

S 80 UN PROGRAMA EN CONSTRUCCIÓN

Nicolás MONEREO ALONSO



ESDE que comenzó el Programa *S 80*, se ha escrito y se ha comentado mucho sobre él, ya sea en la prensa tradicional como en la digital, así como en numerosos foros de *internet*. He tenido ocasión de leer informaciones muy dispares especialmente en lo que afecta a los sistemas más novedosos en este tipo de submarinos, como puede ser el AIP o la capacidad de lanzamiento de varios tipos de misiles.

La publicación de este número especial de la REVISTA GENERAL DE MARINA dedicado al Apoyo Logístico, me brinda la oportunidad de contar cómo es este ambicioso proyecto y especialmente, como vemos desde dentro el programa en su conjunto.

Pero sobre todo, aunque como marino y como ingeniero naval el cuerpo me pide que escriba sobre el submarino *S 80*, sus características y prestaciones, voy a tratar de hacer un esfuerzo para sintetizar y transmitir algunas de las ideas que considero más importantes sobre lo que es y lo que se está haciendo, para sacar adelante este ambicioso proyecto, que no es otra cosa que gestionar el programa.

Los programas de construcción en la Armada

Desde los años 70 hasta la actualidad, nuestros programas navales han sufrido una serie de cambios importantes favorecidos en gran parte por el desarrollo de nuestra industria nacional, los cuales han supuesto importantes avances de todo tipo, tanto en nuestro Astillero (Bazán, Izar, Navantía) como en la propia Armada.

Hace algo más de tres décadas, la Armada adquiría proyectos que la E. N. Bazán (ahora Navantía) construía en sus factorías. Actualmente, todos los programas navales en curso se basan en diseños propios desarrollados por

Navantia en los que la Armada participa en gran medida, para garantizar el cumplimiento de las «especificaciones de contrato», obtenidas a partir de los «requisitos de Estado Mayor» (NSR).

Los submarinos no son una excepción a este proceso y en las últimas décadas hemos pasado de construir los submarinos S 60 *Delfín* y S 70 *Agosta* de diseño francés (DCN) a los actuales S 80 diseñados exclusivamente por Navantia. No podemos olvidar en esta evolución el proyecto *Scorpene* desarrollado conjuntamente entre Navantia y la DCN, del cual se han construido varias series para la exportación a varios países.

El sistema actual tiene ventajas evidentes entre las que cabe destacar el hecho de que la Armada adquiere un producto a la medida de sus necesidades y requisitos, tiene mayor flexibilidad para la selección de suministradores, mantiene la proximidad del astillero constructor a la base y todo ello, sin olvidar la importante y creciente participación de la industria nacional. Las ventajas para el Astillero son evidentes, prueba de ello es el hecho de que en la actualidad, Navantia sea una referencia en la construcción de buques de superficie, y algunos países la consideren como una opción seria para el diseño y la construcción de sus submarinos.

Sin embargo, a todas estas ventajas hay que añadir otros aspectos que, no pudiéndose calificar como inconvenientes, sí dificultan nuestros programas convirtiendo a cada uno de ellos en un importante reto. Me refiero a aspectos tan importantes como la necesidad de una buena definición de requisitos de cliente, la integración de gran variedad de equipos y sistemas desarrollados por múltiples suministradores, la definición y adquisición del Apoyo Logístico Integrado (PALI) o la organización interna de la propia Armada para el seguimiento de todas las actividades del Astillero relacionadas con el seguimiento del programa.

Proyecto S 80

Si tenemos en cuenta que la última serie de submarinos de la Armada española (tipo *Agosta*) fue diseñada a finales de los años 70, cabe pensar que el salto tecnológico entre dichos submarinos y los S 80 es sensiblemente mayor que los que se han producido en otros tipos de buques.

