

# Tribuna Profesional

## Mayor eficiencia en el proyecto y operación del buque Soluciones avanzadas basadas en TICs

Volker Bertram, Karsten Fach (FutureShip) - Torsten Büssow (GL Maritime Software)

Las aplicaciones modernas de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TICs) ofrecen un gran potencial para la mejora del proyecto y operación de los buques, permitiendo incidir prácticamente en todos los aspectos de los costes operativos del buque. Los costes de combustible se pueden reducir más eficazmente durante el proyecto, pero también durante la operación de una flota en servicio. Existen hoy día varias herramientas para el mantenimiento inteligente de la estructura y la maquinaria, prevención de daños, gestión de los respetos, etc. Más recientemente han aparecido herramientas de apoyo a la gestión del personal. Este artículo ofrece una visión general de las opciones existentes, ilustradas por varios ejemplos, tomados de la experiencia de Germanischer Lloyd y sus empresas subsidiarias.

### Introducción

La crisis financiera global ha afectado profundamente al transporte marítimo y la construcción naval. Tras varios años de elevados beneficios, en los que los proveedores han mantenido posiciones fuertes en ambos mercados, vemos ahora lo contrario: los beneficios, en el mejor de los casos, son marginales y los clientes presionan a los proveedores, los fletadores a los armadores, éstos a los astilleros, etc. La crisis general eclipsa a veces la problemática del coste de combustible, pero éste se espera que continúe siendo un problema fundamental para los navieros a medio y largo plazo, una vez superada la crisis actual.

Los armadores se enfrentan a bajos niveles de fletes y costes al alza. En la operación de los buques, la atención tiene que concentrarse en la competitividad, es decir, a estudiar en profundidad las opciones que existen para:

1. Aumentar los ingresos
2. Reducir los costes.

Aunque un armador individual no puede influir sobre los niveles de fletes, sí puede aumentar sus ingresos, por medio de dos mecanismos:

- Reducir los días de inactividad imprevista (*off-hire*)
- Aumentar el atractivo de los buques propios para los fletadores.

Al mismo tiempo, los armadores normalmente concentran su atención en sus principales partidas de costes, que son:

- Combustible.
- Mantenimiento y reparaciones.
- Tripulación.

Pero, por supuesto, los armadores siempre han intentado maximizar sus ingresos y reducir sus costes. Entonces, ¿cual es la novedad? Pues que hoy es posible aprovechar, mediante las TICs, campos de mejora potencial que hasta ahora estaban en gran medida desaprovechados.

Germanischer Lloyd y sus empresas subsidiarias pueden apoyar al armador en esta tarea con una amplia gama de servicios que se puede afirmar se encuentran en la frontera del conocimiento actual (*state of the art*). A continuación se muestran algunos ejemplos ilustrativos.

En el centro de muchas aplicaciones se encuentran una serie de modelos completos de la estructura y el equipo del buque, que se pueden visualizar en 3D. Un moderno modelo de datos de producto (*Product Data Model, PDM*) combina información geométrica con otros datos del producto, como materiales, proveedores, calendario de mantenimiento, etc. Tales PDMs, que hoy día ya son estándar en aplicaciones marítimas, son el punto de partida de multitud de posibilidades de simulación y sirven de soporte al rápido intercambio de información con diversos programas técnicos y de administración. Sin embargo, los PDMs no se utilizan aún en todo su potencial.

Algunas aplicaciones más avanzadas en la marina militar y en las sociedades de clasificación nos muestran cómo van probablemente a evolucionar también las aplicaciones industriales en las próximas décadas.

Tribuna Profesional cuenta con el patrocinio de:

DFT NORSKE VERITAS  
ESPAÑA, S.L.  
C/Almansa, 105 - 1ª Planta  
Oficina 2  
28040 Madrid




MANAGING RISK

## Cómo reducir los días de inactividad imprevista (*off-hire*)

El tiempo invertido en varadas o en reparaciones resulta especialmente costoso cuando no está previsto o se prolonga más de lo previsto. La frecuencia y la duración de las varadas se puede minimizar mediante una buena planificación que implique al armador, al astillero de reparaciones y a los proveedores de equipos, que debe incluir especificaciones precisas sobre las piezas de la estructura el buque que se deben sustituir, incluyendo su situación, los escantillones, la calidad del acero, etc.

