

TEMAS PROFESIONALES



UN PROGRAMA EUROPEO DE ONCE FRAGATAS

Manuel Jesús DÍAZ MATEOS (Ing.) (R)



Were I to die this moment —want of frigate— would be stamped on my hearth.

(Nelson a Spencer en la batalla del Nilo).

La fragata es la pieza angular de nuestra Fuerza Naval. Su versatilidad, capacidad de defensa propia y cercana, de apoyo a otras fuerzas y cierto poder ofensivo, las hacen imprescindible para fines propios y participación en el escenario internacional.

(Memoria Justificativa del Programa F-100).



ON orígenes que se remontan a más de veinte años, se produce en este 2002 un hecho ciertamente significativo dentro del mundo naval europeo. Marinas de tres naciones —Alemania, Holanda y España— han aceptado la entrega de los tres primeros buques de un conjunto de once, programados a principios de los 90, al amparo de un programa cooperativo internacional europeo —Trilateral Frigate Cooperation (TFC)— para construcción de fragatas del porte de las 6.000 toneladas.

El 19 de septiembre de 2002, once días antes de cumplirse su plazo contractual, se realizó la entrega oficial a la Armada de la fragata F-101 *Álvaro de Bazán*, totalmente acabada y operativa, primera de una serie de cuatro y segundo prototipo —First of Class (FOC)— del programa TFC. El primer FOC holandés —fragata *Zeven Provinciën*— se entregó en el primer trimestre de este año, y el FOC alemán —fragata *Sachsen*— el pasado 31 de octubre, aunque los FOCs alemán y holandés se han entregado sin finalizar ni integrar su subsistema o segmento antiaéreo.

El formidable empuje que supuso el programa de la OTAN NFR-90 al inicio de los 80 para la adquisición de fragatas impulsó a estas tres marinas sobre el resto a definir unos requisitos y estructura de cooperación realista e imaginativa, para abordar, incluso con diferentes estrategias y soluciones técnicas, la construcción de unos buques de nueva generación que pudieran dar respuestas a las necesidades actuales y venideras de este incierto siglo.

Es posible que sin la flexible estructura del programa TFC y la razonable mutua competencia interna, los programas de fragatas de estas naciones se hubieran retrasado o no hubieran alcanzado el éxito actual. Un buen ejemplo es el fracaso del programa «Horizon» entre Italia, Francia e Inglaterra, donde la compleja organización fue uno de sus principales inconvenientes.

En estos momentos en que las *Álvaro de Bazán*, *Zeven Provinciën* y *Sachsen* están actualmente cruzando los mares, merece la pena reflexionar sobre su ciclo de obtención, los buques que finalmente están naciendo, sus «comunidades» y «diferencias», así como su adaptación a la evolución de la técnica durante su largo periodo de construcción.

Obtención

Los tres programas han mantenido la metodología PAPS (Phase Armaments Programming System) heredada de la NFR-90 y clásica en los países de la OTAN. El ciclo comprendido entre la fase inicial (Evaluación de la Necesidad Operativa) y entrega de los primeros FOCs ha tenido una duración cercana a los 12 años, que estimo excesivamente larga y que en el futuro debería acortarse. Este ciclo se espera reducir a menos de la mitad en los futuros destructores DD(X) de la Marina de los Estados Unidos.

Bajo el principio de cooperación, que recogía el Memorando de Acuerdo (MOU) de 1994 para la Fase de Definición del Proyecto (DP), se estructuró una organización de gestión, similar en los tres programas, tanto para la parte gubernamental como la industrial, que ha facilitado enormemente las relaciones trilaterales.

Incluso para las F-100, al seleccionarse el sistema Aegis, se ha mantenido este tipo de estructura dentro de los contratos con la Marina de los Estados Unidos, dando así una organización atípica en el mundo FMS (Foreign Military Sales), tanto por su gestión como por el alto contenido de nacionalización

del programa. Es evidente que tras la selección y comienzo de la construcción, las relaciones en el seno del TFC no fueron tan fluidas, pero se había realizado un valioso trabajo de arranque que fue de gran utilidad en la evaluación de riesgos y estudios posteriores.