Como ya he indicado anteriormente, no es mi intención hacer una descripción del submarino ya que sería largo y sobre todo, bien conocido por muchos de los lectores. Lo que sí haré es dar un repaso a los principales retos tecnológicos (figura 1) que acompañan a este submarino y cuyo conjunto, representa importantes avances para la Armada y como no, para el Arma Submarina.

El principal reto que nos encontramos es el propio proyecto del S 80. Este submarino es el primero que la empresa Navantia diseña y construye sin el apoyo de un socio tecnológico. Los requisitos establecidos por la Armada



Figura 1. Principales retos tecnológicos.

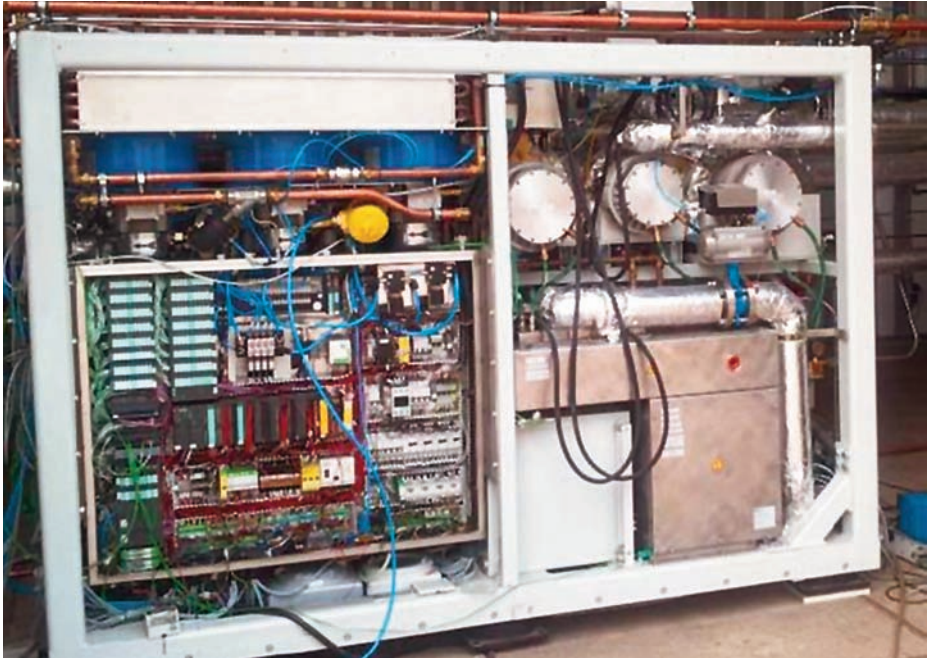
obligaron en un primer momento a renunciar a un submarino más convencional, tipo *Scorpene*, que en aquel momento la empresa estaba desarrollando en colaboración con la francesa DCN, para abordar la construcción de un submarino sensiblemente más avanzado.

El posterior divorcio entre ambas empresas obligó a Navantia a, entre otras cosas, desarrollar su propio catálogo de materiales, elaborar sus propias instrucciones técnicas de diseño y construcción, y definir nuevos procedimientos de soldadura específicos para el *S 80*.

El requisito dotación es sin duda uno de los mayores desafíos de este proyecto y que sin duda va a surgir en varias ocasiones a lo largo de este artículo. El submarino *S 80* tendrá capacidad para alojar a un total de 40 personas de las cuales aproximadamente 32 formarán la dotación, siendo el resto personal de transporte.

Si tenemos en cuenta que los submarinos tipo *Agosta* tienen una dotación que prácticamente duplica la del *S 80*, nos encontramos que para manejar un buque de estas características va ser necesario un alto grado de automatización por un lado, y la práctica desaparición de tareas de mantenimiento no correctivos a bordo, por otro. La fiabilidad del Sistema de Control de Plataforma se convierte como consecuencia, en un elemento crítico.