La laboriosa tarea de preparar la información necesaria (listas de piezas, planos de las piezas de acero, requerimientos de soldadura, etc.) se puede llevar a cabo de una forma rápida y precisa por medio de modernas aplicaciones de software de mantenimiento, como *GL HullManager*. Esta información se puede suministrar electrónicamente al astillero, reduciendo así retrasos que resultan costosos, y en formatos normalizados y consistentes, menos propensos a los tradicionales errores de comunicación. En suma, las modernas TICs reducen el tiempo de planificación de las varadas y los retrasos imprevistos durante las reparaciones.

Por supuesto, la estructura del casco es solo una parte de un mantenimiento integral. La otra es el equipo del buque. Dada la diversidad de proveedores y productos, se ha desarrollado una línea separada de software, dedicada a la gestión del mantenimiento del equipo. Por ejemplo, es relativamente fácil, en cualquier parte del mundo, conseguir proveedor para una chapa de acero de una calidad y espesor determinado. Por el contrario, en la mayoría de los casos, un equipo específico solo puede suministrarlo una compañía. Por eso, un reto clave es conseguir que los equipos críticos se entreguen a tiempo para poder montarlos cuando el buque está en una varada. Por eso, los calendarios de mantenimiento deben estar conectados con bases de datos de proveedores y

con sistemas de programación de tareas. Para los buques que tienen un equipo muy amplio y complejo, el apoyo de las TICs en esta tarea es vital. Para otros es muy recomendable. *GL Maritime Software* ofrece para este fin su software *GL ShipManager*.

## Cómo aumentar el atractivo del buque para el fletador

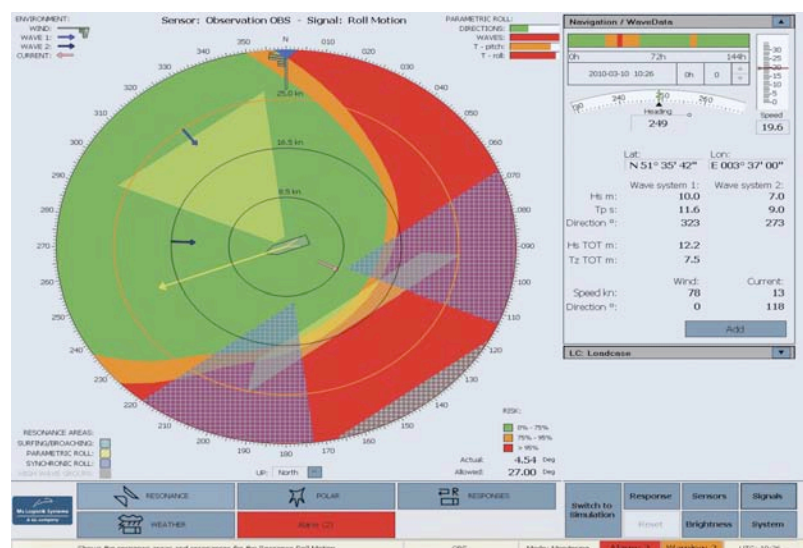
La competitividad se elabora esencialmente gracias a tres ingredientes: coste, tiempo y calidad. Una oferta de mayor calidad normalmente atrae más negocio a un precio dado, o permite obtener mejores precios en el mercado. Para los armadores y fletadores, un indicador clave es el grado de conservación (*condition*) del buque. Dado que el coste de combustible es normalmente la mayor componente singular de los costes operativos (del orden del 60% del coste diario de operación, para un portacontenedores de 4.300 TEU, a finales de 2009), la eficiencia energética es un indicador clave de la competitividad de un buque.

El actual entorno del mercado se caracteriza por un excedente de oferta de buques. Por lo tanto, los fletadores pueden elegir y los armadores tienen que superar a sus competidores. En consecuencia, para conseguir vender, ya sea buques o fletamentos, los armadores tienen que demostrar que sus buques son:

- Eficientes energéticamente y cuidadosos con el medio ambiente
- Bien mantenidos tanto en su estructura como equipo
- Seguros en la operación, minimizando los riesgos para la carga y la estructura.

Idealmente, un buque debería cumplir todo esto y, a la vez, ser fácil de operar, incluso por tripulaciones no muy experimentadas. Las modernas TICs pueden también ayudar a conseguir estos objetivos.

