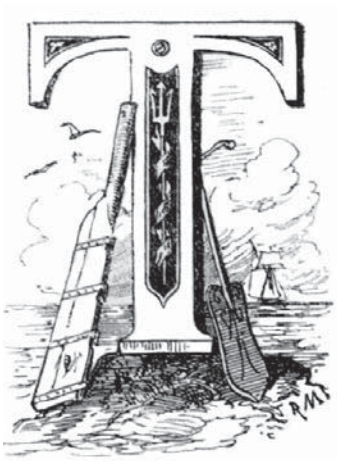
SISTEMA INTEGRADO DE SOSTENIMIENTO

Diego CARRIAZO HERNÁNDEZ

Introducción



ECLEE *tecnologías 4.0* en *Google*, por ejemplo, y pulse *Enter*. Aparecen, a día de hoy, 5.910.000 entradas. Con un poco de paciencia, y una declarada voluntad de descubridor, solo con abrir algunos de los resultados podemos hacernos una idea básica sobre la naturaleza de la cuestión planteada. Tecnologías IoT (*Internet of Things*), *clouds* (computación en la nube), *big data* (procesamiento de ingentes cantidades de datos), Inteligencia Artificial (*Machine Learning, Deep Learning*…), etc., son los productos del universo 4.0 que aparecen en el *ranking* de los más consultados.

Nos encontramos a las puertas de algo nuevo, la llamada, en un alarde victorioso del *marketing*, Revolución Industrial 4.0. Ya lo podíamos intuir en nuestro día a día al pensar en las distintas capacidades y posibilidades que nos ofrece nuestro teléfono móvil. Que lo de menos es su uso como teléfono da buena fe la imposibilidad de comunicar con los hijos si no es tecleando o grabando mensajes de voz. Salvo para aquello para lo que, pensábamos, se había construido, lo usamos para prácticamente cualquier gestión: conocer la mejor ruta para movernos por la ciudad, como oficina bancaria o anticipándonos a las compras de Navidad. Diversas plataformas *on line* nos guían en nuestros viajes o en nuestras gestiones bancarias o, incluso, en nuestras relaciones con la Administración. Y todo gracias a los datos que hemos proporcionado, con o sin nuestra aquiescencia o conocimiento, y al posterior proceso que sobre estos realizan los equipos *big data* de las diferentes empresas.

Y aunque no es demasiado correcto empezar por el final, de la simple observación que hacemos del uso doméstico de estas tecnologías podemos llegar a varias conclusiones: nos facilitan la vida —o eso parece—, suponen un riesgo evidente para nuestra privacidad, para la seguridad y, desde luego, no tenemos *a priori* asegurado que obtengamos el adecuado retorno que haya justificado nuestra inversión en tiempo, interés y dinero. Y me atrevo a decir que pocas personas tienen claras las capacidades que ofrece el terminal ni desde luego la mayoría es capaz de aprovecharlas en su totalidad.

Estos aspectos, nada baladíes, son perfectamente transponibles de la vida privada o doméstica al entorno profesional y, por tanto, en lo que a nosotros nos atañe, de su consideración y análisis saldrán delimitadas las fronteras del nuevo Apoyo Logístico y por ende la forma de acometer la evolución del Sostenimiento.

La cuestión 4.0 se trata globalmente, desde diferentes aspectos, a lo largo de este número especial de nuestra REVISTA. Aquí se intenta apuntar cómo planeamos aprovechar estas tecnologías desde esa cara del prisma rotulada como Sostenimiento.

El gran reto

Estamos ante un reto de grandes proporciones, pero también ante la gran oportunidad de adaptar nuestros procesos y capacidades logísticas a la demanda cada vez más exigente de nuestras unidades en un entorno de recursos que siempre será restrictivo. La Armada no puede permitirse perder el tren de estas nuevas tecnologías, siendo como es una institución que aspira a la excelencia en todas sus actividades. Y su estructura de Apoyo Logístico, como proveedora de capacidades y servicios, debe estar en la vanguardia de esta transformación dentro de la Armada y, por qué no, ser pionera en el ecosistema industrial de las empresas dedicadas al mantenimiento de equipos y sistemas.

Para abordar esta transformación lo primero que debemos preguntarnos es cuál es nuestro punto de partida para, a continuación, prever el futuro al que

(Fotografía facilitada por el autor).

aspiramos utilizando las oportunidades que nos ofrece el nuevo entorno tecnológico en el marco de la disponibilidad de recursos.