Si continuamos con los retos del *S 80*, no podemos dejar de hacer referencia al Sistema AIP. Este sistema, producto de tres programas de I + D cuyo



Primer procesador de bioetanol.

objetivo final era el desarrollo, construcción y navalización de una planta de producción de energía eléctrica independiente de la atmósfera mediante el uso de una pila de combustible, ha sido y sigue siendo el reto tecnológico más importante del programa.

Las circunstancias concretas del submarino, la necesidad de transportar el combustible a bordo, su operación en atmósfera confinada y los severos requisitos ambientales exigidos (peso, volumen, ruido, choque, vibraciones, etc.), han dado lugar a que lo que en principio parecía fácil de conseguir con la tecnología existente, nos haya llevado a un sistema único en el mundo y cuyo desarrollo está avanzando no sin ciertas dificultades.

Quiero aquí resaltar la alta participación en este sistema de la industria nacional que, liderada por las empresas Navantia y Abengoa, supera el 50 por 100 del total.

El Sistema de Combate, de arquitectura distribuida basado en elementos COTS y desarrollado por FAB A y Lockheed Martin significa un nuevo desarrollo para ambas empresas.

Cabe destacar la amplia variedad de trazas que el sistema podrá gestionar en sus siete consolas, procedentes de los seis sonares del buque (CAS, FAS,

PRS, MODS, AIA, TAS), así como del resto de modernos sensores, algunos de ellos producto de programas I + D, que montará el submarino como el radar *LPI*, el sistema de contramedidas electrónicas, IFF, periscopios, etcétera.

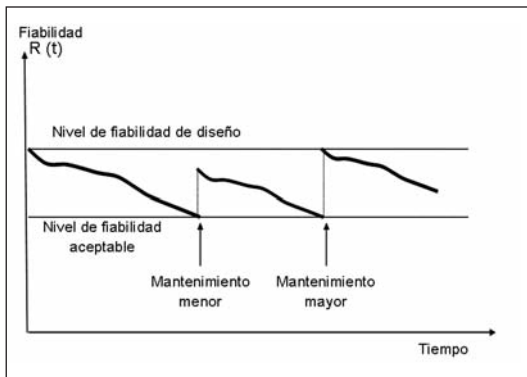
Otros desarrollos como el motor eléctrico principal basado en un motor de imanes permanentes desarrollado por la empresa GAMESA; el sistema de lanzamiento de armas con capacidad para misiles, torpedos y minas; o el periscopio optrónico, primero que se monta en un submarino español, son tan solo una muestra de los múltiples adelantos tecnológicos de este nuevo submarino.

Por último, solo destacar el desarrollo en paralelo de los dos simuladores, que se instalarán en tierra, en el edificio de simuladores de la Flotilla de Submarinos (una vez reformado). El primero de ellos, de plataforma, simula los sistemas de Control de Plataforma y Gobierno que actúan sobre una plataforma móvil con dos grados de libertad, y tiene previsto su traslado a Cartagena antes de finales del presente año. El otro simulador, táctico, simula prácticamente todas las actividades que pueden realizarse (navegación, periscopios, comunicaciones, radar, etc.), y lo hará desde consolas reales del Sistema de Combate con software real. Ambos simuladores, serán una gran ayuda para la elaboración de las órdenes permanentes y el adiestramiento de dotaciones.



Pruebas del sonar cilíndrico en Salt Lake.

El Plan de Apoyo Logístico Integrado



Curva de fiabilidad.

La logística es sin duda uno de los puntos más desconocidos en los programas de adquisición, tal vez por ser menos espectacular. Sin embargo se ha demostrado que es un elemento clave en el ciclo de vida operativo de cualquier buque o sistema, y por ello merece un tratamiento especial.

No es mi intención aburrir a los lectores con una descripción de la normativa, objetivos, descripción de planes logísticos, etc. Lo que si haré

es señalar los pasos que se están dando en este programa para que el Plan de Apoyo Logístico sea un plan realmente integrado.