**Fig 1 - Diagrama polar de GL SeaScout que muestra las velocidades y direcciones peligrosas.**

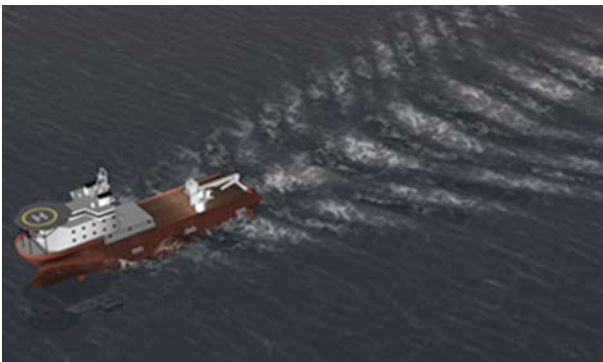


### Cómo reducir el coste de combustible

Hay muchas vías para reducir la potencia propulsiva requerida por un buque, *Bertram et al.* (2009). La vía más eficiente es, por supuesto, reducir la velocidad, en particular eligiendo una velocidad reducida en la fase de proyecto. Una vez que se ha determinado la velocidad óptima, el objetivo es minimizar el consumo de combustible para esa velocidad, cumpliendo los condicionantes operativos y de seguridad. La clave para aprovechar el potencial ahorro de energía está en las modernas técnicas de simulación, *Fach* (2006), principalmente utilizando sistemas de Dinámica de Fluidos Computacional (*Computational Fluid Dynamics, CFD*).

Para unas dimensiones principales dadas, la resistencia por formación de olas supone el mayor potencial para el ahorro de potencia. Modificaciones mínimas de las formas pueden producir cambios considerables de la resistencia por formación de olas. Hoy día, la mejor solución es combinar una definición paramétrica de la carena con algoritmos de optimización multicriterio y programas de cálculo de resistencia por formación de olas totalmente no lineales (que típicamente incluyen una estimación semiempírica de las componentes viscosas de la resistencia), *Abt and Harries* (2007).

**Fig. 2 - Los “canales de experiencias numéricas” permiten la optimización del casco con vista al ahorro energético.**



“Modelización paramétrica” significa describir formas complejas con un número reducido de parámetros, típicamente entre 50 y 100 en aplicaciones complejas. Esto permite la rápida creación de múltiples soluciones posibles y abre la puerta a la aplicación de herramientas formales de simulación y optimización. Este enfoque ha demostrado su eficacia en prácticamente todos los tipos de buques de desplazamiento, desde petroleros hasta megayates semiplaneadores, [www.futureship.net](http://www.futureship.net).

La optimización de las formas de popa exige disponer de ordenadores con recursos de cálculo notablemente mayores, debido a los efectos dominantes de la visco-

sidad y la turbulencia. Sin embargo, nuestras aplicaciones piloto han demostrado la viabilidad de este mismo enfoque y se espera que la optimización de las formas de popa sea pronto también una opción estándar en el proyecto de buques. En este caso, los programas estándar de cálculo de resistencia por formación de olas se sustituyen por CFDs que calculan la resistencia viscosa teniendo en cuenta efectos de superficie libre, como olas rompientes, y separación de la capa límite. Los cálculos se realizan en grandes sistemas de computación paralela en cluster que, dependiendo de las aplicaciones, pueden utilizar hasta 500 procesadores. También se aplican CFDs de resistencia viscosa a la optimización de los apéndices, que contribuyen de una forma desproporcionada al consumo total de combustible.

Aunque estas aplicaciones se refieren principalmente al proyecto (o rediseño) del buque, existen también aplicaciones para optimizar la operación de la flota en servicio, por ejemplo para optimizar el trimado. Para cada calado y velocidad hay un trimado que optimiza el consumo. En buques con un gran espejo de popa y con proa de bulbo, la diferencia de potencia requerida entre el mejor y el peor trimado puede ser más de un 10%. Unas simulaciones sistemáticas con CFDs permiten determinar el mejor trimado y el efecto de las diferentes situaciones de trimado. Normalmente, los CFDs para cálculo de resistencia por formación de olas que incluyen modelos simplificados del funcionamiento de la hélice son suficientemente precisos para este fin. Los sistemas de apoyo para la selección del trimado basados en estas simulaciones han demostrado ser capaces de producir importantes ahorros de combustible, *Hansen and Freund* (2010).

Pero se puede ahorrar combustible no solo por medio de simulaciones hidrodinámicas. A primera vista es trivial: los buques más ligeros consumen menos combustible. Pero la posibilidad de reducción de pesos rara vez se utiliza en todo su potencial. El progreso de las herramientas TIC permite hoy ahorrar peso por medio de la modelización.

