

MANTENIMIENTO POR DIAGNOSTICO

*Carlos D. Rivas Mora
Capitán de Fragata*

INTRODUCCION

Todas las cosas y todos los hechos tienen dos caras. A los caracteres conservadores y tradicionalistas, como el de nosotros los marinos, no les resulta fácil aceptar esto y en ocasiones vemos las cosas solamente como quisiéramos que estas fueran. No necesariamente como son.

La pequeña ventaja que podemos tener los ingenieros radica probablemente en eso. Tenemos que ver el mundo real y tal como es. Debemos conocer todas las variables que gobiernan los problemas y no podemos estar tranquilos sino hasta saber cuál es su factor de incidencia y cuál es el valor de su exponente. Felizmente, lo anterior, que es válido en nuestra profesión, lo es también en la vida misma y también es válido en Mantenimiento.

Desde hace muchos años se viene revisando y efectuando cambios profundos en todo el mundo acerca de los esquemas de mantenimiento tradicionales. No hemos sido los marinos los precursores en esta materia. Lo fuimos de otras materias en otros años. Ahora la tranquilidad del "siempre se ha hecho así" nos ha hecho perder la delantera.

Resulta asombroso ver cómo han sido las comunidades técnicas menos tolerantes al riesgo las que lo han desafiado primero. Concretamente, fueron las compañías de transporte aéreo las que primero cuestionaron los esquemas de mantenimiento, en base sólo a las horas de servicios o del tiempo calendario y, curiosamente, dentro de las armadas los primeros han

sido los submarinistas. Ambos grupos, probablemente sensibilizados por los altos costos de su mantención.

En febrero recién pasado el Almirante (USN) John Nyquist, Segundo Jefe de Operaciones Navales, despertó gran entusiasmo entre los congresales del Comité de Defensa del Congreso de Estados Unidos al disertar sobre el avance del discutido programa "la Revolución en el Mar", que creara e impulsara el Almirante (R) Joseph Metcalf con el propósito de estudiar y analizar la forma en que la armada de ese país diseña, construye, compra, tripula y opera sus buques de combate. En otras palabras, una gran autoauditoría para fijar la armada del siglo XXI.

Entre los numerosos puntos concluyentes del estudio citado, que abarca desde las defensas contra torpedos hasta las nuevas superficies lisas que lucirán los buques de los próximos decenios, se habló del Mantenimiento por Diagnóstico. En el peculiar estilo estadounidense, el Almirante Nyquist lo explicaba así: "Si no se ha roto, no lo arregle. Ud. debe esperar a que su máquina le indique que requiere ayuda, en lugar de ir y efectuar mantención preventiva innecesaria, y esto le ahorrará dinero y tiempo a su tripulación."

UN POCO DE HISTORIA

Antes de la Segunda Guerra Mundial el mantenimiento de los buques descansaba básicamente en la experiencia y buen sentido del ingeniero de mantención, lo que no era sino una

forma de aplicación de Mantenimiento Sintomático. En efecto, era su experiencia la que iba a aportar los dos factores fundamentales para llevar adelante el mantenimiento. *Saber cuándo* recorrer su equipo o maquinaria y *saber cómo* hacerlo. Saber cuándo se atribuía a conocer su maquinaria y tener un "feeling" sobre su estado, lo que a su vez provenía de una juiciosa aplicación de sus "sensores" personales: vista, oído, tacto, olfato, gusto y, muy probablemente, un "sexto sentido" más importante que todos los anteriores. El inconveniente de este sistema radicaba en su subjetividad, en su no cuantificación y en su dificultad para ser transmitido o enseñado a otros.

La Segunda Guerra Mundial trajo consigo la construcción y puesta en servicio de gran número de buques de guerra durante un corto período y obligó a una rápida creación de dotaciones para tripularlos. Si bien se impartía una instrucción y un entrenamiento básicos para la operación y mantención, la experiencia y el "feeling" no eran transmitibles fácilmente. ¿Cómo asegurar entonces una mantención adecuada para la maquinaria y equipos que, por añadidura, se hacían más y más complejos? La respuesta fue el Mantenimiento Planificado.

EL OBJETIVO DEL MANTENIMIENTO

En las armadas en general, el mantenimiento se realiza en dos segmentos o dos fases. La primera es la de las acciones simples y frecuentes que se efectúan a bordo con el personal del buque y son en general de una naturaleza inspectiva exterior, es decir, no comprometen grandes desarmes de las máquinas ni el uso significativo de repuestos.