Aspecto positivo de esta cooperación ha sido, sin duda, el amplio intercambio de información entre la tres marinas, y probablemente uno de sus principales inconvenientes, las dificultades de negociación para los repartos de trabajos industriales en unos momentos de debilidad de la industria española frente a la alemana y holandesa. Con el paso a la solución Aegis se consiguieron compromisos de retornos industriales del orden del 91,5 por 100, además de abrir un mercado importante de fragatas, como se demostró al ganar Izar el contrato de las F-310 noruegas. La referencia (*Las compensaciones de la F-100*. RED. Enero/febrero, 1998) presenta una buena descripción de la labor realizada por la Gerencia de Cooperación Industrial (GECOIN) en aquellos momentos.

Proyecto

El proyecto de la fragata holandesa, denominado también LCF, se ha desarrollado bajo la responsabilidad de esta Marina, cuyos servicios técnicos disponían por entonces de unas 250 personas, además de contar con el apoyo de numerosos laboratorios y empresas, alcanzando un volumen de unos 200 contratos, según las referencias. Alemania y España, con una estrategia diferente, establecieron un único contrato al contratista principal: el consorcio ARGE-124 para Alemania, y Bazán (actualmente Izar) para España. Se han utilizado las herramientas de diseño por ordenador más modernas y avanzadas (CAE/CAD/CAM), generándose numerosos productos gráficos en 2D y 3D, complementado con el apoyo de diferentes organismos y laboratorios, siendo especialmente significativo en el caso de la F-100 por su proceso avanzado de construcción integrada.

En la Tabla I pueden identificarse las principales diferencias y comunidades, mercediendo la pena destacar las siguientes:

- El buque se consideró siempre como un sistema único con aplicación esencial, como herramienta de trabajo, del procedimiento de ingeniería de sistemas, que en el caso de las F-100 quedó reforzado al decidirse el sistema Aegis y utilizarse ampliamente la MIL 2965 A adaptada específicamente para este sistema.
- Además del intercambio de información durante la fase de Definición del Proyecto (DP), se llevaron a cabo desarrollos conjuntos de programaciones y especificaciones funcionales para equipos o sistemas comunes, así como una amplia coordinación, durante esta fase, entre los contratistas principales para abaratamiento de pedidos, analizándose de manera especial el procedimiento de competencia y el binomio coste/eficacia.

TABLA I

	LCF <i>Zeven Provinciën</i>	F-124 <i>Sachsen</i>	F-100 <i>Álvaro de Bazán</i>
Número de buques	4	3	4
Coste	1.800 millones de euros	2.000 millones de euros	1.700 millones de euros
Construcción	Royal Schelde	ARGE 124	Izar Ferrol
AAW (Anti-Air Warfare)	Thales/Eads/Raytheon	Thales/Eads/Raytheon	Lockheed Martin
CDS	Thales	Thales/Eads	Izar-FABA
Eslora	144 metros	143 metros	144 metros
Desplazamiento	6.044 toneladas	5.600 toneladas	5.900 toneladas
Manga máxima	18,2 metros	17,44 metros	18,60 metros
Calado	5,1 metros	5 metros	>4,84 metros
Velocidad	29 nudos	28 nudos	28 nudos
Alojamiento	204	255	250
Sistema propulsión	CODOG	CODAG	CODOG
Maquinaria	2 ejes 2 x TG RR SM 1C 2 x Diesel Wätersila	2 ejes 1 x TG GE LM 2500 2 x Diesel MTU	2 ejes 2 x TG GE LM 2500 2 x Diesel Bazán-12B
Control plataforma	CAE	CAE	Izar-Cartagena
DDGG	4 Paxman Alsthom	4 MTU	4 MTU-Cartagena
Radar principal	APAR	APAR	SPY-1D
Radar volumétrico	SMART-L	SMART-L	No aplicable
Sensor infrarrojos	2 x Sirius	1 x Sirius	No aplicable
G. E. radar	Sabre ESM/ECM Racal	FL-1800 Eads	Aldebaran-INDRA
G. E. comunicaciones	—	—	Regulus-INDRA
Comunicaciones	Rohder & Schwarz	Rohder & Schwarz	Izar-FABA
Comunicaciones tácticas	Link-11/16	Link-11/16	Link-11/16
Misil superficie	2 x 4 Harpoon	2 x 4 Harpoon	2 x 4 Harpoon
Cañón	OTO Melara 127 mm	OTO Melara 76 mm	Mk-45 Mod. 2, 127 mm
Defensa de área	SM-2 BIK-III A	SM-2 BIK-III A	SM-2 BIK-III A
Lanzador local	EESM	EESM	EESM