El software POSEIDON de Germanischer Lloyd es un modelizador estructural, integrado con un programa de análisis por elementos finitos (*Finite Element Analysis, FEA*). POSEIDON permite llevar a cabo una modelización relativamente rápida de las principales estructu-





ras del buque. Una vez que el modelo está hecho, se pueden comparar los escantillones con las Reglas de la sociedad de clasificación para determinar qué partes de la estructura están sobredimensionadas. En ese punto, unas simulaciones más precisas con elementos finitos deben comprobar que no cabe esperar problemas de vibraciones y fatiga. En un caso reciente, el peso de acero inicial se redujo de este modo en más de un 2%. Los ahorros conseguidos habrían justificado el análisis incluso para un único buque, pero son mucho mayores, por supuesto, si se aplican a una serie de varias unidades, ya que los ahorros de combustible son aproximadamente proporcionales al peso del buque.

Hay también varias opciones para ahorrar potencia en los diferentes equipos instalados a bordo. El potencial de ahorro depende del tipo de buque, dado que los generadores auxiliares y los equipos consumidores difieren notablemente.

La aplicación de simulaciones al conjunto de la maquinaria permite predecir consumos con distintos perfiles operacionales analizando distintas alternativas y, finalmente, seleccionar perfiles energéticos más equilibrados. Además, se pueden instalar a bordo indicadores del consumo de energía mecánica y eléctrica, así como de la eficiencia energética que hay en cada momento (*Hansen and Freund (2010)*). Todas estas herramientas son útiles tanto en la fase de diseño como en la operacional, permitiendo una operación más equilibrada y una gestión energética más eficiente. Además, como un beneficio indirecto, un balance energético más equilibrado reduce el deterioro y los costes de mantenimiento y reparaciones de los equipos. Pero sobre estos últimos se discutirá a continuación con más detalle.

### Cómo reducir los costes de reparaciones y mantenimiento

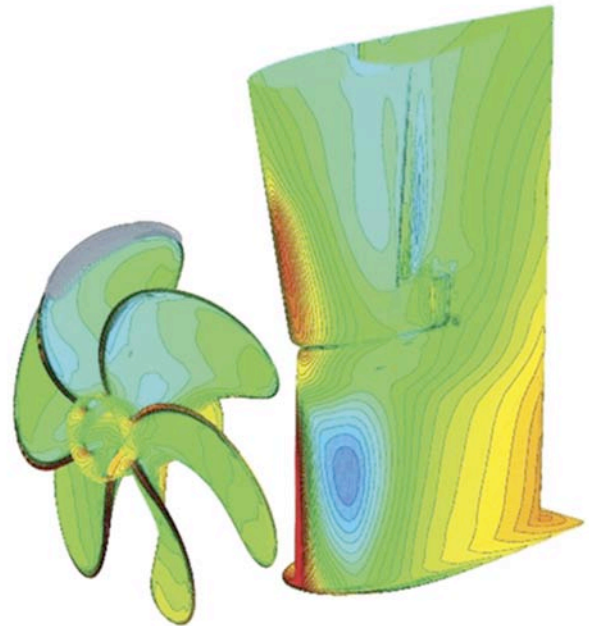
Estos costes se pueden descomponer de varias formas. Aquí discutiremos los relativos a la estructura y al equipo por separado.



Los ciclos de mantenimiento y los modelos numéricos para estos dos grandes grupos son diferentes, lo que conduce de forma natural a herramientas distintas, a pesar de tener una finalidad común.

Para la estructura del buque, los sistemas de análisis de la condición del buque (*Condition As-*

**Fig. 3 - Nuevos diseños de timón reducen la cavitación y aumentan el rendimiento.**

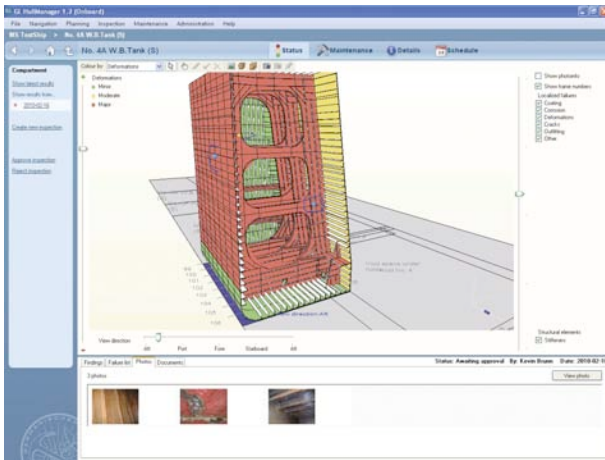


*essment Schemes, CAS)* han evolucionado mucho durante la última década, *Cabos et al. (2008)*. Los modelos tridimensionales de datos (como POSEIDÓN) forman ahora el núcleo del CAS. Estos modelos de datos describen inicialmente la estructura del buque y sus escantillones de proyecto, así como los mínimos requeridos por la Sociedad de Clasificación, como ya se ha descrito anteriormente.