La segunda parte es aquella asociada con recorridas u "overhauls" que normalmente debe ejecutar el astillero. Estas acciones de mantenimiento son naturalmente caras, tanto por la mano de obra que emplean como por el uso intensivo de repuestos. Tan importante como lo anterior, estas acciones mayores, igual que la cirugía en el cuerpo humano, implican un riesgo para los equipos por el solo hecho de tener que abrirlos, desarmarlos y volverlos a armar.

El foco de interés de este trabajo y de todos los de este seminario se centrará en esta parte del mantenimiento.

El objetivo principal de cualquier forma de mantenimiento debiera ser entregar alto rendimiento y buena confiabilidad de los equipos y sistemas *al menor precio posible*.

El rendimiento de un sistema, sea este me-

cánico, eléctrico o electrónico, decae con el tiempo de servicio por el desgaste o degradación normal de sus piezas componentes, todas las cuales lo hacen en forma bastante desuniforme. La mantención de niveles básicos busca *recuperar el rendimiento* del equipo mediante ajustes y otras acciones que no signifiquen el desarme de la máquina.

Aparte de la degradación constante del rendimiento que sufre una máquina durante su servicio, también va sufriendo *fallas* que afectarán su *confiabilidad*. Confiabilidad e Índice de Fallas son dos conceptos dependientes. No se puede hablar de baja confiabilidad en un sistema si no hay una ocurrencia de fallas registradas que lo justifique o, al menos, antecedentes para establecer un *potencial de ocurrencia de fallas*. Idealmente, las acciones de mantenimiento mayor, esto es, recorridas, "overhauls", "refits", etc., deben orientarse a *recuperar la confiabilidad* de los equipos y, por lo tanto, debieran también estar enmarcadas por un horizonte de servicio futuro de un tiempo definido.

El conjunto de Acciones de Mantenimiento Mayor de un buque es el que da origen a las recuperaciones, "refits" u "overhauls" de este. El costo de estos trabajos en la vida de un buque de guerra moderno ha llegado a ser similar al costo inicial del buque, haciéndose especialmente cierto en el caso de los submarinos. Es en la preparación y planificación de estas recorridas donde tiene más cabida la aplicación del diagnóstico de máquinas y equipos.

En efecto, si bien es lógico esperar que en un momento dado es necesario que el buque sea recuperado porque todos sus componentes se encuentran de alguna manera deteriorados en su confiabilidad, no es igualmente lógico suponer que todos estarán uniformemente degradados y que todos requerirán acciones de desarme y recorrida completas o de la misma magnitud. Desde luego, el deterioro de la confiabilidad de los sistemas y equipos tiene orígenes o causas diversas. Entre las más comunes están las siguientes:

—*Horas de servicio*. Es la causa más común y más fácil de cuantificar; afecta a las máquinas de propulsión y máquinas eléctricas en general.

—*Tiempo calendario*. Ciertos equipos o componentes se degradan por el solo efecto del paso del tiempo, independientemente de las horas efectivas de servicio que hayan prestado. Este deterioro se presenta en diversos componentes, especialmente eléctricos, electrónicos y de armamento y está frecuentemente asociado con corrosión, pérdidas de propiedades dieléctricas, endurecimiento de gomas, suciedad, etc.

—*Número de partidas y paradas.* Para la mayoría de los equipos electrónicos cada encendida y apagada constituye un hecho traumático para muchas de sus partes, las que sufren algún deterioro en cada ocasión. No es diferente el caso de los sistemas eléctricos y mecánicos.

—*Condiciones de entorno inadecuadas.* Altas temperaturas, vibraciones, ambientes contaminados, flujo de suministros fuera de rango (eléctricos, hidráulicos, etc.), constituyen también causas de deterioro de equipos.

—*Número de operaciones.* Un contacto eléctrico, un motor de partida, un cañón, son elementos cuyo deterioro es sensible, preferentemente, al número de operaciones que realiza.

Naturalmente, todos los equipos del buque se afectan en alguna medida por todas las causas indicadas, pero en cada caso habrá una que es claramente mandatoria. Parece del todo válido entonces plantearse algunas preguntas:

—¿Llegarán todos los equipos igualmente degradados a la fecha del "refit" del buque?