La palabra integrar puede definirse como «completar un todo a partir de las partes». En el caso del Apoyo Logístico se pretende por lo tanto, que éste sea único (integrado), y no un sumatorio de planes logísticos de los distintos sistemas, equipos o elementos.

La especificación de contrato del *S 80* contempla un requisito de disponibilidad bastante ambicioso. Sin embargo, desde hace algún tiempo, la Dirección de Construcciones ha sido cada vez más consciente de la necesidad de que dicha disponibilidad esté asociada a la garantía de que cada vez que el buque salga a la mar, pueda completar su misión sin incidencias importantes. Todo ello ha llevado a considerar el parámetro de fiabilidad como un elemento clave en el diseño, desarrollo y apoyo al ciclo de vida de estas unidades.

Como consecuencia, se han puesto en marcha en este programa una serie de trabajos orientados a reducir la tasa de fallos del buque como sistema, a un mínimo razonable, basándose en lo que se denomina un análisis de Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad (RCM).

El objetivo principal del RCM es mantener la seguridad, la disponibilidad y la fiabilidad de los sistemas en un nivel aceptable a lo largo de su vida operativa, con un coste optimizado.

La metodología RCM asocia la criticidad (severidad) del modo de fallo y su probabilidad de ocurrencia, para calcular el riesgo. En función del riesgo se especifica la fiabilidad exigida, lo cual nos llevará a un análisis de qué acción tomar. Dicha acción puede variar desde permitir que el fallo se produzca y aplicar la correspondiente medida correctora, hasta proponer un cambio en el

diseño. En términos generales, ese análisis dará lugar al cálculo del tiempo de funcionamiento hasta que se haga necesaria una inspección o una acción de mantenimiento preventivo, con lo que se asegura que la fiabilidad no bajará de la especificada.

Del resultado de este análisis iremos obteniendo datos tan importantes como repuestos necesarios en el primer y segundo escalón de aprovisionamiento, personal y horas de trabajo necesarios para mantenimientos, herramientas necesarias, costes de mantenimiento, etc. Si además somos capaces de mantener estos estudios a lo largo de la vida operativa del buque, podremos no solo tener un buque fiable y con alta disponibilidad, sino poder optimizar mejor los recursos de apoyo a lo largo de toda su vida operativa.

Dos planes logísticos en los que se está haciendo especial hincapié en el momento actual son los planes parciales de «documentación técnica» y de «infraestructuras». La documentación técnica es la base para la puesta en marcha de otros planes y trabajos tan importantes como el plan de mantenimiento, redacción de documentación de uso a bordo y de adiestramiento, elaboración de Propuestas Iniciales de Apoyo (PIDA), acopio de repuestos o la estimación de plantillas y carga de trabajo en los distintos escalones de mantenimiento,

La entrada en servicio de estos nuevos submarinos, exige adaptar, modernizar y ampliar muchas de las infraestructuras actuales. Cabe destacar la ampliación del edificio de simuladores, la adaptación de talleres de torpedos y baterías, las fosas y tomas de tierra. Algunos de estos proyectos ya se han puesto en marcha, otros están en fase de anteproyecto (ADNE) y otros simplemente están a la espera de poder iniciarlos cuando haya presupuesto.

Otro aspecto a destacar. La seguridad

Desde el primer momento del programa, el factor seguridad ha estado siempre presente en la mente de todos los que participamos en él. Por este motivo, he querido dedicar este apartado específico a ciertas iniciativas que se han puesto en marcha, entre las que cabe destacar:

Programa de Certificación Técnica de Submarinos (PCTSUB)

La responsabilidad que suponía la construcción de los submarinos *S 80*, totalmente diseñados en España, aconsejaba plantearse un mecanismo de control y seguimiento, adicional a los ya establecidos, que garantizara un nivel razonable de confianza sobre la seguridad que ofrece el diseño del submarino, el proceso constructivo de cada una de las unidades y su mantenimiento a lo largo del ciclo de vida, mediante un sistema de certificación similar al ya establecido para aeronavegabilidad.



