinámica es aún controlable. Si la velocidad de vuelo fuera menor de ésta, la aeronave no sería controlable.

<sup>27</sup> La configuración de aterrizaje en el A220 corresponde con la máxima deflexión de sus elementos hipsustentadores, en este caso la aeronave cuenta *flaps* y *slats*.

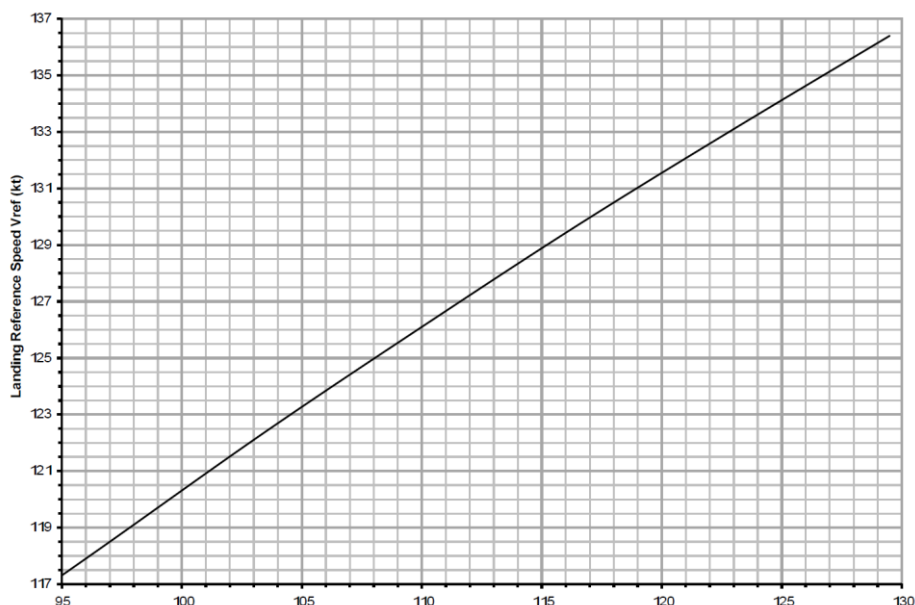


Figura 7-7. Velocidad de referencia en aterrizaje A220. (Fuente: Bombardier [59])

El eje horizontal se corresponde con el peso de la aeronave (en libras), para un valor dado se traza una línea vertical ascendente y la intersección con la curva proporcionará el valor de velocidad de referencia de aterrizaje en el eje vertical. Por ejemplo, tomando el MTOW de la Tabla 7-2. Características A220 MPA., se llega a un valor de 136 nudos.

Utilizando la gráfica de manera inversa, esto es, entrando por el eje vertical con una velocidad dada, se podría calcular el peso máximo con el que la aeronave podría volar manteniendo ese margen del 23% respecto a la velocidad de pérdida.

Tomando el requisito de una velocidad de tránsito de 120 nudos, la aeronave debería tener un peso bruto máximo de 44,900 kilogramos, algo que ocurrirá en pocas ocasiones teniendo en cuenta que el BEW es de 44,092 kilogramos. Este requisito será satisfecho en muy pocas situaciones, que se corresponderán con aquellas en las que la suma de la carga de pago y el combustible embarcado no supere los 828 kilogramos.

- Cálculo de autonomía:** Para el cálculo de la autonomía se han simplificado los cálculos de nuevo por una razón principal, no existen datos oficiales de autonomía por parte del fabricante, en concreto se dice que es mayor de 6.5 horas. Este dato está calculado para una carga de pago típica de transporte aéreo comercial mucho más exigente que las necesarias para la operación de la versión A220 MPA, que arrojará un valor de autonomía mayor. Hay que tener en cuenta que actualmente algunas aerolíneas ya planean vuelos de más de siete horas de duración con pasaje lleno utilizando esta plataforma. [72]

Para hacer la estimación de la autonomía máxima para diferentes configuraciones del A220 MPA se utilizarán los valores de alcance y velocidad de crucero calculados anteriormente.

Para ello se ha supuesto que la totalidad del alcance se ha realizado a la velocidad de crucero específica de cada configuración. El error incurrido al no tener en cuenta las fases de despegue, ascenso y aterrizaje, donde la velocidad de la aeronave no es la de crucero, es asumible ya que a esa velocidad de crucero el consumo de combustible es mayor que a la velocidad óptima de máxima autonomía, también llamada velocidad de patrulla, con lo que la autonomía real es incluso mayor a la declarada en la siguiente tabla. Por ejemplo, en una aeronave como el C295, el hecho de volar a 5000 pies a una velocidad de máxima autonomía en lugar de a velocidad de máximo alcance, aumenta el tiempo de vuelo en más de un 15%.

Tabla 7-10. Estimación autonomías A220 MPA con diferentes configuraciones

Descripción	Valor
Autonomía AIM2S desarmado (h)	> 7 (8.1 con tanques auxiliares)
Autonomía AIM2S armado con 2 misiles (h)	> 6.4 (7.5 con tanques auxiliares)
Autonomía AIM2S armado con 6 misiles (h)	> 5.5 (6.4 con tanques auxiliares)

### 7.1.3 Equipamiento adicional incluido

Al modelo base, el Airbus A220, se le han realizado una serie de modificaciones estructurales y añadido nuevo equipamiento. Estas mejoras han sido clasificadas y divididas en tres kits según el tipo de operación al que están dedicadas.

Para el caso del proyecto AIM2S, todos los kits han sido incluidos siendo el equipamiento el de la siguiente tabla:

Tabla 7-11. Equipamiento A220 MPA en versión AIM2S (kits MPA + ASW + C4ISR + MEDEVAC)

ATA	Sistema
22	Sistema de interacción FMS y FITS
24	Aumento capacidad de generación eléctrica para alimentar el sistema de misión
25	Blindaje en el cockpit
25	Armarios de almacenaje balizas, humo, bengalas
25	Configuración MPA + Transporte de Pasajeros/Tropas
25	Bahía para torpedos y bombas
33	Sistema de iluminación interior y exterior compatible con gafas de visión nocturna
34	Sistema de búsqueda direccional ( <i>Direction Finder – DF</i> )
35	Equipos de oxígeno líquido permanente
35	Equipos de oxígeno portátiles
43	Equipos de radio V/UHF
43	Equipos de radio HF
43	Equipo de comunicación por satélite (Inmarsat)
43	Equipo de comunicaciones inalámbricas WIS
43	Sistema de comunicaciones seguras
43	Enlaces de datos SATCOM Inmarsat, Link 11 y Link 16.
43	Sistema de identificación Amigo – Enemigo (IFF)
48	Sistema de repostaje en vuelo universal (UARRSI)
53	Estructura reforzada para amerizajes de emergencia
54	Pilones subalares para misiles y torpedos
56	Eliminación de ventanas existentes (con el consiguiente ahorro de peso)
56	Nuevas ventanas de burbuja para observadores
93	Sistema Integrado de Misión - FITS con 3 consolas
93	Cámara fotográfica para los observadores conectadas al sistema de misión
93	Radar de Búsqueda ELTA ELM-2022
93	Torreta multispectral electroóptica e infrarroja (EO/IR) MX-20 escamoteable
93	Sistema de identificación automática de embarcaciones (AIS)
93	Kits de supervivencia a bordo. Pueden ser lanzados mediante paracaídas.

KIT MPA

	93	Sistema de navegación híbrido (GPS / Inercial) dedicado al sistema de misión
	94	Armamento (Misiles, bombas y cargas de profundidad)
	99	Sistemas de autodefensa
KIT ASW	93	Detector de anomalías magnéticas (MAD)
	93	Sistema de detección acústica
	93	Lanzador sonoboyas por gravedad y automático
	93	Sistema Integrado de Misión - FITS con una consola adicional para el control del sistema acústico, lanzamiento de sonoboyas y sensor de anomalías magnéticas (MAD)
KIT C4ISR	25	Configuración MPA + Mando y control
	93	Medidas de soporte electrónico (Electronic Support Measures – ESM)
	93	Sistema Integrado de Misión - FITS con 1 consola adicional para la gestión de enlaces de datos en escenarios de operaciones cooperativas
KIT MEDEVAC	25	Configuración cabina MEDEVAC

Debido a las necesidades del programa AIM2S, la configuración de cabina incluye el número máximo de consolas de misión, tres de la configuración MPA y una más adicional por cada kit ASW y C4ISR, un sistema lanzador de sonoboyas en la parte trasera. Además, el espacio disponible para almacenamiento o transporte de tropas podrá ser transformado en un área de transporte de pacientes en estado crítico y personal sanitario gracias al kit MEDEVAC, cuyo equipamiento está certificado para volar de forma segura.

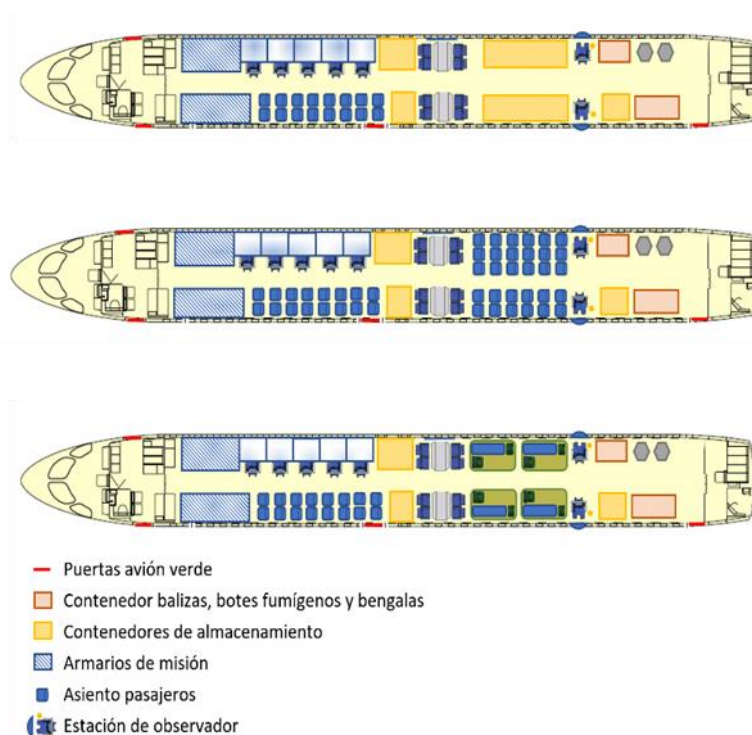


Figura 7-8. A220 MPA en configuración AIM2S (arriba) y variantes de transporte de tropa (centro) o MEDEVAC (abajo)

## 7.2 Cumplimiento de objetivos del trabajo

En este apartado se presentan los medios de cumplimiento de cada uno de los objetivos acordados con el tutor del trabajo.