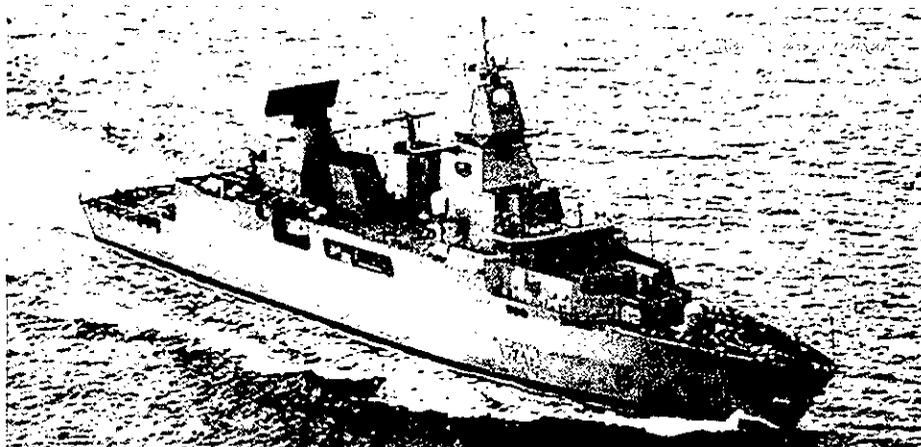
TABLA I (Continuación)

	LCF <i>Zeven Provinciën</i>	F-124 <i>Sachsen</i>	F-100 <i>Álvaro de Bazán</i>
Lanzador vertical	Mk-41 (40 celdas)	Mk-41 (32 celdas)	Mk-41 (48 celdas)
Defensa cercana	2 x Goalkeeper	2 x Mk-31 RAM	Peso y espacio
Sonar de casco	STN Atlas DSQS-24C	STN Atlas DSQS-21B	Raytheon DE1160 LF (I)
Tubos LT	2 x triples Mk-32 Md. 9	2 x triples Mk-32 Md. 9	2 x dobles Mk-32 Md. 9
Torpedos	Mk-46	Mk-46	Mk-46
Helicóptero	Lynx/NH-90	Lynx/NH-90	Sikorsky SH-60B

- Los tres proyectos sobresalen por implantar un alto grado de automatización para el sistema de control de la plataforma. Holandeses y alemanes confiaron en los productos desarrollados por la empresa canadiense CAE. Para las F-100 se decide un producto nacional desarrollado por Sistema de Control de Izar-Cartagena, en entorno Windows NT y tecnología ATM, capaz de controlar más de 12.000 señales con una alta capacidad de crecimiento. Este sistema es posiblemente uno de los más avanzados del mundo en buques de este porte.
- Igualmente, aspecto importante de los tres proyecto ha sido la mejora en todo lo posible de los factores principales de supervivencia, tales como:
 - Sección radar, mediante formas inclinadas con optimizaciones de formas geométricas, eliminación de diedros y triedros y utilización de materiales absorbentes.
 - Disminución de firmas infrarrojas y acústicas, incorporando elementos reductores de temperatura y desarrollándose un plan de control acústico muy exigente. Los proyectos alemanes y holandeses han llegado a utilizar doble basada y encapsular los motores auxiliares. En las F-100 se ha confiado principalmente en los montajes elástico y conexiones flexibles.
 - Resistencia al choque y onda expansiva.
 - Sistema de desmagnetización, protección NBQ y aplicación del concepto ciudadela.

Estructura

Los once buques mantienen la clásica estructura longitudinal, utilizando acero de alta resistencia, reduciéndose espesores y, por tanto, peso de acero.



Los proyectos holandés y alemán utilizan preferentemente normativa nacional y comercial, y las F-100, como es ya tradicional, utilizan los estándares de la Marina de los Estados Unidos, tanto para cálculos estructurales como para las condiciones de estabilidad.