Es cierto que en nuestra estructura logística existen ya hoy en día parcelas de trabajo, o áreas funcionales, altamente digitalizadas, con herramientas sin duda consolidadas y útiles. A nadie se le escapa que los procesos logísticos son capaces de generar una cantidad ingente de información. Se trata entonces de dar más valor a esos datos, siendo capaces de utilizarlos y analizarlos mediante la automatización de procesos y la interconexión entre sistemas. Este es, a nuestro modo de ver, el auténtico significado de la palabra digitalización en el siglo XXI.

Con este planteamiento, lo primero que advertimos es que ciertamente en la Armada no existe un entorno colaborativo integral de todos los procesos de Sostenimiento en el que participen todos los actores, que abarque todos los niveles jerárquicos (JAL-arsenal-unidad), proveedores y, mucho menos, en el que se aprovechen las nuevas herramientas que nos ofrece el universo digital. No solo hablamos de un salto tecnológico, sino de un cambio serio de mentalidad. Hablamos de evolucionar desde la tradicional idea de necesidad de conocer a la de necesidad de compartir, facilitando de esta manera tanto la integración vertical como horizontal de todos los intervinientes en los procesos logísticos. Los datos deben estar siempre disponibles en tiempo y forma para los procesos y para las personas que los necesiten.

Por otra parte, conviene no olvidar que la Armada apoya actualmente a sus unidades de forma eficaz con el sistema, la organización y los medios disponibles de personal, material y económicos. La llegada de las nuevas construcciones, con un mayor componente tecnológico, podría llevarnos a plantear un

sistema de mantenimiento «a dos velocidades». Desde la Jefatura de Apoyo Logístico la idea es orientar la transformación de este para que los procesos de Sostenimiento de los nuevos sistemas converjan con lo existente, convenientemente evolucionado, integrando aquellos de una forma eficiente en el sistema diseñado conforme se vayan incorporando al servicio.

La Armada nunca ha perdido su capacidad directiva y de control en aspectos de Sostenimiento. La dirección centralizada desde la Jefatura de Apoyo Logístico y una ejecución descentralizada por parte de los arsenales es garantía de eficacia y eficiencia en la utilización de los recursos, humanos, materiales y financieros.

En este orden de ideas, la utilización de tecnologías 4.0 debe responder a una evolución del apoyo logístico actual y nunca a una revolución impuesta por las tecnologías a bordo de las nuevas unidades o como un fin en sí mismo. Esta evolución debe plasmarse en una estrategia de implementación que considere estas tecnologías y su impacto en las personas y en la organización. El modelo debe ser ambicioso y tener muy clara la situación final deseada, con la flexibilidad en el diseño del proyecto que las nuevas tecnologías imponen para acotar los riesgos inherentes a la incertidumbre sobre su propia naturaleza. Y para alcanzar ese estado hay que recorrer el camino de la mano de la innovación y, por tanto, de empresas que inviertan en desarrollos tecnológicos que se ajusten a nuestras necesidades, minimizando el riesgo mediante un adecuado análisis y una sensata planificación. El riesgo es elevado; tan elevado como son los desarrollos I + D enfocados al empleo de nuevas tecnologías.

El Sostenimiento en la Armada

Podríamos considerar el apoyo logístico como una empresa proveedora de servicios, con un cliente preferente, la Flota, y unos consumidores finales de los productos ofertados, que serían las distintas unidades. Salido de nuestras fábricas o centros de producción, los arsenales, nuestro producto estrella, nuestra razón de ser, es el día de mar. Pero aspiramos a la excelencia y por tanto a ofrecer un día de mar de «la máxima calidad», y a obtener una más fiable y completa información sobre disponibilidades logísticas a beneficio de las autoridades que las necesiten. En este marco de relación empresa-cliente, tendrán un papel fundamental las nuevas capacidades de proceso y análisis de datos que las nuevas tecnologías proporcionan. El apoyo logístico experimentará, promoverá el conocimiento, formará y motivará a su personal. Y estará vivo, en constante evolución, para ser cada día más eficiente.

Hemos partido de la base de que la Armada ya sostiene razonablemente bien a sus unidades con los recursos asignados. Pero no es suficiente, es necesario plantearse además qué queremos integrar.

(Fotografía facilitada por el autor).

No queda más remedio que recurrir a la teoría como contrapeso a la imaginación tecnológica mostrada en aquellos millones de entradas *web* que mencionábamos al principio.