*Tabla 7-12. Objetivos acordados con el tutor del trabajo y medios de cumplimiento*

Objetivo	Medios de cumplimiento
<p><i>Aviones MP en Servicio: Análisis de aviones de patrulla marítima (MP) actualmente en servicio fabricados en naciones OTAN. Comparativa de misiones, esencialmente performances, sensores y otros dispositivos (ej. burbuja de observación, tanques de combustible adicionales, etc).</i></p>	<p>El capítulo 1. Introducción y generalidades, ofrece una introducción al contexto socioeconómico que rodea al mercado de aeronaves MPA, así como al estado actual de la flota de naciones OTAN.</p> <p>El capítulo 2. Aviones MP en servicio, se realiza un análisis de la flota mundial de aviones de patrulla marítima incluyendo las aeronaves más representativas todavía en activo. En total se analizan once aeronaves, de las cuales nueve son de fabricación en países OTAN.</p> <p>El capítulo 3. Necesidades de futuro, analiza de forma más detallada el estado de la flota y las necesidades futuras de los países aliados, así como los planes de cada uno de ellos diseñados para la renovación de dichas flotas.</p>
<p><i>Selección de Avión y sistemas MP: Selección justificada de una plataforma (fabricante OTAN) y sistemas MP que pueda competir con los existentes (punto 1). Analizar y valorar la posibilidad o necesidad de añadir tanques adicionales de combustible (internos y/o subalares) así como dispositivos de tipo winglet u otros. Determinación del kit o kits de transformación, así como las distintas opciones que van a ofertarse. Es requisito que el avión seleccionado no se haya utilizado hasta el momento como plataforma MP.</i></p>	<p>El último apartado del capítulo 3, Requisitos del proyecto AIM2S, presenta los requisitos del programa AIM2S que cubriría las necesidades de la OTAN en cuestión de aeronaves de patrulla marítima.</p> <p>En base a estos requisitos, en el capítulo 4.</p> <p>Selección de avión y sistemas MP, se analiza y propone una solución novedosa y competitiva que cumple con estos requisitos de manera atractiva para su posterior exportación a otros países con diferentes necesidades.</p>
<p><i>Proyecto Básico de Transformación: Análisis técnico, viabilidad y proyecto básico de transformación de cada uno de los sistemas de MP: zonas y sistemas afectados, desmontajes/montajes, refuerzos/modificaciones estructurales, mazos eléctricos, etc. Análisis de normativa, aeronavegabilidad, certificación y ensayos. Debe incluirse también una estimación de tiempos, medios necesarios y costes (presupuesto preliminar).</i></p>	<p>El capítulo 5. Proyecto básico de transformación, cumple con los objetivos de este punto mediante el diseño de un número de modificaciones, agrupados en un total de 15 ATAs. Estas alteraciones o incorporaciones al diseño de base, son necesarias para la transformación de la aeronave Airbus A220 en un avión de patrulla marítima con las capacidades descritas anteriormente.</p> <p>El capítulo 6. Proceso de transformación recoge lo relativo al proceso de transformación en sí, incluyendo los plazos necesarios para cada una de las etapas, los costes estimados y los pasos a seguir en lo relativo a la certificación del producto final por parte de la autoridad competente.</p>



*Proceso de Transformación: Boletines de servicio (preliminares) de transformación para cada kit y opcionales, usando como base y referencia la información del punto 3 anterior, y teniendo en cuenta las interrelaciones de los distintos sistemas y kits.*

Este objetivo se ha cumplido parcialmente, si bien se han diseñado todas las modificaciones necesarias para la transformación, se han agrupado por ATAs y no por boletines de servicio. Todas las modificaciones han sido diseñadas teniéndose en cuenta la compatibilidad con el resto de kits.

*Avión transformado (MP): Análisis de actuaciones de todo el conjunto (plataforma + sistema MP/kit). Comparación con aviones MP existentes (orientado a oferta y comercial).*

El capítulo 7. Avión transformado MP recoge una recopilación de las capacidades del avión una vez ha sido transformado, comparándolo con los aviones en servicio que podrían hacerle competencia.

*Conclusiones y comentarios del autor: Problemas encontrados, viabilidad, mejoras futuras del proyecto, y cualquier otro punto que el autor considere relevante.*

El capítulo 8. Conclusiones y comentario del autor, concluye el trabajo con los comentarios finales acerca de la realización de este proyecto.

### 7.3 Cumplimiento de objetivos impuestos por RFI de OTAN

En este epígrafe se han completado las siguientes tablas siguiendo las directrices de la RFI publicada por la OTAN [54], adjuntas en el Anexo I, para la tramitación de la propuesta de aeronave de patrulla marítima del programa AIM2S.

Antes de leer este apartado se recomienda consultar las tablas de requisitos incluidas en la RFI, que han sido traducidas al español en este trabajo como Tabla 3-3. Misiones principales y secundarias AIM2S (a rellenar por el fabricante). (Fuente: [54]) y Tabla 3-4. Capacidades clave para la OTAN del programa AIM2S (a rellenar por el fabricante). (Fuente: [54]).

*Tabla 7-13. Misiones principales y secundarias AIM2S (a rellenar por el fabricante). (Fuente: [54])*

Tipo de misión	Misión	<b>¿Tiene una solución existente para realizar este tipo de actividad operativa? En caso afirmativo, detalle conforme a lo requerido en la Tabla 3-1. Misiones principales y secundarias AIM2S. (Fuente: [54])</b>
<b>PRINCIPAL</b>	<b>ASW</b>	<p>La aeronave está totalmente equipada para desempeñar las tareas de ASW, siendo capaz de detectar, vigilar y acabar con amenazas submarinas.</p> <p>Gracias a sensores como el radar de búsqueda, el detector de anomalías magnéticas y el sistema acústico de sonoboyas, se podrán realizar informes de situación, capacidades y operatividad de los posibles objetivos, así como reportar esta información a los mandos principales de la misión a través de sistemas de enlace de datos.</p> <p>Gracias a sus sensores acústicos y sonoboyas será posible hacer una caracterización ambiental de la zona de operaciones para facilitar las tareas de seguimiento.</p>

		<p>Gracias al armamento embarcado, en forma de cargas de profundidad y torpedos, será posible contrarrestar las capacidades submarinas del enemigo.</p>
	<b>ASuW</b>	<p>La aeronave está totalmente equipada para desempeñar las tareas de ASuW, siendo capaz de detectar, vigilar y acabar con amenazas en superficie.</p> <p>Gracias a sensores como el radar de búsqueda, el sensor EO/IR y los sistemas IFF y AIS, se podrán realizar informes de situación, capacidades y operatividad de los posibles objetivos, así como reportar esta información a los mandos principales de la misión a través de sistemas de enlace de datos.</p> <p>El sistema radar permitirá localizar y realizar seguimiento de objetivos más allá del horizonte visual.</p> <p>Además, junto con el sistema de identificación AIS y con la torreta EO/IR, será posible realizar un control exhaustivo de objetivos de pesca y migración ilegal, así como de piratería.</p> <p>Mediante el armamento embarcado compuesto por bombas sin sistema de guiado, misiles guiados antibuque y misiles aire-tierra, será acabar con amenazas situadas en superficie.</p>
	<b>ISR, Guerra electrónica</b>	<p>La aeronave está totalmente equipada para desempeñar las tareas de ISR y guerra electrónica mediante el uso de sus sensores y los diferentes enlaces de datos para el reporte de las imágenes e información recolectada.</p> <p>Gracias al radar de búsqueda, se podrá realizar una vigilancia de un escenario amplio pudiéndose clasificar los diferentes actores localizados dentro del área de interés utilizando las herramientas de clasificación de objetivos y librerías de inteligencia que pueden ser gestionadas con el sistema FITS.</p> <p>Mediante el sistema electro-óptico y los modos de imagen de alta resolución que equipa el radar fabricado por ELTA, la aeronave será capaz de recolectar imágenes y videos de zonas de alto grado de interés.</p> <p>Mediante el sistema de medidas de soporte electrónico, se podrá hacer un análisis y diagnóstico de un amplio espectro radio magnético dentro de un área de interés.</p> <p>Gracias a los sistemas de enlaces de datos esta información será reportado en tiempo real a otras aeronaves, buques o estaciones en tierra.</p>

	<p><b>Joint Personnel and Recovery (JPR)</b></p>	<p>La aeronave está totalmente equipada para desempeñar las tareas de búsqueda y apoyo durante el rescate de vehículos o personal en situación de emergencia.</p> <p>Gracias a su autonomía, alcance y velocidad, esta aeronave podrá ser utilizada como el primer medio de búsqueda de objetivos en áreas amplias de búsqueda.</p> <p>Una vez llegado al área de interés, se utilizarán el radar de búsqueda, el sistema electro-óptico y el sistema detector direccional de emisiones (DF) para la detección y rastreo de vehículos y personas en peligro o de elementos de emisión de emergencias como pueden ser las radiobalizas EPIRB (<i>Emergency Position Indicating Radio Beacon</i>) o ELT (<i>Electronic Locator Transmitter</i>).</p> <p>Tras la identificación del objetivo, la aeronave podrá dar soporte a los medios de rescate mediante el sobrevuelo y seguimiento mediante sensores de la operación de rescate en todo momento.</p>
<b>COLATERAL</b>	<p><b>Soporte a operaciones especiales</b></p>	<p>La aeronave está totalmente equipada para desempeñar las tareas de apoyo a unidades de operaciones especiales.</p> <p>Gracias a la integración de sensores como el EO/IR, ESM, IFF y sistemas de comunicaciones con enlaces de datos, su apoyo desde grandes distancias será una gran ayuda como soporte a equipos de operaciones especiales desplegados en localizaciones enemigas. Además, su armamento puede ser utilizado previamente al despliegue de estas unidades en zonas donde sea necesario.</p> <p>La aeronave es capaz además de reportar en tiempo real el estado de cualquier tipo de operación mediante el envío de reportes en forma de imágenes y video.</p> <p>La aeronave podrá desplegar un equipo de operaciones especiales y una gran cantidad de material logístico en sus bodegas en un rango de acción muy amplio (ver 7.1.1 Actuaciones A220 MPA).</p> <p>La aeronave presenta restricciones en el lanzamiento de carga y personal debido a las altas velocidades de operación y la ausencia de rampa trasera.</p>
	<p><b>Guerra de minas aerotransportada</b></p>	<p>La aeronave podrá ser equipada con cargas de profundidad para su despliegue en zonas navales donde sea necesaria estas medidas de protección frente a amenazas submarinas o de superficie.</p>