Las fragatas holandesas y alemanas dividen el buque en siete zonas independientes separadas por seis mamparos estancos dobles. La fragata alemana subdivide a su vez el buque en 12 zonas estancas de seguridad interior. Las F-100 dividen el casco en caroce zonas independientes mediante 13 mamparos transversales estancos con cuatro zonas de seguridad interior.

Es interesante observar las diferentes soluciones estructurales de los tres proyectos para la instalación de los radares de caras fijas. En los proyectos LCF y F-124, el radar se dispone practicante en el vértice de una estructura piramidal de formas optimizadas, semejante a un mástil. Para las F-100, con un radar de mayor peso y previsto para buques de 9.000 a 12.000 toneladas, la solución no era fácil, y fue todo un reto: finalmente se resolvió de forma inteligente para preservar intactas todas las geometrías y prestaciones del radar, disponiendo los equipos en dos cubiertas en un robusto bloque tronco-piramidal de gran rigidez y resistencia, logrando una excelente esbeltez y armonía del conjunto, inimaginable inicialmente.

Formas

Se mantienen en general configuraciones de costados rectos en la cuaderna maestra y prolongación de superestructuras ligeramente inclinadas hacia el plano de crujía para mejora de la sección radar, con los afinamientos obligados hacia proa y popa.

Las formas de la fragata F-124 alemana, son una extrapolación casi directa de la anterior F-123. Para la fragata holandesa MARIN (Maritime Research Institute Netherlands) se generaron y optimizaron formas nuevas. Las formas de la F-100 proceden de la serie *Bazán 82*, optimizada en el Canal de Experiencias de El Pardo.

La F-100 ofrece una proa lanzada en abanico y amurada cortada, que mejora su estabilidad en el cabeceo y le confiere un natural aspecto, armonioso tanto de proa como de través, tal como bien se analizó en la REVISTA de agosto/sept., 2001.

Construcción

La construcción de la fragata holandesa en grada cerrada y poco modular nos recuerda la usada anteriormente por Bazán con ejecución de una mayoría de obra en grada. El grado de avance en armamento en la botadura no es alto en estos casos. Esta fragata tiene dispuesto un interesante sistema de pisos flotantes para determinados compartimentos, tales como el CIC. La fragata alemana utiliza el sistema de construcción de las fragatas tipo MECO basado en la prefabricación de 58 pallets y pequeños módulos. Las F-100 utilizan un sistema integrado de construcción con una prefabricación en talleres de 26 bloques, altamente optimizado, que alcanzan en la botadura un grado de avance de armamento, incluso para el FOC superior al 65 por 100 y para el resto de la serie superior al 70 por 100.

Sistema de combate

Aunque las once fragatas son eminentemente antiaéreas y tienen requisitos similares, es bien sabido que para los tres programas es éste el área de mayores divergencias entre los llamado solución APAR (F-124 y LCF) y solución AEGIS (F-100). Ambas soluciones se centran en un radar multifunción de caras fijas y haz de barrido electrónico.

El diseño del sistema de combate de las LCF, responsabilidad de la Marina holandesa, es una evolución de las fragatas *M* que se desarrolla conjuntamente con la empresa holandesa Thales (anteriormente SignalAparatten) y cuya versión final, SEWACO XI, se espera finalizar durante el año 2003. La *Zeven Provinciën* se ha entregado con la versión IOC-1 (Interim Operational Capability). El sistema de combate de las F-124 alemanas se basa un desarrollo independiente de Thales con dicha tecnología, denominado SEWACO-FD, que se espera haya quedado finalizado a la entrega de la *Sachsen*. La empresa alemana Eads, junto con Thales y STN Atlas, desarrolla en lenguaje ADA el CDS (Combat Direction System) como núcleo principal e integrante de control del sistema.

El segmento antiaéreo (AAW-Anti Air Warfare) de estos programas es un desarrollo cooperativo entre Alemania, Holanda y Canadá, con participación de la Marina de los Estados Unidos para proporcionar los programas operativos necesarios de disparo y control de misiles, así como de la empresa norteamericana Raytheon en la integración del sistema y modificación del misil SM-2 Blk IIIA, para que sea compatible con el APAR para su control con onda interrumpida, en lugar de onda continua como está concebido originalmente.