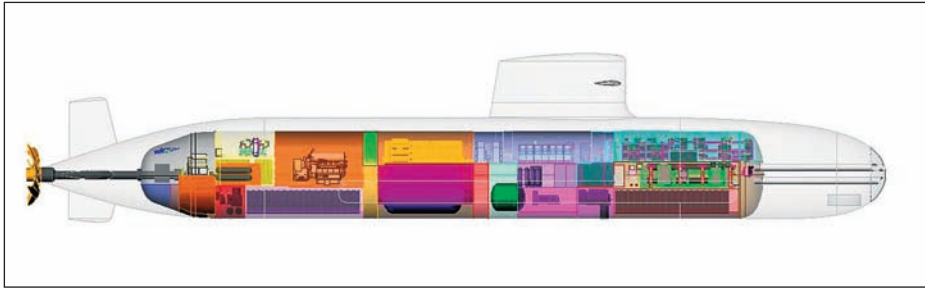
S 81 en la grada.

Dado que la Armada no disponía ni de la metodología, ni de la estructura necesaria que permitiera certificar técnicamente la seguridad de los submarinos tanto en el diseño como en la construcción y vida operativa, es por lo que se creó la oficina de programa PCTSUB y a continuación se firmó un acuerdo de colaboración con la Armada norteamericana para, en colaboración con su programa SUBSAFE, poder obtener el adiestramiento adecuado para la certificación de submarinos. El ámbito de actuación es la seguridad del submarino, pero debido a la amplitud de este término se decidió delimitar con claridad el alcance de este programa de certificación PCTSUB, centrándolo inicialmente sobre aquellos sistemas y componentes que puedan resultar críticos tanto para la resistencia

estructural y estanqueidad, como para controlar y reaccionar correctamente ante una vía de agua. Así el ámbito de actuación se centrará en la certificación de los aspectos relacionados con resistencia estructural, estanqueidad, sistemas, equipos y circuitos sometidos a presión hidrostática, así como en las instalaciones y medios materiales para reaccionar ante emergencias.

Certificación de SW crítico

La reducida dotación que está previsto que lleve el S 80 obliga a que el personal a bordo se dedique casi exclusivamente a la operación del buque en todos sus aspectos. Para que esto sea posible, tanto el control como la vigilancia de todos los elementos de la plataforma deberán hacerse desde las consolas situadas en la Cámara de Mando y Central. Salvo ciertas labores de inspección y toma de datos *off line* que realizará el personal de ronda, o la maniobra de lanzamiento de basuras (que debe hacerse a mano, por razones obvias),



Disposición general del S 80.

prácticamente todas las maniobras abordo tendrán que seguir un procedimiento automático o semiautomático.

Esta automatización implica que el Sistema de Control de Plataforma tendrá que ser sobre todo, muy fiable. Para ello, se han tomado una serie de medidas como la duplicidad de controles (Sistema Integrado + Sistema no Integrado + Sistema Local), se ha aumentado el número de pruebas, se cuenta con una instalación de pruebas en tierra (LBTS) y un Simulador de Plataforma donde probar las distintas versiones de software, y sobre todo, se ha puesto en marcha un procedimiento para la identificación del software crítico, así como para su tratamiento durante el desarrollo y pruebas del mismo.

Para ello, el Ramo Técnico de Sistemas, en colaboración con la Oficina de Programa, la Inspección de Construcciones de Cartagena y Navantia, elaboró el Manual de Implementación de Software para Aplicaciones de Seguridad Crítica (MIS AFC). En cumplimiento de lo especificado en ese documento, se ha creado un grupo de trabajo formado por personal de la Inspección de Construcciones y Navantia que, tras analizar las especificaciones de control de las distintas instalaciones del S 80 desde el punto de vista de la seguridad de personas y materiales, identificó aquellas cuyo software deberá ser considerado crítico. El posterior seguimiento del plan durante las fases posteriores de desarrollo y pruebas del software será realizado principalmente por la Inspección de Construcciones.