Tabla 7-14. Capacidades clave para la OTAN del programa AIM2S (a rellenar por el fabricante). (Fuente: [54])

Misión	¿Tiene una solución existente para realizar el grupo de variante de capacidad como se detalla en la Tabla 3-2. Capacidades clave para la OTAN del programa AIM2S. (Fuente: [54])?
ASW	<p>EL A220 MPA cumple con la totalidad de los requerimientos de una operación ASW.</p> <p>Los sistemas más importantes para desempeñar estas funciones son los siguientes:</p> <p>Sistemas de detección y seguimiento de objetivos submarinos mediante los siguientes sensores:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Detector de anomalías magnéticas</li> <li>• Sistema de detección acústica mediante sonoboyas</li> <li>• Sistema de lanzamiento de sonoboyas</li> </ul> <p>Sistemas de lucha frente a objetivos submarinos mediante armamento:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Torpedos Raytheon Mk-54</li> <li>• Cargas de profundidad</li> </ul>
Operaciones navales de largo alcance	<p>EL A220 MPA cumple con la totalidad de los requerimientos de una operación naval de largo alcance.</p> <p>La aeronave puede ser desplegada en cualquier parte del mundo gracias a que no presenta ningún tipo de necesidad de combustible, repuestos o mantenimiento fuera de lo común respecto a cualquier tipo de aeronave de transporte comercial. Los sistemas de misión instalados pueden ser mantenidos de igual forma sin limitaciones adicionales.</p> <p>El requerimiento de operar durante más de 6 horas en una base a 550 millas náuticas de la zona de operaciones se cumple parcialmente como se demuestra en la Tabla 7-10. Estimación autonomías A220 MPA con diferentes configuraciones. Si bien 8.1 horas de autonomía en configuración AIM2S con tanques de combustible adicionales no son suficientes para operar tan lejos de la base, hay que tener en cuenta dos factores:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La forma de estimar la autonomía ha sido calcular el tiempo que tardaría la aeronave en recorrer el máximo alcance en cada configuración a la velocidad de crucero. Esta situación queda bastante distante de la que maximiza la autonomía de una aeronave, en la que la velocidad de vuelo es inferior a la de crucero de máximo alcance.</li> <li>- Estos valores son estimaciones muy conservativas respecto al efecto real que tiene el <i>Drag Index</i>. En una fase de diseño más detallada los resultados serían mucho mejores.</li> </ul> <p>Gracias a su certificación civil, se legitima que puede acceder de forma ágil y segura a espacios aéreos segregados y no segregados.</p> <p>Los equipos de comunicaciones V/UHF, HF y de comunicación por satélite, proveen a la aeronave de la capacidad de comunicación (comunicaciones LOS y BLOS) de forma segura en ambientes hostiles gracias a sus sistemas de cifrado.</p> <p>Los tres tipos de enlaces de datos instalados aseguran la interoperabilidad y el intercambio de datos de la unidad con diferentes tipos de vehículos y estaciones marítimas o terrestres.</p>

	<p>Los sistemas de sonoboyas y acústico, junto con el ESM, desarrollarán las funciones de recopilación de datos de inteligencia de firma y acústica en misiones ASW.</p>
<p><b>Operaciones navales tácticas</b></p>	<p>El A220 MPA cumple con la totalidad de los requerimientos de una operación naval táctica.</p> <p>La aeronave cumple todos los requerimientos comunes a las operaciones navales de largo alcance y los específicos para operaciones en rangos de operación tácticos, al ser estos menos restrictivos.</p> <p>La aeronave tiene la capacidad de operar durante más de 3 horas en una base a 120 millas náuticas de la zona de operaciones como se demuestra en la Tabla 7-10. Estimación autonomías A220 MPA con diferentes configuraciones.</p> <p>El requisito de mantener una velocidad de tránsito de 120 nudos se cumple parcialmente ya que, aunque la aeronave está capacitada para ello, la carga de pago y de combustible que puede llevar para cumplir con esta condición hace difícil la operación naval táctica. Ver apartado Actuaciones A220 MPA del capítulo 7.</p>
<p><b>ASuW</b></p>	<p>El A220 MPA cumple con la totalidad de los requerimientos de una operación ASuW.</p> <p>Los sistemas más importantes para desempeñar estas funciones son los siguientes:</p> <p>Sistemas de detección y seguimiento de objetivos en superficie mediante los siguientes sensores:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Radar de Búsqueda multimodo ELTA ELM-2022</li> <li>• Torre de multiespectral electroóptica e infrarroja (EO/IR) MX-20</li> <li>• Sistema de identificación automática de embarcaciones (AIS) con sistema interrogador</li> </ul> <p>Sistemas de lucha frente a objetivos de superficie mediante armamento:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Misiles McDonnell Douglas (hoy Boeing) AGM-84 Harpoon antibuque.</li> <li>• Misiles AGM-84 H/K Standoff Land Attack Missile-Expanded Response (SLAM-ER). Se trata de la versión del Harpoon Aire-Tierra.</li> </ul> <p>Bombas General Dynamics MK-82 sin sistema de guiado.</p>
<p><b>ISR marítimo de largo alcance</b></p>	<p>El A220 MPA cumple con la totalidad de los requerimientos de una operación ISR marítimo de largo alcance.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Radar de Búsqueda multimodo ELTA ELM-2022</li> <li>• Torre de multiespectral electroóptica e infrarroja (EO/IR) MX-20</li> <li>• Medidas de soporte electrónico (<i>Electronic Support Measures – ESM</i>)</li> </ul> <p><i>Sistemas de enlaces de datos MIDS (Link 16), Link 11 y SATCOM Inmarsat</i></p>

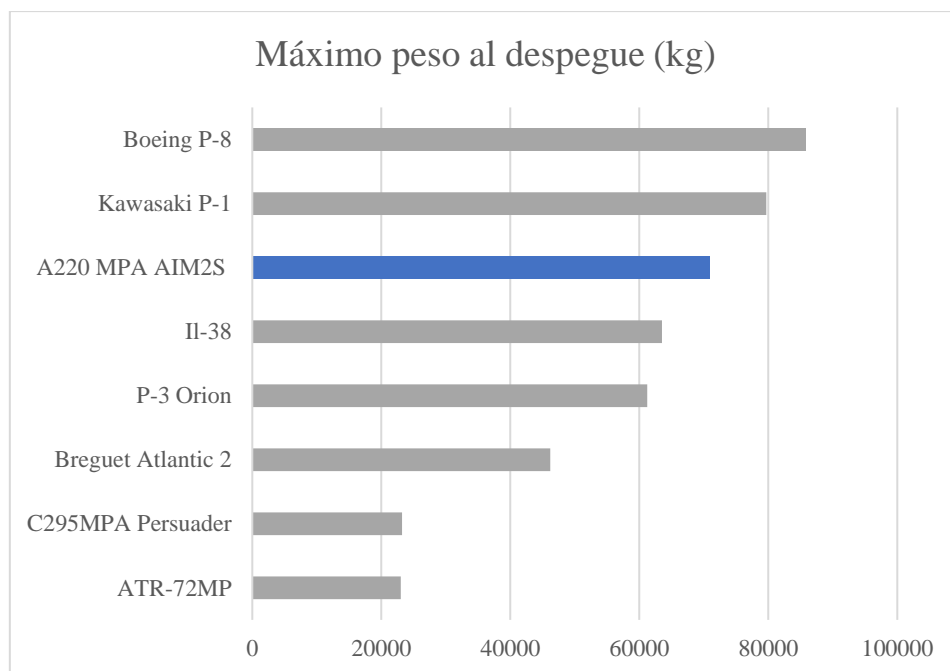
<p><b>ISR marítimo táctico</b></p>	<p>El A220 MPA cumple con la totalidad de los requerimientos de una operación ISR marítimo táctico.</p> <p>La aeronave cumple todos los requerimientos comunes a las operaciones ISR marítimas de largo alcance y los específicos para operaciones en rangos de operación tácticos, al ser estos menos restrictivos que los de largo alcance.</p>
<p><b>CSAR – JPR</b></p>	<p>El A220 MPA cumple parcialmente con los requerimientos de una operación CSAR.</p> <p>La plataforma es capaz de localizar y autenticar la identidad de personal en situación de peligro, pero sería capaz de recuperarlos solo en el caso de existir en la cercanía un aeródromo con las condiciones suficientes para el aterrizaje y despegue de la aeronave.</p> <p>La aeronave sería capaz de transportar 12 soldados totalmente equipados en la cabina o tres toneladas de carga gracias a sus bahías de carga.</p> <p>Teniendo en cuenta una tripulación mínima de 10 personas (3 en cockpit, 5 operadores de misión y dos observadores) con un peso con equipaje de 100 kilogramos cada uno, el peso sin combustible de este caso sería de 44,092 kg o 97,206 lb. Para este peso siguiendo el procedimiento del punto 7.1.2 Actuaciones A220 MPA se cumplen ampliamente las actuaciones requeridas.</p>
<p><b>Apoyo a grupo de operaciones especiales</b></p>	<p>El A220 MPA cumple con los requerimientos de una operación de apoyo a grupo de operaciones especiales a excepción del transporte de paracaidistas o lanzamiento de carga mediante paracaídas. Para ello emplearía las capacidades especificadas para ASW, ASuW y Maritime ISR.</p>
<p><b>Operaciones de caza minas (más conocido por su término en inglés <i>Mine hunting</i>)</b></p>	<p>El A220 MPA cumple totalmente con los requerimientos de una operación de caza de minas empleando las capacidades especificadas para ASW, ASuW y Maritime ISR.</p> <p>Los equipos de comunicaciones V/UHF, HF y de comunicación por satélite, proveen a la aeronave de la capacidad de comunicación (comunicaciones LOS y BLOS) de forma segura gracias a sus sistemas de cifrado.</p> <p>Los tres tipos de enlaces de datos instalados aseguran la interoperabilidad y el intercambio de datos de la unidad con diferentes tipos de vehículos y estaciones marítimas o terrestres.</p> <p>Los sistemas de sonoboyas y acústico, junto con el ESM, desarrollarán las funciones de recopilación de datos de inteligencia de firma y acústica en misiones ASW.</p> <p>Los sistemas están preparados para que los tripulantes puedan operar la equipados con dispositivos de protección personal frente a amenazas nucleares, radiológicas, biológicas o químicas, sin ningún tipo de limitación en sus capacidades.</p>

<p><b>Operaciones de minería naval (encubiertas)</b></p>	<p>El A220 MPA cumple totalmente con los requerimientos de una operación de despliegue de minas navales empleando las capacidades especificadas para ASW. Gracias a sus sistemas de cifrado de comunicaciones y la capacidad de operar eliminando cualquier tipo de emisión electromagnética automática, podrá realizar este tipo de operaciones de forma encubierta.</p>
<p><b>Operaciones de minería naval (descubiertas)</b></p>	<p>El A220 MPA cumple totalmente con los requerimientos de una operación de despliegue de minas navales empleando las capacidades especificadas para ASW.</p>

## 7.4 Comparativa con otros modelos

A nivel de actuaciones se han preparado las siguientes figuras que comparan el alcance, autonomía y peso máximo al despegue de los modelos de patrulla marítima actualmente en servicio con la plataforma desarrollada en este trabajo.