Este AAW se centra en el radar multifunción activo APAR —transmisión y recepción dispuestos en el mismo elemento radiante—, que trabaja en banda I/J (X en la antigua nomenclatura) en las frecuencias 8-10 GHz, con cuatro caras fijas que contienen unos 3.400 elementos radiantes por cara, cubriendo un espacio de 700 x 3.600, con alcance máximo de unos 150 km, guiado *up-link* del misil y control por onda interrumpida en su fase final. El desarrollo de este radar se hace en base a un MOU de colaboración entre Alemania, Canadá y Holanda.

Por su relativo alcance limitado y potencia, el sistema antiaéreo requiere un radar volumétrico de gran alcance (400 km). La solución adoptada es el radar rotativo Smart-L (12 rpm/5 seg por pasada) desarrollado por Thales, que funciona en banda D (L) (1-2 GHz) de gran empacho e instalado sobre la caseta de popa. Este radar es una evolución de la versión Smart-S anterior.

Las fragatas holandesas cuentan, adicionalmente, con dos sistemas Infra-Rojos (IR) denominado Sirius de doble banda (3-5 y 8-10 micras), desarrollado entre Canadá y Holanda y un sistema electro-óptico MIRADOR. Las fragatas alemanas disponen de un sistema IR Sirius y un sistema electro-óptico MSP-500 de STN Atlas.

Estas fragatas incorporan, además, armas de defensa cercana de dos Goal-keeper para las LCF y dos Mk-31 RAM (Rolling Airframe Missile) para las F-124.

El segmento antiaéreo de estos dos programas, pieza angular del sistema de combate de este tipo de fragatas, sigue actualmente en desarrollo, esperándose que entre el 2003/2004 finalice el proceso de integración y pruebas a bordo y continúe con las pruebas finales de demostración de la capacidad del sistema completo con fuego real de misiles en centros de la Marina de los Estados Unidos a finales del 2004 o primer trimestre de 2005.

La evolución antiaérea de la solución APAR, principalmente en la defensa de área, queda sensiblemente vinculada a su dependencia inicial al misil SM-2 Blk IIIA, modificado con dificultades de seguir, salvo costosas y sucesivas modificaciones, el desarrollo de este misil al Blk IIIB o Bloque IV —aparentemente suspendido— y, sin duda, al misil SM-3, tanto por su guiado como por las limitaciones del lanzador VLS.

Para las F-100, como la mayoría conoce, después de un exhaustivo análisis, se decidió por un sistema de bajo riesgo y coste controlado basado en el robusto y experimentado Aegis de la Marina de los Estados Unidos. La confi-

guración de referencia del sistema de combate —*baseline S1*— es una combinación de las *baselines* 5 fase III y 6 fases III/III R instalada y probada en diversos destructores de la clase DDG-51.

La empresa Izar-Faba ha desarrollado en lenguaje C++ un CDS (Command Direction System) nacional como parte esencial del Aegis, para integración de sensores y armas nacionales. Las cuatro F-100 dispondrán de capacidad de mando.

El segmento antiaéreo se centra en el radar multifunción SPY-1D de cuatro caras fijas y haz electrónico monopulso, idéntico al instalado en destructores y cruceros de la Marina de los Estados Unidos. El radar funciona en la banda E/F (S) entre las frecuencias 2-4 GHz, guiado Aegis *up-link/down-link* del misil y muy resistente a las perturbaciones electromagnéticas. Dispone de unos 4.000 elementos radiantes por cara y transmisor independiente, desarrollando una potencia superior en varios órdenes de magnitud al APAR y alcance por encima de los 500 km, cubriendo un espacio de 900 x 3.600.

El radar funciona con dos iluminadores Mk-99 de onda continua para control de misil en su fase final, lo que permite liberar al radar de estas funciones para dedicarse a la detección y seguimiento de otros blancos, lo que proporciona al sistema una enorme agilidad y capacidad antiaérea. El segmento no requiere, básicamente, de radar volumétrico ni sensores IR o electro-ópticos, aunque el buque dispone de sensores auxiliares que pueden realizar esa labor de forma independiente.

Tras la oportuna evaluación, las F-100 dejan reserva de peso y espacio para la adopción de un sistema avanzado de defensa cercana si fuera necesario.