—¿Será necesario practicar a todos una recorrida completa?

Trataremos de ver de qué manera los diversos tipos de mantenimiento responden estas interrogantes.

TIPOS DE MANTENIMIENTO

Tres son los métodos de mantenimiento que se reconocen, a saber: Mantenimiento por fallas, Mantenimiento Planificado y Mantenimiento por Diagnóstico.

Mantenimiento por Fallas

Consiste simplemente en dejar que la máquina o equipo funcione hasta que falle. Sólo entonces el equipo será reparado o reemplazado. Esta forma de mantenimiento no pareciera ser tal, sino más bien parece el antimantenimiento. Sin embargo, existen efectivamente casos en que tal forma de mantenimiento resulta apropiada, especialmente con material no crítico y de frecuencia de fallas aleatorias en el tiempo. El reducido tamaño y costo de muchos aparatos y componentes electrónicos de hoy validan ampliamente esta forma de mantenimiento; es así como muchas máquinas vienen simplemente con componentes completos de respaldo.

Con el tiempo, entonces, es dable esperar que aumente la cantidad de material afecto a este tipo de mantenimiento, imponiéndose desde luego la necesidad con un sistema efectivo de suministro de piezas o equipos de recambio.

De alguna manera, el sistema de Reparación por Reposición (RxR) que la armada aplica en algunas máquinas se asemeja al mantenimiento por fallas. Pero no del todo. El sistema RxR no es realmente otra forma de mantenimiento sino un reforzamiento logístico para el Mantenimiento Planificado, tendiente a reducir los plazos inoperativos de los equipos o sistemas.

Mantenimiento Planificado

Es aquella forma de mantenimiento para máquinas y equipos que se basa en un sistema que le indica al mantenedor, con gran precisión, qué hacer, quién debe hacerlo, qué herramientas debe emplear, cuándo hacerlo y cuánto tiempo le tomará. Para cada máquina se definen las acciones de mantención diarias, semanales, mensuales, etc., que conforman su esquema de mantenimiento, el cual se agrupa orgánicamente con el de las otras máquinas del buque y mediante una planificación centralizada toman la forma de un sistema integrado. Las acciones de mantención que definen el Mantenimiento Planificado van desde las más simples inspecciones diarias hasta las recorridas generales, que comprenden el desarme del equipo y su completo reajuste.

Mantenimiento por Diagnóstico

Se le conoce también como Mantenimiento Basado en la Condición, Mantenimiento Sintomático, Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad y Mantenimiento Predictivo. Esta forma de mantenimiento se consigue mediante un sistema o programa de vigilancia o monitoreo continuo o periódico de la máquina, tendiente a verificar su estado de trabajo bajo condiciones de funcionamiento normal, a través de la comparación juiciosa de los datos obtenidos con los datos "patrón" y la observación de "tendencias". Con ello se pueden identificar problemas en gestación y tomar decisiones más acertadas acerca de las necesidades de acciones de mantención.

Problemas del Mantenimiento Planificado

El Mantenimiento Planificado ha sido por largo tiempo un gran éxito. Durante muchos años fue el principal soporte del alistamiento de las flotas, aportando un buen rendimiento y la adecuada confiabilidad en sus sistemas de armas y en su maquinaria. Tuvo además otros beneficios: permitió a los diseñadores especificar el mantenimiento que estimaron adecuado para

sus máquinas; a las autoridades técnicas, ejercer un estrecho control del cumplimiento de las acciones de mantención; al buque, planificar sus actividades de entrenamiento y mantención con menos interferencias mutuas; al ingeniero, contar con una excelente ayuda que le permitió dedicar más tiempo y esfuerzo al entrenamiento de combate; y finalmente, a los astilleros, planificar mejor sus cargas de trabajo, incluyendo en ello los "refits" y "overhauls" de buques.

La experiencia de una extensa aplicación de Mantenimiento Planificado, en muchas armadas ha ido revelando diversos problemas asociados, siendo los principales de ellos los siguientes:

—El diseñador de una máquina o equipo no siempre es el más indicado para configurar un esquema de mantenimiento debido a su poca experiencia como operador y porque está influido por diversos factores comerciales cuando las establece. Estos factores no siempre son válidos para un operador determinado.