La primera figura compara los pesos máximos al despegue del A220 MPA con algunos de los modelos actualmente en servicio. Esto dará una idea de cuáles son los modelos con los que se debe comparar sus capacidades, tanto de actuaciones como de equipamiento de sensores, ya que es un dato muy representativo del tamaño y capacidad de carga de cada plataforma.



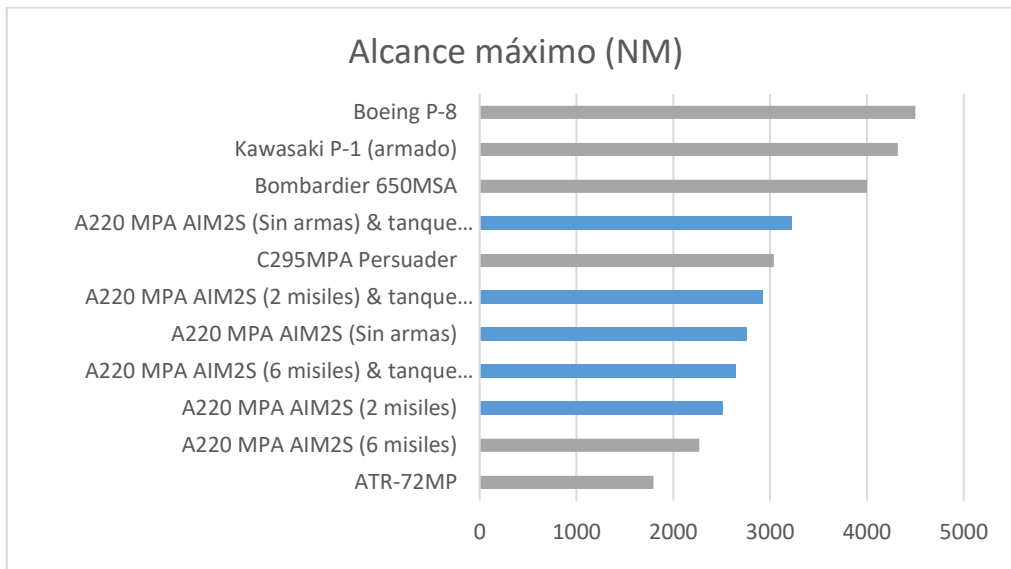
*Figura 7-9. Comparativa MTOW A220 MPA con la competencia*

La siguiente figura compara los alcances máximos recopilados en el capítulo 2 de este trabajo, Aviones MP en servicio, con los alcances del modelo A220 MPA con diferentes configuraciones calculados en la sección anterior.

Para empezar, hay que tener en cuenta que muchos de los alcances publicados sobre los modelos de patrulla marítima actualmente en servicio corresponden con el alcance en ferry, que indica la distancia máxima

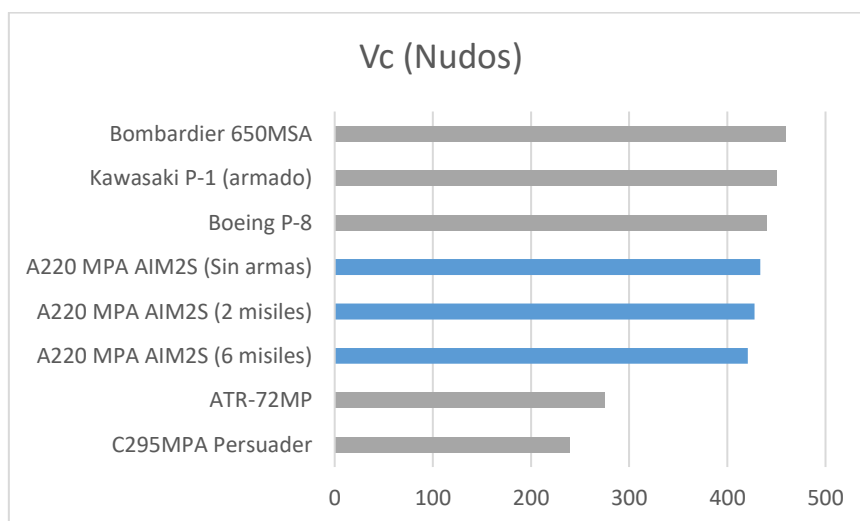
posible sin armamento y ni carga de pago, aunque no estén indicados como tal. El alcance en ferry del A220 MPA no ha sido calculado ya que carece de utilidad a la hora de cumplir con las especificaciones impuestas por la OTAN.

Los datos de alcance confirman que las estimaciones llevadas a cabo son muy conservadoras, en futuros pasos del proceso de diseño y certificación se constataría casi con total seguridad que las actuaciones de alcance son notablemente mejores al del C295. En cualquier caso, el avión presenta unos valores de alcance buenos teniendo en cuenta que se trata de una aeronave más pequeña que su principal contrincante, el Boeing P-8 Poseidon. Esto demuestra la eficiencia de la planta propulsora y la correcta decisión de equiparla con tanques de combustible adicionales, que como se ha citado anteriormente son de instalación y desinstalación rápida, sin necesidad de modificaciones estructurales.



**Figura 7-10. Comparativo alcance A220 MPA con la competencia**

Como aeronave propulsada por motores a reacción, los valores de velocidad de crucero son considerablemente más altos que en el caso de los modelos turbopropulsados. En este aspecto sólo se ve superado por el Bombardier 650MSA, Kawasaki P-1 y el *Poseidon*, con una diferencia mínima, como se ve reflejado en la Figura 7-11. Comparativa velocidad de crucero A220 MPA con la competencia. Este aspecto permite llegar al A220 MPA a la zona de operaciones antes que la mayoría de sus contrincantes, manteniendo unos niveles de fiabilidad y eficiencia óptimos aún a estas velocidades.



**Figura 7-11. Comparativa velocidad de crucero A220 MPA con la competencia**



Teniendo en cuenta las actuaciones, tamaño y capacidad de carga se tienen dos modelos como posible competencia, son el Boeing P-8 y el Kawasaki P-1.

En cuanto a la comparativa de sensores, la única plataforma que iguala las actuaciones del A220 MPA y las capacidades en cuanto a tipos y modernidad de sensores son el Boeing P-8 y el Kawasaki P-1, equipando prácticamente los mismos tipos de sensores. La integración de éstos en un sistema de misión común donde no solo se comparte la información, sino que se fusiona y se comparte con otros actores de la misión, es algo que hacen de igual forma el Boeing y Airbus. El japonés puede ser descartado por su filosofía y arquitectura de sistema de misión tan diferente a los utilizados en Occidente. El hecho de utilizar fabricantes de equipos asiáticos limita la compatibilidad de éstos con equipos fabricados en países OTAN y, lo que es más importante, elimina la repercusión positiva que puede traer la compra de una aeronave para la economía y tejido industrial nacional de un país OTAN.

Como conclusión hasta ahora, se puede asegurar que la única competencia del A220 MPA para ganar el concurso presentado por la OTAN para el programa AIM2S es el Boeing P-8 Poseidon. Comparando ambas aeronaves, la única diferencia de capacidad con la que no cuenta el A220 MPA es el de las armas con capacidad de planeo y los drones lanzados desde el mismo avión. Estos elementos no se han propuesto en este trabajo, pero esto no significa que sea una limitación de la plataforma, simplemente ha quedado fuera del alcance del trabajo y es una opción de futuro para seguir estudiando.

Desde el punto de vista de la fiabilidad y facilidad de mantenimiento, ambas aeronaves presentan las mismas características ya que provienen del mundo de la aviación civil comercial, donde las aeronaves son diariamente despachadas como aptas para volar en más de un 98 % de los casos. [73]

El aspecto que marcaría la diferencia y que convencería a la OTAN para decantarse por el modelo presentado por Airbus sería la repercusión económica de este programa, dividiéndolo en dos puntos:

- En primer lugar, se tiene en cuenta el coste directo que tendría para el cliente la adquisición de una flota de aeronaves de este tipo. El coste unitario de un *Poseidon* asciende a 125 millones de dólares en la actualidad (106 millones de euros aproximadamente), teniéndose en cuenta que se han construido más de 60 unidades con una cartera de pedidos no despreciable, con lo que esto supone en reducción de costes. El A220 tendría un precio unitario de 137.5 millones para el caso de crear el programa para vender una sola unidad, esto hace prever que el precio de venta al público real sería igual o menor al del Boeing, cuyo precio de avión verde excede en 20 millones de euros el del A220.
- En segundo lugar, se tiene el impacto que tendría este proyecto en la industria aeroespacial europea, que ya estaba en desaceleración antes de ocurrir la pandemia de COVID 19. Teniendo en cuenta que el programa AIM2S estaría basado en Europa, no sería difícil pensar en el interés de los gobiernos de las naciones implicadas en construir este programa desde casa.