Los tres programas seleccionaron como elemento esencial en la defensa de área el misil SM-2, actualmente disponible para exportación en la versión SM-2 Bloque IIIA. Para el lanzador se eligió el VLS (Vertical Launching System) Mk-4 utilizado en los buques de la Marina de los Estados Unidos. Es interesante resaltar las diferentes configuraciones y número de celdas seleccionadas por cada programa. Las LCF y F-124 seleccionan 40 y 32 celdas, respectivamente, y configuración *Tactical*, es decir, de corta longitud, mientras que la F-100 selecciona 48 celdas en configuración *Strike* de larga longitud capaz de albergar los misiles SM-2 Bloque IVA y SM-3, así como los Tomahawk.

Para la defensa de área local se ha elegido, igualmente para los tres proyectos, el misil Evolved Sea Sparrow (ESSM), desarrollado dentro del consorcio Sea-Sparrow con participación de diez naciones, entre las que se encuentran Alemania, España y Holanda. El misil se cargará en el lanzador Mk-41 en la configuración *quad-pack* y su guiado podrá realizarse en banda «X» o banda «S».

Para el segmento antisuperficie, los tres programas seleccionaron dos lanzadores Harpoon cuádruples sobre la cubierta principal cercanos a la cuaderna maestra y cañón a proa, cuyos calibres y tipos se indican en la Tabla I.

Para la F-100, el cañón puede ser controlado por el SPY-1D o por el sistema DORNA.

El segmento antisubmarino, como se indica en la Tabla I, es funcionalmente muy similar en las tres fragatas, aunque con diferentes soluciones para el caso del sonar de casco y helicóptero. La F-100 puede llevar además diferentes misiles para el helicóptero. Los tres programas disponen de peso y espacio para la instalación de un sistema de sonar activo remolcado.

Un aspecto que —a mi juicio— llama la atención de las F-100 es su gran capacidad de crecimiento, como se ha expuesto en diferentes publicaciones. Desde las más sencillas soluciones constructivas, tales como un CIC amplio y armonioso que permite introducir nuevos elementos, espacios disponibles en el compartimento de equipos, así como la posibilidad de evolución del cañón a versiones más avanzadas, hasta la potencialidad inherente del sistema de combate que permite ser compatible e interoperable con los sistemas Aegis y toda la evolución del misil SM-2 y SM-3, la posibilidad de incorporar el CEC (Cooperative Engagement Capability), su capacidad actual y futura TBMD (Theater Ballistic Missile Defense) y la capacidad del sistema y lanzador VLS MK-41 para poder disponer misiles de ataque a tierra en profundidad y precisión. Las futuras configuraciones del sistema de combate que oportunamente se decidan, podrán conseguir una espectacular expansión de estas capacidades.



Fragata *Zeven Provinciën*.



La fragata *Álvaro de Bazán* en sus pruebas de mar. (Foto: Izar).

Coste

El análisis de costes cuando sólo se dispone de los datos publicados en la prensa es uno de los aspectos más difíciles en el ejercicio de comparar programas, teniendo en cuenta además los diferentes desarrollos realizados, diferentes formas de contratación y diferentes costes de pruebas de integración y pruebas de tiro real.

Ante la imposibilidad de un análisis profundo de cada partida y costes colaterales de otros programas y sus pruebas, podemos decir, en términos generales, que los tres programas han tenido un coste bastante similar, con cierta ventaja para las F-100, entre los 1.700 y 2.000 millones de euros con un coste total en Europa para once fragatas de algo más de los 5.500 millones de euros. La comparación de estos costes con los anteriormente previstos en el fracasado proyecto «Horizon» o los futuros destructores Mk-45 para la Marina británica y nuevas fragatas franco-italianas no dejan lugar a duda del éxito del programa TFC.

Cooperaciones internacionales con cierto grado de independencia pueden ser la solución para abordar programas navales costosos. Es posible que en el futuro se consigan mejores rendimientos a este tipo de colaboraciones.

Personalmente creo que para el programa F-100 uno de sus mayores éxitos ha consistido en entregar los buques en fecha, totalmente acabados y operativos y dentro del coste presupuestado. Sólo basta leer la prensa nacional e

internacional para darse cuenta de la importancia de este hecho aparentemente tan obvio y elemental.