Una vez el buque en servicio, se van añadiendo los espesores medidos en las sucesivas inspecciones periódicas. Esto, junto con una estandarización de los modelos de informe, ha permitido acelerar el proceso del CAS, hasta el punto de que el armador recibe el informe mientras el buque aún está en dique.

Este procedimiento se puso en práctica en el software PEGASUS hace 5 años, *Jaramillo and Cabos (2006)*. Pero, mientras PEGASUS fue diseñado por empresas especializadas en la medida de espesores, la aplicación *GL HullManager* está hecha a la medida de las necesidades de los armadores y permite añadir fotografías y comentarios a los diferentes objetos incluidos en el modelo de datos. Sus propiedades tridimensionales han demostrado ser una herramienta muy eficaz para apoyar la gestión de la integridad estructural del buque. Sus fundamentos se han empleado durante varios años en el proyecto y se han ampliado más recientemente a las aplicaciones de mantenimiento, aunque hasta ahora no se han aplicado con todo su potencial. Los datos de las sucesivas campañas de medidas se pueden utilizar para realizar extrapolaciones inteligentes y así llevar a cabo un mantenimiento preventivo de la estructura del casco.

**Fig. 4 - Los modelos tridimensionales de datos se amortizan de varias formas. El seguimiento de la condición del casco es una de ellas.**



Los sistemas de seguimiento de la condición del buque registran la corrosión, pero también las grietas. Mientras que la corrosión depende principalmente de unos recubrimientos adecuados, las grietas dependen también de la forma en que la tripulación maneja el buque. La selección adecuada de las velocidades en mala mar permite evitar grietas prematuras por fatiga.

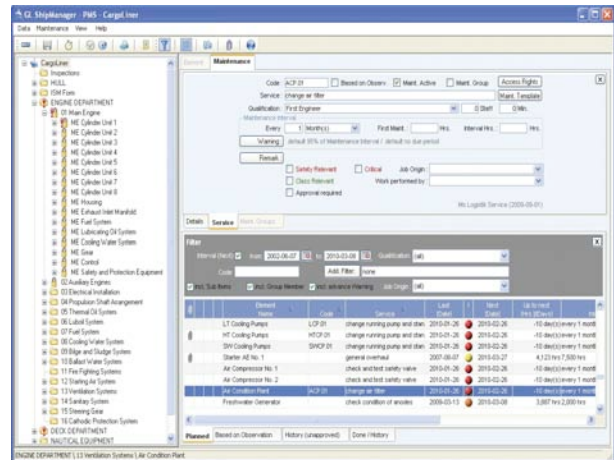
Los sistemas avanzados de apoyo a la selección de rumbo a corto plazo combinan datos sobre el oleaje en la zona inmediata al buque con bases de datos sobre el comportamiento del buque en la mar para apoyar la toma de decisiones por parte de la tripulación sobre las combinaciones más apropiadas de velocidad y rumbo.

La misma información se puede utilizar para evitar cargas excesivas (debidas a los impactos por pantocazos), aceleraciones excesivas (que conducen a mareo de la tripulación, a cargas excesivas sobre los sistemas de trincaje de los contenedores y a la pérdida de estos) o a movimientos de balance excesivos (que pueden poner en peligro potencialmente al buque en sí).

La exactitud de estos sistemas de apoyo a la decisión depende principalmente de la calidad de los datos de entrada, de las simulaciones realizadas sobre la base de los datos hidrodinámicos y de los sistemas de razonamiento que se llevan a cabo a partir de los mismos.

El sistema *GL SeaScout* es un ejemplo representativo del “estado del arte” en este campo, que se ha desarrollado a partir del anterior sistema *Shipboard Routing Assistance (SRA)*, Rathje and Beiersdorf (2005). Su arquitectura modular permite adaptarlo fácilmente a nuevas aplicaciones (tales como reducción del consumo de combustible gracias a la selección de rumbo) y a nuevos sensores.