Por otra parte, la máquina puede ser operada en condiciones ambientales o de cargas muy diversas, dependiendo del usuario y del servicio que preste, lo que debiera imponer rutinas de mantención diferentes. Generalmente, el fabricante recomienda un esquema de mantenimiento que, "en promedio", serviría a cualquier situación de operación.

—La autoridad técnica de control, medianamente la acción fiscalizadora del sistema, tiende a hacerlos crecer continuamente. El principal estímulo que recibe la autoridad son los informes de fallas, repetitivas o recurrentes, en un equipo, ante lo cual la resolución más común es crear una nueva rutina de mantenimiento o aumentar la frecuencia de la acción de mantención. Rara vez, quizás nunca, el sistema opera a la inversa, vale decir, eliminando rutinas o haciendo los intervalos más largos cuando hay evidencias de que ciertas acciones son claramente prescindibles. El resultado final es que el aparato de mantención crece continuamente, demandando siempre más recursos humanos y materiales.

—La existencia de un completo y estructurado Sistema de Mantenimiento Planificado y el cumplimiento de los trabajos allí establecidos puede crear un ambiente de indeseable *complacencia técnica* para los Oficiales ingenieros y mantenedores en general y también en la autoridad técnica de control, al menos en lo referente a la decisión del trabajo. La existencia de este sistema y su cumplimiento pueden desmotivar la actitud profesional crítica e inquisitiva que los ingenieros deben poseer y cultivar, ya que la

decisión técnica de hacer o no el trabajo ya está hecha por el sistema.

—El problema más importante que acarrea el mantenimiento planificado es su *alto costo*, el que toma además muy diversas formas dificultando su completa cuantificación. Este alto costo tiene componentes directos en el uso de obra de mano, repuestos e insumos y componentes indirectos, en el mayor número de personal necesario, su mayor nivel de instrucción, en el aparato de infraestructura y apoyo requerido para mantener todo el sistema de mantenimiento y en el tiempo fuera de servicio o no disponibilidad del material.

—La *sobremantención* es también un problema inherente a la aplicación de un esquema de Mantenimiento Planificado rígido. Se ejecutan rutinas de mantención que repetidamente prueban no solucionar ningún problema ni tampoco prevenir su ocurrencia; sin embargo, se siguen ejecutando y restando vida útil a la máquina por el solo hecho de abrirla y manipularla, sin contar con el riesgo permanente de cometer un error en el arme o ajuste, o con el valor del tiempo fuera de servicio.

En resumen, el Mantenimiento Planificado no nos está brindando aquello que más deseáramos obtener de la mantención, esto es: *rendimiento, confiabilidad y bajo costo*. No, al menos, en el nivel óptimo deseable.

Un porcentaje considerable de las fallas y desajustes tienen su origen en las mismas acciones de mantención mal ejecutadas.

Este es un aspecto que rara vez se analiza con frialdad y que es producto de diversos factores. En los países no industrializados, cuyo material de defensa no ha sido fabricado en el país, no se cuenta con la participación o asesoría del fabricante del equipo para efectuar una acción de mantenimiento mayor. Muchas veces ni siquiera existe una vía de comunicación y consulta expedita. Al tratarse de equipos con tecnología avanzada, los trabajos de mantenimiento mayor llegan a ser similares en complejidad a la fabricación misma del equipo, lo que impone una capacidad y conocimiento que muchas veces simplemente no existen. La consecuencia es fácil de imaginar.

Resulta siempre extraordinariamente difícil para las armadas y para los astilleros reparadores mantener vigentes la preparación y capacitación de su personal técnico para la ejecución de trabajos de mantenimiento mayor en las máquinas y equipos de sus buques de guerra. Primero está el alto costo de la instrucción en los países desarrollados, luego el alto éxodo del personal a las actividades privadas y finalmente lo poco frecuente de estos trabajos, que

no permiten que el personal consolide los conocimientos adquiridos y capitalice la experiencia necesaria.

Por otra parte, el Sistema de Mantenimiento Planificado, que fue creado en el país industrializado donde se construyó el buque y donde se fabrican sus equipos componentes, ha sido diseñado y establecido para aquella realidad que ya no existe. Vale decir, que, generalmente, cuando se diseñó el mantenimiento de un buque, donde se establecen las recorridas o inspecciones generales, se consideró que siempre estaría el fabricante del equipo "al alcance de la mano", ya sea para asesorar en la ejecución del trabajo o, simplemente, para ejecutarlo.