Mantenimiento

Tan compleja y costosa como la construcción, o incluso más por su duración, es la explotación del ciclo de vida operativa y, dentro de éste, el mantenimiento sea quizá una de las partidas más difícil de definir y dotar. En una simplista y moderada consideración de relación 1:1, es decir, inversión igual al mantenimiento de los buques en 30 años de vida operativa, obtendríamos una media de aproximadamente 14 a 20 millones de euros/fragata/año. Cifra ciertamente significativa, incluso bajo estas hipótesis, frente a los actuales presupuestos de defensa de las tres naciones.

El almirante Thomas Fargo de la Marina de los Estados Unidos, siendo jefe de la Flota del Pacífico, se preguntaba si era absolutamente necesario disponer los buques, en todo momento, en su más alto grado de alistamiento, o si bien podría ser aconsejable rebajarlo en algunos periodos para abaratar costes de mantenimiento. No obstante, en una de las conclusiones más interesantes tras los hechos del 11 de septiembre de 2001, se resalta la necesidad de mejorar el mantenimiento de unidades, sistemas y equipos ante la actual situación internacional.

Es éste un aspecto que indudablemente no tiene una solución sencilla; serán necesarias buenas dosis de planificación, seguimiento del material e imaginación para mantener buques tan complejos. Las tres marinas llevan varios años analizando el procedimiento más eficaz para el desarrollo del ciclo de vida. Alemania parece la más audaz en el proceso de externalización de tareas de mantenimiento. Holanda y España prefieren disponer de mayor capacidad de mantenimiento propio.

El concepto de buque-sistema, alta integración y utilización masiva de productos comerciales COTS (*commercial of-the-shelf*) son nuevos retos para los tres programas. Las LCF y F-124 tienen el *hándicap* de introducir elementos nuevos para el sistema de combate con poca experiencia en su mantenimiento. Para las F-100 es algo más fácil, por ser sistemas utilizados y experimentados.

Evolución tecnológica

En programas tan complejos, costosos y de tanta duración —más de quince años desde que se iniciaron los programas hasta que se entrega el último buque—, es razonable preguntarse si las fragatas actuales son realmente modernas —nueva generación— o por el contrario ya han quedado antiguas. Bastaría hacer un breve repaso de los desarrollos de estos últimos años y lo

que parece serán las nuevas tendencias para comprobar el grado de madurez de las nuevas fragatas:

- Los proyectos seguirán basándose en la Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Concurrente como base esencial de trabajo, con una mayor participación de los utilizadores, bajo un concepto similar al *Virtual crew* utilizado en el proyecto norteamericano LPD-17. Se tenderá a una mayor consideración del buque como sistema, con altísimo grado de integración. Las F-100, LCF y F-124 participan de estos conceptos, aunque, sin duda, serán más exigentes en el futuro.
- Para buques de este porte, las formas y estructuras serán semejantes a las utilizadas en los tres proyectos, con mayor énfasis en formas *stheath* en las superestructuras. Las formas tipo *tumblehome* de casco, que se pensaban utilizar en el destructor DD-21, pueden tardar, probablemente, más años en adoptarse. No obstante, los requisitos de calado restringido serán parámetros de gran valor.
- Por el coste y complejidad de obtención de los buques de este porte se diseñarán para un ciclo de vida superior a los 30 años con tendencia a los 40, o incluso 50 años para determinados buques. Los tres programas, con un adecuado ciclo de vida, se han diseñado con margen suficiente para que puedan exceder los 30 años previstos en los requisitos. Con estos criterios puede extenderse el tiempo necesario entre construcciones para mantener el número de buques operativos que se decidan.
- Un gran reto en las próximas construcciones será la mayor exigencia en los requisitos de supervivencia, con disminución acentuada de los factores de detectabilidad y vulnerabilidad.
- Como se expuso en la Conferencia de Ingeniería Naval de Hamburgo en 2000, el mayor reto de la construcción naval militar será la reducción de dotaciones y la mejora de su calidad de vida. Se requerirán plataformas con alto grado de automatización e integración, con amplio acceso de las dotaciones al mundo multimedia. En comparación con estas tendencias, los tres programas nacen, a mi juicio, con dotaciones ligeramente altas. No obstante, la F-100, como probablemente los otros dos programas, dispone de una gran capacidad de crecimiento en el sistema de control de plataforma, que podría permitir en el futuro un estudio de reducción de dotaciones.
- Alta capacidad antiaérea, guerra de litoral y capacidad de proyección en profundidad y precisión serán requisitos imprescindibles en el mundo naval de los próximos años. Fragatas que reúnan esos requisitos con cierto nivel serán necesariamente del porte de las 6.000 toneladas. Sin duda, las F-100 tienen inherentemente la potencialidad de ser buques de estas características. La guerra de litoral tendrá una signifi-