Así, el Sostenimiento es el conjunto de actividades logísticas necesarias para mantener y reparar los sistemas de armas y sus elementos asociados de forma que se garantice su correcta operación cuando y donde sean requeridos, así como el mantenimiento y la actualización de sus capacidades a lo largo de su ciclo de vida (1). El Sostenimiento debe ser, por tanto, un proveedor de fiabilidad. Este se desarrolla mediante tres funciones logísticas, íntimamente relacionadas, de manera que la integración de los procesos correspondientes garantice la unidad de doctrina, de información y de acción:

— *Mantenimiento*. De acuerdo con el reciente Concepto de Apoyo Logístico, la estrategia de optimización del mantenimiento evolucionará orientándose a través del análisis de fiabilidad (2). Estos análisis

(1) Instrucción 5/2008 del SEDEF, por la que se regula el Sostenimiento del Armamento y Material.

(2) Proceso lógico y estructurado llevado a cabo para determinar el tipo de mantenimiento a realizar sobre cada equipo o sistema que se determine.

tienen en cuenta no solo al equipo o sistema considerado de manera aislada, sino también el entorno en el que se desenvuelve.

— *Aprovisionamiento*. Es fundamental la integración de la gestión de repuestos, maximizando la explotación del Almacén Virtual Único de la Armada, el comercio electrónico y la disponibilidad coordinada de servicios y repuestos mediante la figura contractual de los Acuerdos Marcos Integrales de Sostenimiento.

— *Ingeniería del ciclo de vida*. Desde nuestro punto de vista se destacan dos aspectos:

- Configuración Logística, espina dorsal del Apoyo Logístico.
- Plan de Mantenimiento de las unidades, sistemas y equipos y, consecuentemente, el Plan de Inmovilización de la Fuerza.

El Sistema Integrado de Sostenimiento (SIS)

Con la finalidad de dar respuesta a los retos planteados se identifica el Sistema Integrado de Sostenimiento como aquel que, sustentado en un uso extensivo de las nuevas tecnologías, debe ser capaz de:

— Apoyar la toma de decisiones en los diferentes niveles responsables del Apoyo Logístico (unidad-arsenal-JAL).
— Permitir una visibilidad completa de las actividades logísticas en cada uno de los procesos.
— Controlar la operatividad del material, así como el seguimiento y la ubicación de los recursos.
— Satisfacer los requerimientos de la ingeniería del ciclo de vida.
— Potenciar la capacidad de análisis técnico de mantenimiento sobre los planes de mantenimiento implementados.

El Sistema aprovechará toda la potencia de las nuevas tecnologías, *big data*, Inteligencia Artificial, Internet de las Cosas, etc., para componer todas las partes o subsistemas y conseguir revalorizar los datos. En él, la evolución de cada uno de los subsistemas considerados se planifica en paralelo con los demás de manera detallada y concurrente.

Asimismo, deberá proporcionar un entorno colaborativo integral para todos los participantes, en el que se sustenten los procesos logísticos que se determinen. La aplicación de técnicas de gestión modernas, la preocupación constante por el aseguramiento de la calidad, la búsqueda de la excelencia en todos los órdenes y una adecuada inversión de recursos deben garantizar el adecuado grado de operatividad de las unidades.

Y finalmente, deberá diseñarse desde el principio para ser escalable en dos niveles. Esto es, ser capaz de incorporar nuevos sistemas o equipos a cada módulo y, por otra parte, poder añadir en el futuro nuevos módulos de acuerdo a las necesidades de la Armada y a las posibilidades que en cada momento ofrezca la tecnología.

Fragata *F-110*. Navantia Infografía.

Y llegados a este punto, con respecto a la futura *F-110,* es obligado mencionar la maqueta digital (MD) y su evolución al gemelo digital avanzado (GDA) (3) en base a las crecientes funcionalidades que se vayan incorporando al modelo: visión 3D, integración del SICP y SMBC, teleasistencia al mantenimiento, simulación, controles automáticos de configuración, etc. En el momento en que se redactan estas líneas, está sobre la mesa la definición concreta del alcance, dimensión y conexiones de estos modelos digitales. Se puede intuir ya, sin embargo, la relevante interrelación que existirá entre la MD/GD y la plataforma GALIA (Gestión del Apoyo Logístico en la Armada).