Lo anterior conduce a que los trabajos de mantenimiento mayor se realicen muchas veces bajo condiciones que no pueden asegurar una buena confiabilidad del resultado de los mismos, o al menos un resultado acorde con el esfuerzo y costo demandados.

Detalles del Mantenimiento por Diagnóstico

Veremos ahora con mayor detención en qué consiste el Mantenimiento por Diagnóstico, orientado, como hemos dicho, a los trabajos mayores de mantenimiento. Recordemos que el Mantenimiento por Diagnóstico es aquella forma de mantenimiento que se deriva de un análisis técnico que determina la *amplitud* y el *alcance* de las acciones de mantención. Tal proceso contempla dos elementos básicos: Estudio de antecedentes y mediciones y pruebas en terreno.

Estudio de antecedentes

El conocimiento acabado de la máquina, sus partes componentes, sus funciones e interacciones, sus solicitaciones y sus tolerancias resultan básicas para poder abocarse a realizar un efectivo diagnóstico.

Será necesario un minucioso estudio de los historiales del equipo para conocer sus fallas anteriores, las reparaciones efectuadas, componentes que han sido cambiados, niveles de rendimiento y de vibración y ruidos registrados desde que el equipo fue probado por primera vez. Especial atención debe dispensarse a los protocolos de pruebas anteriores, toda vez que ellos permitirán verificar los datos de rendimiento nominal que señalan los manuales y determinar así qué valores de referencia se deben usar en la prueba actual.

Sin embargo, la fase más importante del estudio de antecedentes es la observación de

las *tendencias*. El registro de las tendencias de los parámetros de operación y funcionamiento constituyen el antecedente más objetivo y revelador para elaborar un juicio certero sobre la *confiabilidad* del equipo o, lo que es más deseable, sobre la predicción de la confiabilidad.

Contar con una confiable información de tendencias es un problema de instrumentación y de manejo de información. En lo relativo a instrumentación existen diversos medios modernos que lo hacen posible:

—Vibraciones. Método de amplio uso para la detección o ubicación de desbalances en sistemas rotatorios.

—Impulsos de choque. Similar al anterior, detecta desgaste y daños en rodamientos.

—Ruido. Es posible conocer la característica del ruido generado por una máquina y comparar resultados posteriores. En buques es difícil la aplicación de esta técnica por las dificultades para aislar los ruidos.

—Introspección. Se usan boroscopios o fibroscopios que permiten obtener visiones muy reveladoras del estado de componentes interiores de las máquinas, sin tener que desarmarlas.

—Análisis espectrométrico. Este análisis permite, por ejemplo, conocer materias constitutivas y/o contaminantes de lubricantes y fluidos enfriadores, de lo que se pueden derivar sólidas conclusiones acerca de procesos de erosión, corrosión y otros que puedan estar ocurriendo en la máquina.

—Ensayos de materiales. Pueden aplicarse técnicas de ultrasonido, partículas magnéticas, rayos gama, etc., para la prueba de piezas o partes que ofrezcan dudas de su estado en cuanto a espesores remanentes, propagación de grietas, etc.

Pruebas en terreno

Una prueba funcional en terreno brinda información de *estado* y *rendimiento*. Esta es una visión instantánea o fotográfica que en general no permite sacar conclusiones de predicción de fallas o de confiabilidad.

Sin embargo, una prueba en terreno, sujeta al estudio de antecedentes y tendencias es un aporte importante al diagnóstico. Desde luego, confirma lo anterior y brinda información adicional, sobre todo si se fuerza el equipo a trabajar en condiciones de carga máxima, bajo las cuales no opera normalmente. Permite también conocer de manera cuantificada las desviaciones de los datos que registra la máquina.

Es básico asegurar primero que los instrumentos del equipo se encuentren en buen

estado y calibrados de modo que sus datos resulten confiables y útiles al análisis. Cuando sea factible, será mejor instalar instrumentos de pruebas que dupliquen a los de la máquina y en todos los casos será necesario usar algunos que la máquina no posee normalmente. Es muy importante que las condiciones de servicio sean lo más parecidas a las de pruebas anteriores, ya que el análisis incluirá necesariamente la comparación de sus resultados. En resumen, deben agotarse las medidas para asegurar la *validez de los datos*, como única forma de garantizar que el análisis y su resultado serán ciertos y confiables.