Plan de Safety

Como ya he mencionado en repetidas ocasiones, la seguridad está siendo un factor clave en el diseño y construcción de los submarinos S 80. Como no puede ser menos, Navantia, responsable del proyecto, no es indiferente a esta preocupación y ha puesto en marcha algunas iniciativas entre las que cabe destacar lo que llamamos, el plan de *Safety*.

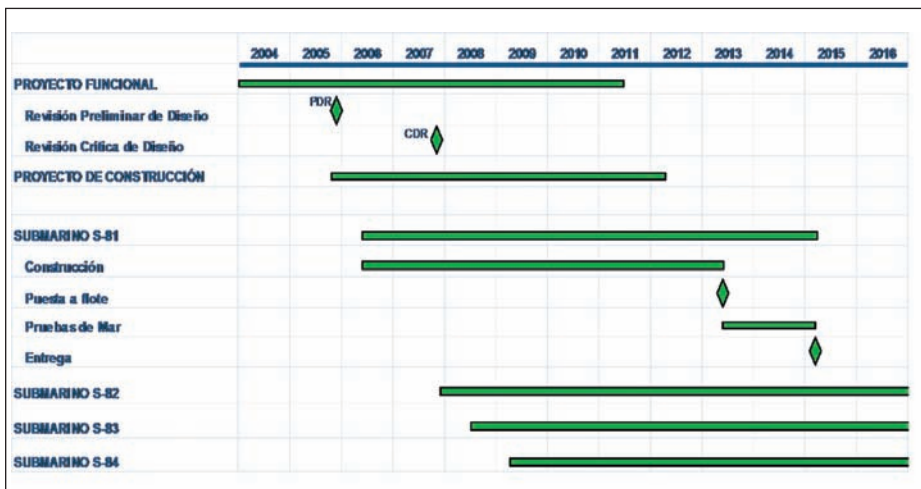
El objetivo fundamental de este plan es la identificación, control, eliminación, mitigación y documentación de los peligros (*Hazards*) del Sistema durante la fase de diseño, construcción y pruebas de los submarinos. Dada su importancia, desde la Oficina de Programa *S 80* se ha apoyado esta iniciativa y la Inspección de Construcciones de Cartagena está colaborando en el desarrollo de este plan, participando en reuniones de revisión de instalaciones y asistiendo a los cursos que la empresa realiza para su personal.

Para poder evaluar la eficacia de este plan y analizar la conveniencia de darle continuidad después de la entrega de los submarinos, es por lo que la Armada ha incluido también a oficiales de SEGOP/PRL, CEVACO y FLOSUB en los cursos antes mencionados.

Situación actual

Después de varios años de trabajo, con constantes cambios, sobre todo en el proyecto y en la planificación, podemos asegurar que por un lado, el proyecto está prácticamente cerrado y por otro, que las estimaciones tienen un grado de fiabilidad alto.

Durante el presente año se está cerrando el proyecto de construcción y se están acometiendo las pruebas de fábrica (FAT) de muchos de los equipos y sistemas principales entre los que cabe destacar el Sistema de Combate, el Simulador de Plataforma y los distintos sistemas que componen el Sistema AIP.



Planificación actual.

En cuanto a la construcción, una vez finalizado el casco resistente y los bloques estructurales del *S 8I*, está previsto el chorreado y pintado de las cinco secciones a finales del presente año para, a continuación, comenzar a bordo el armamento previo a la unión de secciones.

Como consecuencia de lo anterior, se espera que a mediados de 2013 el primer submarino esté en el agua y comience sus pruebas de puerto (HAT). Dado que este submarino es el primero de la serie, se ha previsto un periodo de pruebas largo que se espera que finalice a principios de 2015 con su entrega a la Armada.