Finalmente, se considera fundamental para garantizar la robustez del diseño mantener la unicidad del dato (4) y evitar redundancias, definir por una parte las fuentes y naturaleza de los datos que se incorporarán al modelo digital, y por otra, y no menos importante, delimitar en qué sistemas radicará cada uno de los procesos logísticos. En particular, y para afirmar y asegurar la deseada autonomía de la Armada en la toma de decisiones, parece conveniente que todos los procesos aprobatorios o de decisión continúen residiendo en sistemas propietarios de la Armada, con independencia de la existencia de la MD/GD y a expensas de conocer cómo se plantee la gestión de su ciclo de vida.

Ofrecemos a continuación una breve descripción de los subsistemas que inicialmente hemos considerado necesarios integrar (figura 1).

---

(3) Este gemelo digital es un sistema de información que representa a una unidad en el mundo virtual sobre la que se actúa en función de diversos procesos del ciclo de vida.

(4) Introducción de la información una sola vez y su reaprovechamiento o retroalimentación en múltiples procesos. Es fundamental la asignación de responsabilidades de la custodia de cada dato introducido.

Subsistema a bordo

Figura 1.

A bordo de las unidades se consideran en principio varios elementos: Sistema Integrado de Control de Plataforma (SICP), Sistema de Mantenimiento Basado en la Condición (SMBC), Gestor de Sostenimiento y un CESADAR embarcado (CESADAR-E).

El SICP recibe las señales de los sensores instalados en los distintos equipos de abordo, las visualiza, analiza y responde a la señal recibida con una acción automática (parada de un motor por sobrevelocidad, por ejemplo) o con la ejecución de una acción del personal de máquinas (anulación de una alarma). Estas señales son completadas con otros datos procedentes del SMBC, vibraciones, termografías y otros, que podríamos llamar ambientales: balance y cabezada, geográficos, meteorológicos…

A bordo se debe disponer de un Gestor de Sostenimiento con acceso a la información actualizada sobre la configuración logística y los planes de mantenimiento, tanto los que debe realizar la dotación (PMS) como los previstos en escalones superiores (ICMP). Además de otras entradas (boletines de fabricantes, por ejemplo), los análisis llevados a cabo mediante técnicas de Inteligencia Artificial en el Centro de Situación del Centro de Evaluación y Análisis de Datos de la Armada (CESADAR) jugarán un papel importante en las actualizaciones de estos planes PMS o ICMP. Las posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías, en particular la realidad aumentada y la utilización de dispositivos móviles, supondrán un auténtico avance en la formación del personal y en la ejecución de tareas de mantenimiento a bordo.

Junto a estos elementos se considera CESADAR-E a un CESADAR embarcado.

Los datos originados son empaquetados y remitidos a tierra con la periodicidad que se determine para ser analizados por el Centro de Situación del

CESADAR en tierra (Cartagena). El funcionamiento de los sistemas es modelizado en base a los datos recabados mediante técnicas de Inteligencia Artificial (5), dando lugar a algoritmos que, una vez entrenados, son implementados a bordo para su explotación por el CESADAR-E.

Este proporcionará al jefe de máquinas un análisis en tiempo real de sus equipos basado en los algoritmos entrenados en tierra sobre los datos de toda la población de equipos o sistemas similares (comunalidad). Una vez a bordo, los algoritmos se alimentan, y aprenden, con los datos originados en los propios sistemas de cada unidad particular.

La suma de la información proporcionada por el SICP más la del CESADAR-E proporcionará al jefe de máquinas, en tiempo cuasi real, una fiel idea del estado de salud de sus equipos y qué puede esperar de ellos. Es la primera línea de defensa contra averías catastróficas.

Resulta oportuno en este punto reseñar que se está considerando la aplicación de estas tecnologías para la Infantería de Marina, de manera que, mediante una adecuada sensorización de sus sistemas, se puedan obtener mejoras en el mantenimiento, aumentando los índices de fiabilidad.

Subsistema de Plataforma de Gestión del Apoyo Logístico Integrado

En la actualidad la Armada trabaja con un programa de desarrollo propio, GALIA (figura 2). Desde esta Plataforma se gestiona una importante base de datos que soporta diferentes procesos logísticos a través de los módulos que vemos en la figura. Muy particularmente destacaríamos la configuración logística y los planes de mantenimiento.