La aplicación racional y orgánica del método y medios indicados debe conducir a un buen diagnóstico. Ahora bien, ¿qué hacemos con este buen diagnóstico? No olvidemos el origen de este esfuerzo y cuál es su propósito: *Tomar la mejor decisión posible acerca del alcance o magnitud del trabajo que haremos a la máquina o equipo, en el marco de un "refit" o reacondicionamiento del buque*. Aparte del conocimiento muy exacto sobre el estado de la máquina y sus limitaciones, que nos da el diagnóstico, ¿qué otro factor o factores deben influir en la decisión y magnitud del trabajo? Existen varios factores:

—Horizonte de servicio futuro. Esto es, cuánto tiempo se espera que transcurrirá hasta el próximo "refit" (time between overhauls) o próxima oportunidad de recorrer la máquina.

—Crítica operacional de la máquina o equipo. Mientras más crítico sea el equipo para el cumplimiento de la misión del buque, menos riesgo se puede correr.

—¿Existe un equipo gemelo o duplicado?

—Posibilidades de recambio futuro. Si el equipo fallara en el futuro, ¿dispongo de un recambio?, ¿es factible hacer el recambio sin dificultades mayores?

—¿Podré evaluar al final del "refit" el beneficio recibido por el equipo, debido a la recorrida?, ¿será medible este beneficio?, ¿es dable esperar que los "datos" de servicio mejoren sus valores?

—Costo de la reparación. Cuánto será el costo de la reparación (repuestos y obra de mano) y ¿cómo es ese valor comparado con una unidad nueva?

Una vez que se tenga una respuesta para cada uno de estos factores, la decisión más conveniente será hallada con facilidad y, lo que es mejor, será una buena decisión.

Naturalmente, la decisión nos obligará a situarnos en algún punto de la curva de riesgo, asociada a cualquier decisión con incertidumbre. Seguir estrictamente el método aquí des-

crito sólo tiene el beneficio de situar nuestra decisión alejada del punto de riesgo máximo y nos permite, eventualmente, decidir con un razonable grado de seguridad no desarmar un equipo que no muestra señales de necesitarlo. El efecto positivo sobre el costo total del "refit" del buque será evidente, ya que seguramente habrá un número importante de máquinas y equipos que no serán objeto de ningún trabajo mayor.

Como puede apreciarse, la aplicación del Mantenimiento por Diagnóstico usa elementos conocidos y de uso generalizado hace muchos años. Por cierto que en el último tiempo ha surgido toda una nueva familia de instrumentos y equipos capaces de *sentir* por el hombre los síntomas de los equipos, sin tener que llegar al caro y traumático proceso de *abrirlo para ver*. Sensores de temperatura, de esfuerzo, de velocidad y otros están ahora disponibles a bajo precio y con alta exactitud. Así también, los métodos y elementos de ensayo de materiales mediante pruebas no destructivas son hoy día de uso común y simple.

Conoceremos de ellos en otros trabajos de este seminario.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Cabe plantearse si el Mantenimiento por Diagnóstico es un sistema válido para reemplazar el antiguo Mantenimiento Planificado en toda su extensión y aplicación. Creemos que no.

En primer lugar, debemos fijarnos en la mantención de nivel bajo y medio, vale decir, aquellas acciones que se ejecutan a la máquina "in situ", que son de ejecución frecuente, no implican desarmes mayores y contribuyen a recuperar o *asegurar su rendimiento*. En otras palabras, todo aquello que viene antes de la recorrida general. Estos trabajos son realmente de carácter *preventivo* y su ejecución normalmente no es de costo relevante, ya que son llevadas a cabo por la dotación del buque, la que ya está pagada. De todos modos, hay costos por el uso de repuestos e insumos, pero su relevancia no es comparable con el de las recorridas generales. Estas acciones de mantención son también muy numerosas en cualquier área del buque, lo que impone la necesidad de ser riguroso en la *planificación* de su ejecución, a fin de poder aprovechar debidamente el recurso humano disponible. El método del Mantenimiento Planificado responde adecuadamente a esta parte del mantenimiento.