- cación especial con buques menores altamente integrados y velocidades en torno a los 50 nudos.
- Los sistemas del buque utilizarán de forma masiva la tecnología COTS. Los sensores principales serán fundamentalmente de caras fijas en bandas X y/o bandas S/C y L o combinaciones de éstas. Los *top-side* de los buques tenderán a simplificarse, reduciéndose o eliminándose los mástiles tradicionales, disponiendo las antenas en *arrays* sobre la propia superficie de la superestructura. Como arma ofensiva y defensiva, el misil de alta maniobrabilidad será el elemento esencial. Nuevos lanzadores o cañones de gran calibre pueden tardar en llegar a Europa. La interoperabilidad entre buques será un requisito esencial.
 - La propulsión eléctrica es una opción ciertamente prometedora, así como la utilización de materiales compuestos para sistemas auxiliares. No obstante, se seguirán utilizando ampliamente los sistemas tradicional y las combinaciones CODOG, CODAG, COGAG, etc., con máquinas de alto rendimiento.
 - Dada la complejidad y elevado coste de los desarrollos de los sistemas de combate, se tenderán al concepto de familia de buques en lugar de clases de buques, es decir, a desarrollar sistemas con un núcleo común que pueda aplicarse a buques de distintos tonelajes y cometidos. La Marina de los Estados Unidos implantará este concepto en sus nuevos destructores DD(X), y tanto Alemania como Holanda pretenden aplicar los desarrollos de la solución APAR para sus próximos programas (corbeta K-130 y fragata F-125). Naturalmente la F-100 participa, igualmente, de esta capacidad.

Conclusión

Si el lector ha llegado hasta aquí, espero que convenga conmigo en definir estas once fragatas como polivalentes y de muy avanzada tecnología: radar multifunción de caras fijas, lanzamiento vertical de misiles, misiles de alta maniobrabilidad, alta integración de sistemas y amplia utilización de elementos COTS.

Ha sido el programa naval cooperativo de mayor envergadura en Europa —unos 5.500 millones de euros—, proporcionando la necesaria cobertura internacional a tres programas nacionales independientes y demostrando que puede ser el procedimiento para abordar programas complejos.

Programas a su vez costosos, que probablemente habrá que espaciar en el tiempo por razones presupuestarias, lo que redundará en una extensión de su ciclo de vida por encima de los 30 años. Fragatas diseñadas para que sus capacidades pueden continuar manteniéndose al más alto nivel, siguiendo el ritmo de la evolución tecnológica.



La fragata *Álvaro de Bazán*, la primera de la serie F-100.

Once fragatas para la defensa de Europa y para contribuir a la estabilidad mundial, once fragatas que pueden seguir siendo las más modernas de las fuerzas occidentales durante su larga vida. Once fragatas, en definitiva, de nueva generación, entre las que brillan y sobresalen, sin ningún género de dudas, las cuatro F-100, confirmando la idoneidad de la decisión tomada.

BIBLIOGRAFÍA

- HOPKINS, Johns: *Integration of the ESSM*. Technical Digest. Volumen 17. 1996.
Naval Forces. Special supplement, 1997.
Forging ahead with F-124. Jane's Navy Intl. Junio, 1998.
Hot Warship. Armed Forces Journal. Noviembre, 1999.
Germany and Netherlands forget ahead with Air-Defense Frigate. Jane's, 12/2000.
 CASTRO: *Estética de la F-100*. REVISTA GENERAL DE MARINA. Agosto-septiembre, 2001.
F-100 keeps its course. Jane's Intl. Agosto, 2001.
Fragatas F-100 y F-310. Ingeniería Naval. Octubre, 2001.
Two of a Kind». Dutch and German Frigates compared. Naval Forces, 1/2002.
Spain wants to play big. Proceedings. Marzo, 2002.
Industria y Defensa. Noviembre, 2002.
www.worldwidewaters.nl
www.blohmvooss.com