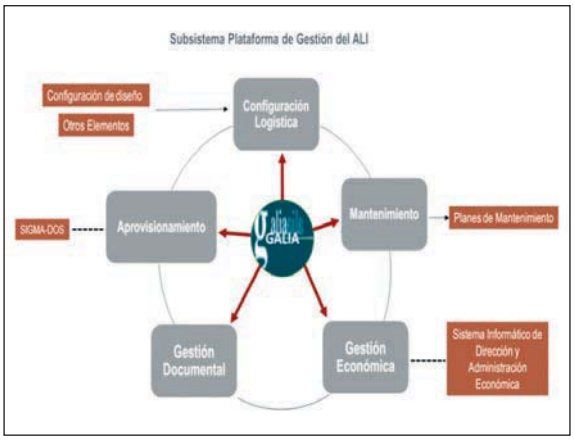


Figura 2.

Las relaciones entre GALIA y la maqueta digital o gemelo digital no están, como ya se ha comentado, completamente definidas, pero es evidente que a bordo de las nuevas construcciones se necesitará un Gestor del Sosteni-

(5) Ver artículo sobre el CESADAR en este mismo número de la REVISTA.

miento para manejar los datos y soportar los procesos logísticos (partes de mantenimiento, por ejemplo). En cualquier caso, este deberá constituir una única fuente de información sobre la que realizar el esfuerzo de los diferentes participantes y desde ubicaciones diversas en el ciclo de vida de cada unidad.

Para evitar el mantenimiento a dos velocidades se plantea la necesidad de afrontar un desarrollo en profundidad de GALIA, esto es, adaptar la plataforma a las nuevas necesidades de almacenamiento y manejo de datos y su interconexión con otros programas o sistemas digitales.

Subsistema CESADAR en tierra. CESADAR-T

Al ser también objeto de un artículo en este mismo número de la REVISTA, digamos brevemente, para no perder el hilo (si no se ha perdido ya), que el CESADAR es un sistema ya en funcionamiento, aunque con capacidades limitadas, que captura datos de los equipos y sistemas de plataforma de los buques, así como de otras procedencias *off line* (SMBC, análisis de fluidos, etc.) para que, una vez recogidos en el Centro de Situación sean procesados y analizados. En su desarrollo, se les sumarán tecnologías de Inteligencia Artificial.

En la situación final deseada, el CESADAR-T, gracias a su elevada capacidad de proceso de datos, deberá proporcionar apoyo a los diferentes niveles directivos en la toma de decisiones, realizar asesoramiento técnico en tiempo útil a las jefaturas de mantenimiento de los arsenales y a las propias unidades, así como proponer modificaciones a los planes de mantenimiento, incluyendo recomendaciones sobre el tipo de mantenimiento aconsejable para cada caso.

El análisis de datos se realizará con técnicas *big data* de Inteligencia Artificial. La explotación de los datos —prognosis (conocimiento anticipado de algún suceso), diagnóstico de fallos, análisis de tendencias, historiales, etc.— debe ser realizada por sistemas automatizados, proporcionando la segunda línea de defensa ante eventos no previstos, críticos o catastróficos.

El éxito pasa por crear modelos predictivos de aquellos sistemas y equipos del buque que se determinen (6). Deberá además procesar los algoritmos propietarios de fabricantes cuando así se establezca en base a criterios de coste-eficacia. Asimismo, los resultados de los análisis realizados de manera automática generarán propuestas de cambios a los planes de mantenimiento.

El CESADAR necesitará de una adecuada interconexión con la MD/GD o GALIA, cuando no integración, de quienes recibirá los datos de configuración

(6) En este sentido se lanzará en breve un proyecto de I + D para estudiar la utilización de sistemas de redes neuronales en la definición de algoritmos predictivos para sistemas de plataforma.

de los sistemas de interés, información sobre el plan de mantenimiento, así como datos técnicos relevantes sobre esos sistemas (historiales de averías, por ejemplo).

Subsistema de Dirección y Análisis

La evolución del Apoyo Logístico implica la incorporación de novedosas tecnologías y, como consecuencia, un importante cambio de mentalidad y una necesidad de un conocimiento que es escaso, específico y muy cualificado. La adecuada gestión del conocimiento es condición necesaria para limitar los riesgos tecnológicos, permitiendo una evolución coordinada y razonable en términos de eficiencia de la organización logística.

Por otra parte, es previsible que el sistema genere una ingente cantidad de datos que deben ser convenientemente analizados en los diversos niveles jerárquicos de responsabilidad para que el sistema aporte valor añadido a estos datos, de manera que el Apoyo Logístico mejore esa virtual «cuenta de resultados» que son los días de mar de calidad.