Recuperando la pregunta formulada al inicio de este trabajo:

---

*“¿Podría una solución diferente a las citadas ganar el concurso?”*

*Sí, el A220 MPA en versión AIM2S es el mejor candidato posible para hacer frente a las necesidades de la OTAN del futuro en materia de seguridad marítima.*

---



## 8 CONCLUSIONES Y COMENTARIO DEL AUTOR

---

La principal conclusión obtenida durante la realización de este trabajo es que, a día de hoy, no existe una plataforma o arma idónea que pueda tener éxito frente a un solo tipo de amenaza. Aunque se puede conseguir un producto muy efectivo para un tipo de amenaza, en este mundo tan globalizado y cambiante, la versatilidad aporta mucho más valor que la especialidad. Esto se ve reflejado en las características de las aeronaves de patrulla marítima diseñadas en la última década, donde la capacidad de adaptación a diferentes tipos de misiones es un requisito imprescindible. En la gran mayoría de las veces en las que un nuevo modelo de aeronave se incorpora a un ejército para cubrir una necesidad, ésta no termina siendo usada de la misma forma ni siguiendo la misma filosofía con la que se esperaba utilizar. El ejemplo más claro es el del Boeing P-8 Poseidon, un avión diseñado para reemplazar al Lockheed Martin P-3 Orion de patrulla marítima y utilizado hoy en día como arma en misiones de inteligencia.

Teniendo esto en cuenta y con la intención de realizar un trabajo lo más cercano a las necesidades actuales, se decidió desarrollar una plataforma multimisión que no solo cumpliera con los objetivos de este Trabajo de Fin de Grado, sino que también hiciera frente a un concurso lanzado por la OTAN para cubrir la demanda de aeronaves de este tipo en Europa. Como resultado, se ha diseñado a partir de una aeronave existente una plataforma de misión a la vanguardia en tecnología y en versatilidad, capaz de hacer frente a su principal contrincante, el modelo diseñado por Boeing.

Además, aunque no hayan entrado dentro del alcance de este trabajo, las posibilidades de futuro del A220 MPA son varias. Las más interesantes, son las del desarrollo de un sistema de armas con capacidad de planeo como en el caso americano con su sistema *Longshot*, aumentando así el alcance y en lanzamientos desde grandes altitudes, donde este tipo de aeronaves se desenvuelve mejor. Otra mejora sería la implantación de gafas de realidad aumentada para los operadores de misión para, por ejemplo, ser capaces de ver mayor cantidad de información superpuesta en los paneles de cada consola (algo ya usado en la flota MRTT). Otra funcionalidad sería la de “eliminar” las paredes y suelo de la cabina para que, con la ayuda de cámaras de 360 grados instaladas en el fuselaje, la tripulación pudiera visualizar el exterior solo con orientar la cabeza hacia ese punto.

Aparentemente, en el hipotético caso de que Airbus decidiera presentar esta plataforma para el concurso, la decisión final de elegir al *Poseidon* o al A220 MPA sería tomada por cuestiones políticas y geoestratégicas más que por capacidades técnicas, ya que ambas presentarían cualidades más que suficientes y posibilidades de mejora en el futuro. Según los plazos dispuestos en la RFI de la OTAN [54], las solicitudes de cada fabricante ya han sido enviadas y seleccionadas en el momento de escribir estas líneas (Septiembre de 2020), aunque el ganador del concurso no ha trascendido públicamente todavía.

En cuanto a la realización de este trabajo, ha sido todo un desafío por varios motivos. En primer lugar, el hecho de tratar información de carácter militar hace muy difícil el acceso a ésta, ya que las capacidades de una plataforma, sensor o armamento suele ser uno de los secretos mejor guardados de una entidad militar. No hay que olvidar que uno de los fines de un ejército es salvaguardar la seguridad de sus ciudadanos frente a amenazas y esto pasa por contar con una superioridad frente a los medios de éstas. En general, cuando una información específica no podía ser referenciada, se ha decidido no incluirla en el trabajo.

Esta falta de información ha sido clave a la hora de abordar el cálculo de las nuevas actuaciones de la aeronave transformada. La falta de referencias de datos de una aeronave con relativo poco tiempo en el mercado ha hecho necesario tomar varias hipótesis y asunciones, siempre desde un punto de vista conservativo, para poder avanzar en el trabajo. Finalmente, las capacidades de la nueva aeronave concuerdan perfectamente con aeronaves similares en el mercado, lo que parece confirmar que la forma de trabajar ha sido acertada.

La necesidad de Europa de una plataforma de este tipo es real, más si cabe en el caso de España. En el deseo del autor está que la pandemia que está sufriendo el país, no merme la voluntad del estado de seguir estando protegidos en este medio marítimo que tantas alegrías y problemas ha dado a España a lo largo de su historia.





## 9.1 Anexo I. Request for information (RFI) in relation to potential Cooperation on Accelerated Interim Multinational MPA Solution (AIM2S).



PROCUREMENT DIRECTORATE  
DIRECTION DES ACHATS

**NATO SUPPORT AND PROCUREMENT AGENCY**  
**AGENCE OTAN DE SOUTIEN ET D'ACQUISITION**



P/2019/070

NATO UNCLASSIFIED

2 July 2019

**SUBJECT : Request For Information (RFI) in relation to potential Cooperation on Accelerated Interim Multinational MPA Solution (AIM2S)**

NATO will face an increasingly widening gap of available Maritime Patrol Aircraft (MPA) starting in 2023. Beyond this quantitative aspect, some NATO Allies and Partner nations are also experiencing qualitative challenges due to the rapidly ageing assets and equipment in their fleet inventories. In addition, as some NATO Allies and Partner nations upgrade their fleets to meet current and future threats, interoperability challenges arise with ageing assets and less capable modernization programs.

A group of 9 (nine) NATO Allies and Partner nations are considering joining efforts to create an Accelerated Interim Multinational MPA Solution (AIM2S) to their ageing maritime anti-submarine, intelligence surveillance and reconnaissance aircraft. This initiative is looking for solutions for a multinational fleet construct for this critical capability area, which will deliver an affordable interim solution to meet the current threat and address the operational challenges until potential longer-term solutions can be developed and delivered.

NSPA is seeking, in coordination with NATO IS Defence Investment Division, Industry responses to the attached Request for Information (RFI), to provide interested NATO Allies and Partner nations with relevant information on a number of key aspects such as existing market capabilities, potential applicable contractual frameworks, and potential benefits of a cooperative approach.

If your company has the interest and ability to deliver AIM2S solutions starting in 2023, you are kindly invited to confirm your participation in this RFI by returning the form at Annex A hereto by 19 July 2019. Your RFI response, in the form of a Report answering the specific questions posed, should be provided no later than 30 August 2019, 8 September 2019.

All RFI responses will be handled in confidence. RFI responses shall not be the basis for a contract and NSPA does not intend that any contract shall be concluded by this RFI and your Company response. NSPA will not reimburse any costs your Company incurs in responding to this RFI.

NATO UNCLASSIFIED

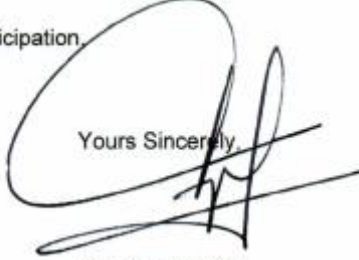
-1-

NATO UNCLASSIFIED

NSPA may invite respondents to a future industry day in order to provide further details to interested NATO Allies and Partner nations.

For any questions or additional information do not hesitate to contact NSPA POC Mr Carlos Ferrer López, [carlos.ferrer-lopez@nsa.nato.int](mailto:carlos.ferrer-lopez@nsa.nato.int) , +352 3063 6563.

Thanking you in advance for your attention and participation.

Yours Sincerely  
  
Patrick Fesquet  
Director of Procurement

NATO UNCLASSIFIED

- 2 -

## AIM2S CAPABILITIES REQUEST FOR INFORMATION

### 1. INTRODUCTION

Solution AIM2S would be based on several key principles:

1. In order to meet the short-term NATO Defence Planning Process Maritime Patrol Reconnaissance Aircraft capability requirements, the intent is to enable an initial fielding of capabilities as early as 2023;
2. Solutions should meet all relevant NATO Capability requirements given in Table 2 (see paragraph 2.2); and
3. Industries may explore all potential contracting solutions including:
  - a. Leasing (such a solution might also consider 2 sub-solutions being the leasing of new assets or the leasing of refurbished assets);
  - b. Buying new assets (including the option to include an obligation to buy-back the assets);
  - c. Mixed approach consisting of a fleet with leased and bought assets;
  - d. Other to be defined.

### 2. GENERAL INFORMATION

This section briefly describes a number of key expectations for the system. It discusses the operational missions that the system must perform, a short description of the system architecture and other information of interest.

#### 2.1. Key assumptions:

- The AIM2S foresees the creation of a multinational fleet of assets providing an expected aggregated total of 8,500 (eight thousand, five hundred) annual operating hours.

The assets should as a minimum meet or exceed the following key requirements:

#### A- Time related requirements

AIM2S is envisioned as an interim solution with an initial in service time of 2023-2035. Options should be included to extend the in service time beyond 2035, either for the entire AIM2S fleet or parts of it.

#### B- Performance related requirements

The broad scope of operationally relevant areas for AIM2S employment in Europe favours the establishment of a network of operating bases to meet the needs of NATO's Area of Operations (AOR). As such, responses should include basing options of operating the AIM2S fleet out of minimum of one Main Operating Base in Europe and several Forward Operating Bases. The overall basing concept should allow the AIM2S fleet to effectively operate in various regions, potentially including the Baltic Sea, the North Sea, the Mediterranean, the Black Sea, and the Atlantic.

#### C- Cost related requirements

Responses should include the provision of non-binding rough order of magnitude cost indications based on the various assumptions stipulated within this RFI (i.e. various basing configurations, fleet size, delivery mechanisms, acquisition only, acquisition plus operations and maintenance, acquisition plus acquisition and maintenance and



NATO UNCLASSIFIED

training). The cost indications should be provided as aggregate totals as well as per flight hour, while specifying the annual predicted flight hour contingent serving as the baseline.