No obstante, podríamos estar cayendo en el error de ejecutar ciertas acciones que, en

rigor, no fueran necesarias. La aplicación rigurosa de un diagnóstico como el descrito para el Mantenimiento por Diagnóstico, para decidir acerca de cada acción que establece el Mantenimiento Planificado no resultaría práctico. Sin embargo, existe un factor fácilmente considerable para aplicar un juicio técnico a aquella decisión; este es el de las horas de servicio. Parece claro que si un equipo debe ser atendido para una rutina mensual, por ejemplo, y apreciamos que en el último mes este ha estado la mayor parte del tiempo detenido, tal rutina podría omitirse sin mayores consecuencias. Conviene hacer la salvedad de que cuando se trate de acciones que buscan verificar el funcionamiento de un dispositivo de seguridad, la omisión no resulta recomendable y la acción debiera ejecutarse de todas maneras.

En resumen, postulamos que el Sistema de Mantenimiento Planificado no sólo debe existir sino que debe ser observado y cumplido extensamente en el campo de las *acciones de nivel bajo y medio*, a menos que el ingeniero u otra persona autorizada decida omitir ciertas acciones cuando se aprecie que haya suficientes razones para ello. Enfatizamos, sí, la importancia de promover entre los ingenieros de mantención una actitud inquieta e inquisitiva acerca de la mantención, responsabilidad que recae en la autoridad técnica que la controla y que debe manifestarse en un permanente cuestionamiento acerca de las razones que sustentan la validez de las acciones de mantención, en cuanto a su contribución a mejorar el rendimiento funcional y la confiabilidad operativa de las máquinas y equipos, todo ello visto a la luz de un enfoque de costo-efectividad. No debemos olvidar que la ingeniería de mantención, especialmente en el caso de los buques de guerra, tiene su primer objetivo en conseguir *eficacia* operativa de los sistemas y luego, seguido muy de cerca, conseguir operar y mantener esos medios con *eficiencia*.

Promover una actitud como la descrita requiere que existan ciertas condiciones básicas, especialmente en relación con el personal técnico y su nivel de preparación profesional. Cuando esta preparación es sólida en lo teórico y se apoya en una adecuada experiencia práctica, los riesgos de cometer errores se reducen a

un nivel aceptable, comparado con los beneficios que se logran.

En el campo de las acciones de mantenimiento de nivel mayor, *el uso intensivo de los métodos de diagnóstico debe regir la toma de decisiones* relativa a los trabajos de *reacondicionamiento* o "*refits*" de buques. Debe emplearse el sistema administrativo del Mantenimiento Planificado a modo de menú, para asegurar que todos los equipos y acciones recomendadas son objeto del análisis y el diagnóstico necesario para definir los trabajos.

La oportunidad para ejecutar el diagnóstico de equipos previo al "*refit*" es de la mayor importancia. Para efectos de planificación, estimación de trabajos, asignación de recursos y acopio de materiales, es necesario que este se haga con mucha anticipación. Sin embargo, mientras más anticipado sea el diagnóstico existen más probabilidades de que pierda su vigencia o validez al momento de iniciar el "*refit*", y con ello también las decisiones que de él se desprendieron. Por lo tanto, desde este punto de vista, es deseable que el diagnóstico se haga lo más tarde posible antes del inicio del "*refit*" del buque. La resultante de estos dos puntos contrapuestos será, naturalmente, una situación intermedia, pero deben practicarse todos los esfuerzos posibles para evitar que los factores administrativos mencionados adelanten demasiado la operación de diagnóstico.

Finalmente, el Mantenimiento por Diagnóstico, además de una nueva técnica o un nuevo método para hacer mantención, es una *actitud diferente* para abordar el problema y dejar de aceptar que la mantención tiene que ser una actividad muy cara y que debemos vivir en una permanente incertidumbre respecto del estado de nuestras máquinas. La ingeniería nos brinda la capacidad para poder usar orgánica y metódicamente la información, esto es, buscarla, ordenarla y procesarla, y el mercado nos ofrece a diario un creciente equipamiento capaz de obtener y entregar una más completa y más exacta información respecto del funcionamiento de nuestras máquinas y de sus elementos componentes. ¿Por qué Mantenimiento por Diagnóstico?, simplemente porque hacer una mantención más efectiva y menos onerosa es una obligación profesional básica.

* * *