Se hace necesario, por tanto, captar conocimiento, y conservarlo, concentrándolo donde mayores réditos puedan obtenerse de él. Para ello se ha creado en la Dirección de Sostenimiento una Sección de Apoyo al Análisis del Sostenimiento con la responsabilidad de dirigir, evaluar, coordinar y acompasar los desarrollos de los distintos elementos o subsistemas, asegurando la coherencia y adecuada integración entre ellos, gestionando el conocimiento para, a continuación, analizar los resultados obtenidos del procesamiento de los datos para apoyar la decisión de los responsables del Apoyo Logístico en los diferentes niveles: jefes de máquinas, jefaturas de mantenimiento de los arsenales y JAL.

Conclusiones

Apreciado lector, si ha llegado hasta aquí sin saltarse demasiados párrafos, además de agradecérselo sinceramente, confiamos en haber sido capaces de proporcionarle las líneas generales sobre cómo se está planteando la evolución del Apoyo Logístico y que haya podido llegar a sus propias conclusiones.

Por supuesto, esto no nos exime de la responsabilidad de resaltar al final del artículo las ideas en él vertidas que nos parecen más relevantes. Ayudamos así, además, a quienes no han tenido la oportunidad de leerlo entero.

El año 2017 ha estado marcado por la irrupción de los conceptos 4.0 asociados a las nuevas tecnologías en el ámbito del Apoyo Logístico. En la Dirección de Sostenimiento se está desarrollando el concepto de Sistema Integral de Sostenimiento (SIS) basado en el aprovechamiento del conjunto de técnicas del mundo 4.0 para automatizar e interconectar diferentes sistemas,

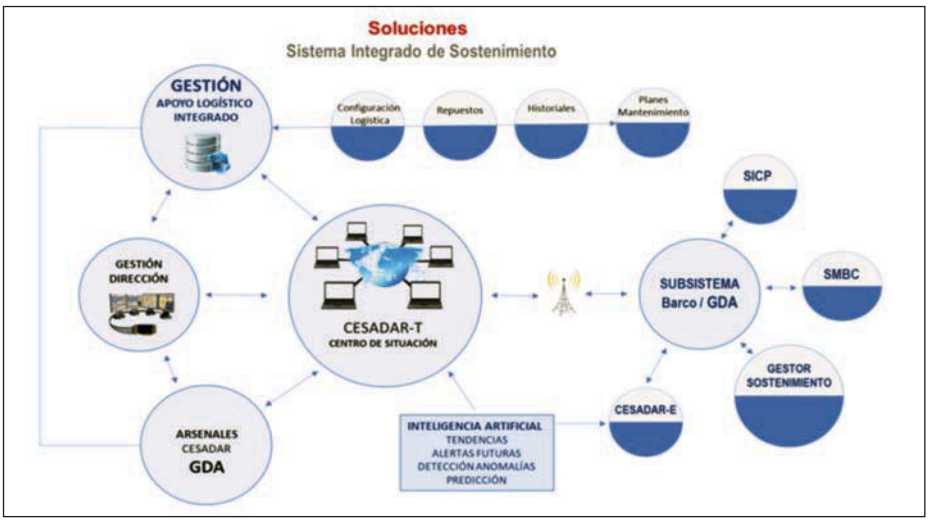


Figura 3. Sistema Integrado de Sostenimiento.

formando así un entorno colaborativo integral donde confluyan actores y procesos (figura 3).

La aplicación sensata de las tecnologías 4.0, una preocupación constante por el aseguramiento de la calidad y una búsqueda de la excelencia en el personal del Apoyo Logístico, deben garantizar un adecuado grado de operatividad de las unidades, así como un mejor conocimiento de la disponibilidad y situación real de equipos y sistemas, acorde siempre a los recursos invertidos.

La implementación de estas nuevas tecnologías demandará conocimientos muy específicos y un enorme esfuerzo de coordinación para asegurar que este desarrollo se lleva a cabo de una manera coherente y eficiente, y que el resultado cumple con los requisitos que la Armada demanda.

Además, una vez implementado, se prevé que el sistema procese un enorme volumen de datos, para darles valor añadido se hace imprescindible contar desde el inicio del desarrollo con un equipo de personal dedicado en exclusiva y altamente especializado.

Disponer de un núcleo de personal estable y cualificado para diseñar, planificar y gestionar la evolución del Apoyo Logístico hacia el Sistema Integrado de Sostenimiento, obteniendo el necesario retorno a la inversión realizada, es sin lugar a dudas la condición básica para el éxito del proyecto.