2.2. Missions

AIM2S should foster multi-national cooperation to fulfil NATO capability obligations more efficiently. AIM2S will be capable of performing overland operations. Table 1 identifies the Core and Collateral missions of the expected AIM2S systems:

Mission type	Mission	Roles
CORE	Find, Fix, Finish ASW	Anti-Submarine Warfare and associated weapons delivery Underwater Surveillance and Reporting Environmental Characterization
	Find, Fix, Finish ASuW	Anti-Surface Warfare and associated weapons delivery Surface Surveillance and Reporting Shipping interdiction Over the Horizon Targeting (OTH-T) Anti-Piracy (at sea) / Fisheries Patrol / Anti-Shipping Anti-illegal Activity (smuggling, poaching, migration)
	Maritime ISR	Surface Surveillance and Reporting Image collection
	Electronic warfare	
COLLATERAL	Joint Personnel and Recovery	Search and Rescue (SAR) Operations
	Support to Special Operations	Support to Special Operations Forces Other specialized, mission tailored capabilities Transport and para-drop of cargo and personnel
	Airborne Mine Warfare	Naval Mine Laying Covert Naval Mine Laying Overt Harbour Protection Module

Table 1 – Missions of the AIM2S

Table 2 outlines the key requirements expected from the AIM2S assets:

Capability Variant Group	Capabilities
Anti-Submarine Warfare	The platform must be capable of executing airborne operations denying the enemy the effective use of their submarines in any maritime environment and engaging in sub-surface targets and capable of

NATO UNCLASSIFIED

NATO UNCLASSIFIED

Capability Variant Group	Capabilities
	<p>establishing, maintaining and surveillance of a sonobuoy field IAW ref documents.</p>
<p><b>Naval Operations Air Delivery (Long Range)</b></p>	<p>Capable of being deployed worldwide executing long range maritime airborne operations. Requirements include:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Capable of a minimum of 6 hours' time on station when operating 500NM from base.</li> <li>- Capable of maintaining a transit speed of 250 knots and of sustaining a minimum speed of 200 knots.</li> </ul> <p>In addition, the platform must be capable of:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Operating in a hostile and dense EM (electromagnetic) environment.</li> <li>- Safe and expeditious access to segregated and non-segregated airspace based on operational and technical requirements (with appropriate avionics (see reference document MC 195)).</li> <li>- Communicating with ground station or command unit via Common Data Link.</li> <li>- Secure line-of-sight and Over the Horizon (OTH) communication with other deployed units and static command facilities (IAW ref MC 195).</li> <li>- Gathering acoustic Measurement and Signature Intelligence (MASINT)/Acoustic Intelligence (ACINT), for dedicated ASW aircraft.</li> <li>- Satisfying the CIS requirements stated in MC 195 for a AIM2S.</li> </ul>
<p><b>Naval Operations Air Delivery (Tactical)</b></p>	<p>Capable of being deployed worldwide executing maritime airborne operations at tactical ranges. Capabilities include:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- A minimum of 3 hours' time on station when operating 120 NM from base.</li> <li>- Maintaining a transit speed of 120 knots.</li> <li>- Operating in a hostile and dense EM (electromagnetic) environment.</li> <li>- Being deployed to airbases and/or naval units.</li> <li>- Safe and expeditious access to segregated and non-segregated airspace based on operational and technical requirements (with appropriate avionics IAW MC 195).</li> <li>- Communicating with command unit via Common Data Link.</li> <li>- Secure line-of-sight communication with other deployed units.</li> <li>- Gathering acoustic Measurement and Signature Intelligence (MASINT)/Acoustic Intelligence (ACINT), for dedicated ASW assets.</li> </ul>

NATO UNCLASSIFIED

NATO UNCLASSIFIED

Capability Variant Group	Capabilities
<b>Anti-Surface Warfare</b>	Capable of executing airborne operations in any maritime environment to detect, identify and counter an adversary's naval surface capability. Capable of assuming the duties of Aircraft Control Unit (ACU) and directing FBA aircraft Direct Support (DS) operations and engage surface targets.
<b>Naval Airborne ISR (Long Range)</b>	Capable of conducting long range, persistent surveillance and reconnaissance in order to detect, classify, identify, and track targets in all weather conditions, day and night, in a maritime environment. Capable of providing persistent surveillance and reconnaissance coverage to a horizon (optical and radar) of at least 50 nautical miles.
<b>Naval Airborne ISR (Tactical)</b>	Capable of conducting surveillance and reconnaissance at tactical ranges (in accordance with NTRAD and NUAD) in order to detect, classify, identify, and track targets in all weather conditions, day and night, in a maritime environment. Capable of providing surveillance and reconnaissance coverage to a horizon (optical and radar) of at least 30 nautical miles.
<b>Combat Search and Rescue- Personnel Recovery</b>	<p>Capable of planning and executing Joint Personnel Recovery (JPR) operations by locating, authenticating and recovering isolated personnel from a situation where hostile interference may be expected.</p> <p>Capable of lifting 12 Fully Equipped Combat Solders (FECS), or three tonnes of equipment/supplies, loaded internally or slung externally, with a minimum cruise speed of 120 knots, duration of 2.5 hours (at least one hr on station) and combat radius of 150km at 85% of maximum mission gross weight.</p> <p>Capable of conducting CASEVAC missions.</p> <p>Capable of conducting tactical reconnaissance and air surveillance day and night.</p> <p>Capable of providing an appropriate level of self-defence and protection of crew, passengers and patients.</p>
<b>Special Operations Task Group</b>	<p>AIM2S shall be able to support Special Operations with specific and/or residual capabilities which should include C2 capability, the transport and para-drop of cargo and personnel, support to Special Operations Forces and other specialized, mission tailored capabilities.<sup>1</sup></p> <p>The AIM2S shall support the planning and execution of the full spectrum of special operations in the maritime environment, across the full spectrum</p>

<sup>1</sup> AIM2S are not specifically targeted within the NDPP for Support to Special Operations, however, as an C2 and ISR platform AIM2S can be expected to contribute to these operations using its collateral ISR capability.

Capability Variant Group	Capabilities
	<p>of military operations unilaterally and independently in support of other component commanders.</p> <p>The AIM2S shall support special operations by detecting, localizing, tracking and classifying search objects by passive and active means employing the capabilities specified for ASW, ASuW and Maritime ISR.</p> <p>AIM2S shall be capable of employing selective real/near real-time friendly force tracking capabilities (e.g. discrete mode tracking) and battle tracking procedures for own forces.</p>
<b>Special Operations Air Task Units</b>	AIM2S shall be able to support Special Operations with specific and/or residual capabilities which should include C2 capability, the transport and para-drop of cargo and personnel, support to Special Operations Forces and other specialized, mission tailored capabilities. <sup>2</sup>
<b>Mine Hunting</b>	Capable of supporting mine hunting operations that operate in water depths at least down to 200m using unmanned/manned surface, sub-surface and/or air assets means. Capable of exchanging data with a (deployable) Mine Warfare Data Centre (MWDC). Capable of supporting accurate mine hunting operations with a robust (e.g. jamming resistant) navigation system. Capable of providing an appropriate level of CBRN Defence in accordance with ACO Force Standards.
<b>Naval Mine Laying (Covert)</b>	Capable of supporting covert naval mining operations.
<b>Naval Mine Laying (Overt)</b>	Capable of supporting overt naval mining operations.
<b>Harbour Protection</b>	Capable of supporting the protection for units, facilities and infrastructure located in port/harbour areas, to include associated anchorages used in support of operations. AIM2S capabilities are not specifically targeted for Harbour Protection but due to their ASW, ASuW and Maritime ISR capabilities they are able to contribute to Harbour Protection. This code are included as it is informative of the capabilities required to support Harbour Protection.

Table 2 – Key Requirements

2.3. Architecture

AIM2S overall system will be composed of four segments.

2.3.1. Air segment

<sup>2</sup> AIM2S are not specifically targeted within the NDPP for Support to Special Operations, however, as an C2 and ISR platform AIM2S can be expected to contribute to these operations using its collateral ISR capability.

NATO UNCLASSIFIED

- a. Aircraft (Platform);
  - b. Communication, Navigation, Surveillance and Air Traffic Management Systems;
  - c. Mission Data Management Systems
  - d. Sensor Systems
  - e. Ordnance Systems
  - f. Weapon Systems
  - g. Data Links
  - h. Identification Systems
  - i. Self Defence Systems
- 2.3.2. Ground segment
- j. National fixed Mission Support Centres
  - k. National deployable Mission Support Centres or Aircraft Operational Mission Support (AOMS);
  - l. NATO Maritime Multi-Mission Aircraft Support Centres (MMSC)
  - m. National Processing, Exploitation and Dissemination (PED) entities.
  - n. NATO Processing, Exploitation and Dissemination (PED) entities
- 2.3.3. Network segment
- o. Beyond Line of Sight communication links
  - p. Line of Sight communication links
  - q. Network infrastructure to connect from the BLOS and LOS ground entry stations to the Ground and Support Segments
- 2.3.4. Support segment
- r. Training Systems
  - s. Maintenance Data Management Systems
  - t. Maintenance personnel and facilities
  - u. Transportable Ground Auxiliary Equipment
  - v. Logistic support and supply chains.

**3. RFI REPORT AND KEY AREAS OF RESPONSE**

Your Company response to this RFI is required in the format of a Report answering the following questions related to key areas of interest.

The information received will be disseminated and utilized amongst national and NATO Allies and Partner nations officials involved in the AIM2S project. Any commercially sensitive information shall be marked as such and will be managed accordingly. No information or documentation received from a participating company or organization will be shared or disclosed, whether total or partially, to any of the other respondents.

The report should be concise and structured allowing for easy reading and reference. Lengthy marketing brochures are not desirable.

Industries are invited to list the assumptions made, if any, for the production of their responses.

3.1. Solution(s) proposed

Respondents should provide here a high level description of their solution(s) emphasizing on:

- Contracting models that may be available;

NATO UNCLASSIFIED

- 8 -

NATO UNCLASSIFIED

- Ownership and responsibilities attribution;
- Minimum / Maximum duration of the solution;
- Potential export licensing activities required or impacting the solution;
- Conditions for termination or extension;
- Scope of services to be undertaken by Industry;
- Any other topic of interest.

3.2. Existing knowledge and capabilities

Respondents are invited to fill Tables 3 & 4 (the Report could contain further information to explain the content of these Tables) providing information about their ability to deliver the expected AIM2S operational capabilities.