Conclusiones

El diseño de estos submarinos, el seguimiento y control de sus más de 17.000 requisitos de cliente, la validación y verificación de todos esos requisitos mediante pruebas, análisis, cálculos o controles tecnológicos, el seguimiento de todas las planificaciones tanto de la construcción como de los distintos desarrollos asociados al programa, el control de los recursos utilizados y costes asociados al programa, la coordinación de la construcción con las obras de infraestructura necesarias, el nombramiento y adiestramiento de dotaciones, personal de mantenimiento y escuelas, la preparación de cursos, y un sinnúmero de etcéteras, suponen un gran esfuerzo tanto para Navantia como para la Armada.

La asimilación de las lecciones aprendidas en una organización es equivalente a la experiencia adquirida por el individuo. La Armada, como Navantia, debe ser capaz de aprender de cada programa para tomar nota de los aciertos, y evitar caer en los mismos errores. Por ello, trataré de exponer algunos de los puntos más importantes que a mi parecer, habrá que tener en cuenta en futuras construcciones de submarinos y buques en general.

Especificación de requisitos. La tentación de exigir lo mejor y más avanzado, con un coste mínimo es humana pero se corre el riesgo de pedir imposibles. Unos requisitos completos y realistas no son fáciles de redactar. Las decisiones que se toman en las primeras fases, más conceptuales, son decisivas y afectan a toda la vida del buque. El diseño del buque por tanto, debe estar muy orientado al ciclo de vida y en él debe considerarse su impacto en la organización, costes, personal, adiestramiento, infraestructura, etcétera.

Los programas de I + D. Estos programas son imprescindibles para las Fuerzas Armadas y las empresas. Sin embargo, la propia naturaleza de estos programas hace que su resultado no siempre sea satisfactorio o apto para su uso en nuestras unidades por no alcanzar las expectativas previstas. La inclusión por tanto de equipos procedentes de este tipo de programas cuyo resultado es aún incierto, añade riesgos al programa principal.

Las Oficinas de Programa. La creación de estas oficinas en las fases iniciales del programa puede mejorar sensiblemente los resultados de las fases de viabilidad y definición entre los que se encuentra la orden de ejecución que incluye anexos tan importantes como las «especificaciones de contrato», «presupuesto», «penalizaciones», «equipos a revisión directa», etc. Por otro lado, la potenciación, formación y permanencia del personal destinado tanto en las oficinas de programa como en las inspecciones de construcciones, es muy importante si queremos controlar realmente el programa no solo durante la construcción sino a lo largo de la vida operativa del buque hasta su desguace.

Ingeniería de Sistemas. Los últimos programas de construcción dentro de los cuales se integran otros programas como consecuencia de nuevos desarrollos, en los cuales participan gran cantidad de empresas y con duraciones superiores a los diez años, han demostrado la necesidad de aplicar técnicas de Ingeniería de Sistemas.

Es evidente que la sociedad actual está en constante movimiento. Como parte de esa sociedad, la Armada tampoco puede quedarse parada y por ello, estamos obligados a evolucionar a más velocidad de lo que con frecuencia, sería deseable. Esa evolución nos obliga a ser más flexibles en nuestras estructuras, y por supuesto, a mantenernos en un constante proceso de aprendizaje tanto académico, asistiendo a cursos de perfeccionamiento, como institucional, mediante la puesta en común y análisis, de nuestras propias experiencias para su aplicación en el futuro.

Solo me queda pedir disculpas a los lectores si a lo largo de este artículo he decepcionado por no profundizar en algunos temas que seguro que despiertan más interés, o por haberme extendido demasiado en otros que no interesan tanto. Como sabemos todos, una de las cosas más difíciles es saber distinguir entre lo principal y lo accesorio.