Mission type	Mission	Do you have an existing solution to perform this operational activity? If yes, please detail (integrated into a platform, modular, coherence with expected schedule given at 1)
CORE	Find, Fix, Finish ASW	
	Find, Fix, Finish ASuW	
	Maritime ISR	
COLLATERAL	Joint Personnel and Recovery (JPR)	
	Support to Special Operations	
	Airborne Mine Warfare	

Table 3: Assessment of participant ability to address operational functions of AIM2S

Capability Variant Group	Do you have an existing solution to perform capability variant group as detailed in table 2?
Anti-Submarine Warfare	
Naval Operations Air Delivery (Long Range)	
Naval Operations Air Delivery (Tactical)	

NATO UNCLASSIFIED

NATO UNCLASSIFIED

Anti-Surface Warfare	
Naval Airborne ISR (Long Range)	
Naval Airborne ISR (Tactical)	
Combat Search and Rescue-Personnel Recovery	
Special Operations Task Group	
Special Operations Air Task Units	
Mine Hunting	
Naval Mine Laying (Covert)	
Naval Mine Laying (Overt)	
Harbour Protection	

Table 4: Assessment of participant ability to address capability variant groups of AIM2S

Respondents are invited to highlight the solutions currently available and / or in service. Can one single aircraft type reasonably cover the full mission spectrum described? If not, what would be the areas more difficult to incorporate?

What are the types of existing platforms that can best suit all missions: manned, unmanned, combinations of both? Is there a need to operate different platforms to cover the overall spectrum of operations listed in the previous table?

For multirole modular platform, what would be your Company's baseline configuration and what capabilities could be modular?

For any solution proposed, Respondents should provide information about the state of design, technology maturity level, status of certification for major subsystems/equipment, state of production wherever applicable.

Companies should also highlight, if applicable, the number of operational hours of the assets proposed through the solution and the references of user Nations.

3.3. Delivery strategy

AIM2S is envisioned as an interim solution with an initial in service time of 2023-2035. Options should be included to extend the in service time beyond 2035, either for the entire AIM2S fleet or parts of it.

When presenting their delivery strategy (-ies), Respondents may also include information and further details about:

NATO UNCLASSIFIED

NATO UNCLASSIFIED

- Basing options of operating the AIM2S fleet out of minimum of one Main Operating Base in Europe and several Forward Operating Bases. Reminder: The overall basing concept should allow the AIM2S fleet to effectively operate in various regions, potentially including the Baltic Sea, the North Sea, the Mediterranean, the Black Sea, and the Atlantic;
- Training and In Service Support activities;
- What would be the Rough Order of Magnitude (ROM) cost of your solution(s) and based on the assumptions given in this RFI? (i.e. various basing configurations, fleet size, delivery mechanisms, acquisition only, acquisition plus operations and maintenance, acquisition plus acquisition and maintenance and training). The cost indications should be provided as aggregate totals as well per flight hour, while specifying the annual predicted flight hour contingent serving as the baseline.

3.4. Cooperative effort

What does your Company consider to be the benefits of international cooperation in terms of cost and interoperability/availability/shared use of your solution? Simulation of cost savings under different possible scenarios could be provided.

What are the strategic areas to be considered to enable a cooperative solution?

3.5. Delivery schedule

Considering the expected delivery schedule of operating hours given in section 2.1, what is its level of realism and under which conditions?

If deemed not achievable, what would be your company's proposed schedule?

3.6. Risk assessment

Highlight the high-level risks from the industry side against the key assumptions for the delivery and deployment of a AIM2S capability in line with the mission overview and related to the solution(s) proposed

Propose possible mitigation plans to the risks identified.

3.7. Conclusion

Provide a summary and explanation of the key elements of your RFI Report and a set of recommendations for further consideration.

4. **RESPONSE FORM**

Please confirm your Company's participation in this RFI by returning the form at Annex A hereto by 15 July 2019.

Your RFI response, in the form of a Report, not to exceed 40 A4 pages, and 10 megabytes, answering the specific questions posed above, should be provided no later than 30 August 2019.

NATO UNCLASSIFIED

- 11 -



## 9.2 Anexo II. Hipótesis tomadas para la realización del trabajo.

En este anexo se recogen las suposiciones hechas en el trabajo. Normalmente estas hipótesis se han tomado debido a la falta de información disponible, siendo necesario asumir estas suposiciones o tomar ciertas decisiones para poder continuar con el trabajo. En cualquier caso, se trata de afirmaciones que, aunque no han podido ser referenciadas a documentos oficiales, han sido contrastadas con casos similares de la industria.

### Hipótesis:

- Hipótesis 1. El objetivo del TFM de diseñar una plataforma MP capaz de competir con las existentes, se verá satisfecho cumpliendo los requisitos del segmento aéreo del proyecto AIM2S. ....58
- Hipótesis 2. Los requisitos para cumplir con la RFI del programa AIM2S serán simplificados en los siguientes:.....58
- Hipótesis 3. El sistema de misión deberá estar dedicado exclusivamente a la operación de misión y no será necesario para volar la aeronave en operaciones civiles. ....63
- Hipótesis 4. El proyecto de modificación partirá de un modelo A220-300 base configurado para el transporte comercial de pasajeros.....77
- Hipótesis 5. El coste medio unitario de la hora de trabajo es similar en todos los departamentos y asciende a 50 euros por hora trabajada. ....136
- Hipótesis 6. El coste de fabricación del avión verde es un 30% menor a su precio unitario de venta público según la Tabla 4-2. Precio medio unitario. Fuente: Airbus. Para el cálculo del precio se aplicará la misma regla en sentido inverso. ....136
- Hipótesis 7. El precio unitario de venta al público de la unidad A220 MPA, será un 30% mayor al coste total de fabricación. ....136
- Hipótesis 8. El MZFW, MTOW y LW no cambian respecto a la plataforma A220 al ser pesos certificados incluidos en el Certificado de Tipo del avión verde.....142
- Hipótesis 9. Cada misil será estimado en 300 Kg, cifra superior a la masa de un torpedo Mk-84 pero inferior a un misil aire-tierra o aire-buque (ver sección de Armamento en la página 73 de este trabajo .....150



# REFERENCIAS

PULSE “ALT + ←” PARA VOLVER AL TEXTO

- [1] Armada Española, “Concepto de Operaciones Navales 2015,” 2015.
- [2] Armada Española, “Seguridad Marítima - Maritime Security - Special - Armada Española - Ministerio de Defensa - Gobierno de España,” 2018. [Online]. Available: <https://armada.defensa.gob.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/conocenos/especiales/prefLang-en/05actividades--99pirateria>.
- [3] Armada Española, “La Armada. Un entorno marítimo seguro para el siglo XXI.” 2018.
- [4] Instituto Geográfico Nacional - Gobierno de España, “Instituto Geográfico Nacional.” [Online]. Available: <https://www.ign.es/web/ign/portal>.
- [5] Thomas Gibbons-Neff, “Russian sub activity returns to Cold War levels - The Washington Post,” 2015. [Online]. Available: <https://www.washingtonpost.com/news/checkpoint/wp/2015/11/23/with-no-sub-chasing-aircraft-of-its-own-uk-calls-on-allies-to-help-find-russian-submarine/>.
- [6] N. de Larrinaga, “Russian submarine activity topping Cold War levels – The Australian Naval Institute,” *Russian submarine activity topping Cold War levels*, 02-Feb-2016. [Online]. Available: <https://navalinstitute.com.au/russian-submarine-activity-topping-cold-war-levels/>.
- [7] C. González, “El Puño sin Brazo,” *AirspottersORG*, 2020. [Online]. Available: <http://www.airspotters.org/lucha-antisubmarina-ejercito-del-aire/>.
- [8] A. D’Angelo, “FLUJOS MIGRATORIOS EN EL MEDITERRÁNEO Cifras, políticas y múltiples crisis.” pp. 30–46, 2018, doi: [doi.org/10.24241/AnuarioCIDOBInmi.2018.30](https://doi.org/10.24241/AnuarioCIDOBInmi.2018.30).
- [9] Agencia EFE, “La UE busca más peso en el mundo de la mano de la nueva Comisión Europea | Portada | Agencia EFE,” *La UE busca más peso en el mundo de la mano de la nueva Comisión Europea*, 23-Jul-2019. [Online]. Available: <https://www.efe.com/efe/espana/portada/la-ue-busca-mas-peso-en-el-mundo-de-mano-nueva-comision-europea/10010-4028576>.
- [10] M. NORDENMAN, “NATO ’ s Next Consortium :,” 2016.
- [11] L. Peruzzi, “NATO keens to expand the customers’ pool of its new MMF fleet - EDR Magazine,” 25-Jun-2019. [Online]. Available: <https://www.edrmagazine.eu/pas-2019-nato-keens-to-expand-the-customers-pool-of-its-new-mmf-fleet>.
- [12] Eurocontrol, “Eurocontrol - Aircraft Performance Database.” [Online]. Available: <https://contentzone.eurocontrol.int/aircraftperformance/default.aspx?GroupFilter=5>.
- [13] Leonardo Aircraft, “EFFECTIVE AND AFFORDABLE FORCE MULTIPLIER ATR 72MP : EFFECTIVE AND AFFORDABLE FORCE MULTIPLIER.”
- [14] Naval Technology, “Turkish Navy receives First ATR72-600 TMUA from Alenia,” 2013. [Online]. Available: <https://www.naval-technology.com/news/newsturkish-navy-alenia-atr72600-tmua/>.
- [15] Military Aircraft Forecast, “ATR-42 MP/-72 ASW (Archived report),” 2009.
- [16] The Boeing Company, “The Boeing Company,” 2020. [Online]. Available: <https://www.boeing.com/>.

- [17] Defensa.com, “El nuevo centinela de los mares - Noticias Defensa Documentos,” 2018.
- [18] L3HARRIS, “Sonobuoy Launching System | L3Harris.” [Online]. Available: <https://www.harris.com/solution/sonobuoy-launching-system>.
- [19] John Croft, “P-8A Poseidon - A Boeing with boost of bravado,” 26-Apr-2010. [Online]. Available: <https://www.flightglobal.com/cutaway-p-8a-poseidon-a-boeing-with-boost-of-bravado/93082.article>.
- [20] Naval Air Systems Command, “The US Navy -- Fact File: P-8A Poseidon Multi-mission Maritime Aircraft (MMA),” *Navy.mil*, 2018. [Online]. Available: [https://www.navy.mil/navydata/fact\\_display.asp?cid=1100&tid=1300&ct=1](https://www.navy.mil/navydata/fact_display.asp?cid=1100&tid=1300&ct=1).
- [21] J. Keller, “BAE Systems to develop MAD ASW drone to help Navy P-8A find submarines from high altitudes | Military & Aerospace Electronics,” 2015. [Online]. Available: <https://www.militaryaerospace.com/unmanned/article/16713876/bae-systems-to-develop-mad-asw-drone-to-help-navy-p8a-find-submarines-from-high-altitudes>.
- [22] J. Keller, “Boeing to equip Navy’s new P-8A Poseidon maritime patrol aircraft for high-altitude ASW missions | Military & Aerospace Electronics,” 2014.
- [23] Bombardier, “Challenger Multi-role Aircraft.”
- [24] The Boeing Company, “Boeing: Maritime Surveillance Aircraft.” [Online]. Available: <https://www.boeing.com/defense/maritime-surveillance/maritime-surveillance-aircraft/index.page#/technical-specifications>.
- [25] Bombardier, “Bombardier.” [Online]. Available: <https://www.bombardier.com/en/aviation.html>.
- [26] A. Rakesh, “UAE’s EDGE to Display ISR-configured Bombardier Challenger 650 Business Jet at Dubai Airshow 2019,” 2019.
- [27] P. Jackson, L. T. Peacock, and K. Munson, Eds., *Jane’s all the world’s aircraft...*. Coulsdon, Surrey, UK ; Jane’s Information Group, 2004.
- [28] Aviation Today, “Boeing’s MSA Demonstrator Proves Airworthy - Avionics,” 2014. [Online]. Available: <https://www.aviationtoday.com/2014/03/05/boeings-msa-demonstrator-proves-airworthy/>.
- [29] David Cenciotti, “The Italian BR-1150 Atlantic Has Completed Its Last Flight Ending An Impressive 45-year Career – The Aviationist,” 2017.
- [30] Defensa.com, “Francia cuenta ya con sus dos primeros Atlantique 2 modernizados-noticia defensa.com - Noticias Defensa defensa.com OTAN y Europa,” 2019.
- [31] Ministerio de Defensa Francés, “UPGRADED ATLANTIQUE 2 MARITIME PATROL AIRCRAFT,” p. 2.
- [32] J. Winchester, *Aviones militares modernos*. LIBSA, 2005.
- [33] I. F. QUADIR, “Shahadat by the Naval Aircrew,” *Def. J. Pakistan*, 1999.
- [34] Defensa.com, “El radar de vigilancia multifunción Searchmaster de Thales tiene su primer cliente-noticia defensa.com - Noticias Defensa defensa.com noticias industria defensa,” 2016. [Online]. Available: <https://www.defensa.com/industria/radar-vigilancia-multifuncion-searchmaster-thales-tiene-primer>.
- [35] Ejército del Aire Español, “Airbus CN-235 (T.19/D.4).” [Online]. Available: <https://ejercitodelaire.defensa.gob.es/EA/ejercitodelaire/es/aeronaves/avion/Airbus-CN-235-T.19-D.4/>.
- [36] BLM National Aviation Office, “Eads Casa Cn-235.”

- [37] Airbus, “Orders, Deliveries, In Operation Military aircraft by Country,” 2020.
- [38] EADS CASA, “CASA C295 MSA/MPA Persuader: la última generación de avión de Patrulla Marítima.”
- [39] (HO Marketing Airbus D&S) Papachristofilou, “The New C295 Trade Media Briefing The new C295 • Introduction : The market reference,” 2019.
- [40] Jaroslaw Adamowski, “Poland initiates maritime patrol aircraft tender,” *Def. News*, 2017.
- [41] Lockheed Martin / Sikorsky, “PZL Mielec M28,” 2017. [Online]. Available: <https://m28aircraft.com/generalInformations/performance>.
- [42] Lockheed Martin, “Lockheed Martin,” 2016. [Online]. Available: <https://web.archive.org/web/20100723071118/http://www.lockheedmartin.com/products/p3/p-3-specifications.html>.
- [43] M. A. Forecast, “Lockheed P-3 Orion - Archived 1 / 2006,” vol. 1, no. January 2005, pp. 1–8, 2005.
- [44] GIFU, “KHI gives MSDF first P-1 antisub patrol aircraft,” *The Japan Times*, 2013.
- [45] Flight Global, “Japan’s Kawasaki XP-1 patrol aircraft makes first flight,” *Flight Global*, 2007. [Online]. Available: <https://www.flightglobal.com/video-japans-kawasaki-xp-1-patrol-aircraft-makes-first-flight/76517.article>.
- [46] Kawasaki Heavy Industries, “P-1 Maritime Patrol Aircraft | Kawasaki Heavy Industries.” [Online]. Available: [http://global.kawasaki.com/en/mobility/air/aircrafts/p\\_1.html](http://global.kawasaki.com/en/mobility/air/aircrafts/p_1.html).
- [47] Naval Technology, “Ilyushin Il-38 Maritime Patrol / ASW Aircraft,” *Naval Technology*. [Online]. Available: <https://www.naval-technology.com/projects/ilyushinil-38/>.
- [48] A. John and R. Usn, “Ilyushin Il-38 May ’ the Russian Orion,” 1995.
- [49] A. Shalal Nobuhiro Kubo, “Germany, France to develop new maritime patrol plane against Russian subs - Reuters,” *Reuters*, 2018.
- [50] navyrecognition.com, “Germany and France to Jointly Develop P-3 Orion / ATL2 MPA Replacement,” 2018. [Online]. Available: <https://www.navyrecognition.com/index.php/news/defence-news/2018/april-2018-navy-naval-defense-news/6168-germany-and-france-to-jointly-develop-p-3-orion-atl2-mpa-replacement.html>.
- [51] A. Shalal Nobuhiro Kubo, “Japan seeks role in French-German marine surveillance plane project: sources,” *Reuters*, 2018.
- [52] NATO, “Canada and Poland join six NATO Allies in developing next-generation maritime multi mission aircraft, 15-Feb.-2018,” 2018. [Online]. Available: [https://www.nato.int/cps/en/natohq/news\\_152066.htm](https://www.nato.int/cps/en/natohq/news_152066.htm).
- [53] Ministerio de Asuntos Exteriores y Europa. Gobierno de Francia., “Franco-German Defence and Security Council - Agreed conclusions (16 Oct.19) -,” 2019. [Online]. Available: <https://www.diplomatique.gouv.fr/en/country-files/germany/events/article/franco-german-defence-and-security-council-agreed-conclusions-16-oct-19>.
- [54] NATO, “Request For Information (RFI) in relation to potential Cooperation on Accelerated Interim Multinational MPA Solution (AIM2S),” no. August, pp. 1–12, 2019.
- [55] Airbus, “Airbus anuncia una importante mejora de las prestaciones de su último modelo de pasillo único – la Familia A220 - Commercial Aircraft - Airbus,” 2019. [Online]. Available: <https://www.airbus.com/newsroom/press-releases/es/2019/05/airbus-announces-major-performance-improvement-to-its-latest-singleaisle-aircraft--the-a220-family.html>.
- [56] Airbus Media Relations, “Airbus logra un nuevo récord de entregas de aviones comerciales en 2018,”

2019. .
- [57] Oleksandr Laneckij and Andrii Raschuk, “The Plastic Airplane: a Review of the World’s First Bombardier CS300 Airliner» The Center for Transport Strategies,” 2016. [Online]. Available: [https://en.cfts.org.ua/articles/the\\_plastic\\_airplane\\_a\\_review\\_of\\_the\\_worlds\\_first\\_bombardier\\_cs300\\_ airliner](https://en.cfts.org.ua/articles/the_plastic_airplane_a_review_of_the_worlds_first_bombardier_cs300_ airliner).
- [58] Bombardier, “C Series,” *Bombard. Commer. Aircr.*, vol. 44, no. 0, pp. 1–2, 2016.
- [59] Airbus Canada, “A220 (Master) - Airport planning publication APP,” no. 19–01, p. 194, 2020.
- [60] A. Canada and L. Partnership, “TYPE-CERTIFICATE DATA SHEET No. EASA.IM.A.570 For BD-500 (A220 SERIES),” vol. 10, pp. 1–25, 2019.
- [61] Bloomberg, “Paris Air Show 2015: In Pictures.” [Online]. Available: <https://www.bloomberg.com/news/photo-essays/2015-06-15/2015-paris-air-show-photos>.
- [62] H. P. Inc., “C2A2 Marine Location Marker,” 2020.
- [63] Airbus, “Additional Center Tanks - ACT - Operations Extension | Airbus Services.” [Online]. Available: <https://services.airbus.com/en/flight-operations/system-upgrades/operations-extension/additional-center-tanks-act.html>.
- [64] Gorka L Martínez Mezo, “Airbus resucita la versión militar de la familia A320 | Foro Naval,” 2018. [Online]. Available: <https://foronaval.com/2018/02/08/airbus-resucita-la-version-militar-de-la-familia-a320/>.
- [65] F. Arevalo Lozano, “Aeroelasticidad De Una Aeronave En Presencia De Nolinealidades Estructurales Estructurales Concentradas,” p. 561, 2008.
- [66] Airbus, “Airbus transforms A330s into Multi Role Tanker Transports through an optimised conversion process - Defence - Airbus,” 2020. [Online]. Available: <https://www.airbus.com/newsroom/stories/Airbus-transforms-A330s-into-Multi-Role-Tanker-Transports-through-an-optimised-conversion-process.html>.
- [67] J. B. Lozano, “Conversión de un avión para funciones de abastecimiento en vuelo,” Universidad de Sevilla, 2014.
- [68] S. E. Roncero, “Cálculo de Aeronaves © Actuaciones Avanzadas Tema 17.”
- [69] J. Sun, J. M. Hoekstra, and J. Ellerbroek, “Aircraft Drag Polar Estimation Based on a Stochastic Hierarchical Model.”
- [70] Damián Rivas Rivas and Sergio Esteban Roncero, “Aountes Mecánica de vuelo 4º Grado en Ingeniería Aeroespacial (US). TEMA 4 ACTUACIONES INTEGRALES 4.1 Actuaciones integrales en crucero.”
- [71] S. Esteban Roncero, “Cálculo de Aeronaves © Actuaciones: Fase Preliminar.”
- [72] J. Bailey, “Could The Airbus A220 Ever Fly Passengers Across The Atlantic?,” 2019. [Online]. Available: <https://simpleflying.com/airbus-a220-transatlantic-flights/>.
- [73] IATA, “Aircraft Operational Availability, 1st Edition,” 2018.