**Fig. 5 - Árbol de componentes y tareas de mantenimiento, tal y como aparecen en GL Ship-Manager.**



Además de la estructura, los múltiples equipos existentes a bordo de un buque necesitan atención y se pueden beneficiar de estrategias inteligentes de mantenimiento y reparaciones. Los numerosos sistemas y piezas de un buque, junto con unos tiempos de entrega que en ocasiones son considerables, justifican el uso de bases de datos de sistemas y componentes, combinados con funciones de seguimiento y evaluación en gran medida automatizadas.

Estas herramientas llevan a cabo con fiabilidad la planificación y control del mantenimiento regular, así como de las existencias y aprovisionamiento de los recambios. Los mejores sistemas se enlazan con software estándar de contabilidad y bases de datos documentales y aseguran la sincronización permanente entre las bases de datos a bordo y en tierra.

Las reparaciones no planificadas son más difíciles de gestionar y a menudo resultan muy costosas para los armadores. En los casos en que el deterioro prematuro hace necesaria una reparación imprevista, la aplicación de estrategias de Mantenimiento Basado en el estado del buque (*Condition Based Maintenance, CBM*) pueden mejorar la posición del armador.

Los sistemas de CBM con frecuencia utilizan grandes bases de datos de conocimiento, como por ejemplo, la experiencia acumulada por las sociedades de clasificación o los suministra-



dores de equipos, a lo largo de un gran número de buques y años. Su combinación con sensores de indicadores clave, permite detectar con antelación los equipos que se están deteriorando para evitar reparaciones imprevistas.

El software *GL ShipManager* es un ejemplo representativo de los modernos sistemas de gestión del buque que sirven de apoyo a las tareas administrativas de mantenimiento y reparaciones del equipo del buque. Siguiendo la tendencia generalizada hacia sistemas de software más completos e integrados, *GL ShipManager* también se aplica a otros procesos fundamentales de la gestión del buque, como los datos de los miembros de la tripulación, gestión de viaje (despachos, etc.), documentación para la gestión de calidad y seguridad, etc.

### Conclusión

La crisis financiera global nos ha obligado a todos los agentes del sector marítimo a asumir cambios profundos. El clima general del negocio ha ejercido una gran presión por reducir los costes y aumentar la competitividad. El sector ha respondido a los retos y ha desarrollado herramientas que nos aportan capacidades hasta ahora inexistentes para recortar los costes.

Las modernas tecnologías de la información pueden ayudarnos de muchas formas, tanto mediante simulaciones de realismo y precisión crecientes, como en el manejo de datos complejos. Sin embargo, el software por sí solo no resuelve ningún problema. Los programas no son más que herramientas. El software de simulación solo desarrolla todo su potencial en las manos de expertos.



Los programas avanzados de gestión y procesos de las empresas necesitan una adaptación y formación mutua, así como un personal bien formado, motivado y autorizado para la toma de decisiones. Sin datos sobre el mantenimiento, las bases de datos resultan inútiles. Sin un seguimiento

permanente, los sistemas de apoyo a la gestión resultan inoperantes.

Pero, adecuadamente utilizadas, las potentes herramientas TIC de que hoy disponemos, pueden aportarnos un gran potencial, tanto en el ahorro de costes como en el aumento de ingresos.

Los futuros ganadores serán aquellos que mejor utilicen las opciones hoy existentes. No estamos en tiempos para dudar ni nos podemos permitir no incorporar los cambios que ofrece el progreso de la tecnología.

Como decía el general George S. Patton: “*Un buen plan, ejecutado ahora, es mejor que un plan perfecto la semana que viene.*”

### Referencias

ABT, C.; HARRIES, S. (2007), *A new approach to integration of CAD and CFD for naval architects*, COMPIT'07, Cortona

BERTRAM, V.; FACH, K.; SAMES, P.; HÖPPNER, V. (2009), *Engineering options to reduce emissions*, 10th Int. Marine Design Conf. (IMDC), Trondheim

CABOS, C.; JARAMILLO, D.; STADIE-FROHBÖS, G.; RENARD, P.; VENTURA, M.; DUMAS, B. (2008), *Condition assessment scheme for ship hull maintenance*, COMPIT'08, Liege

FACH, K. (2006), *Advanced simulation in the work of a modern classification society*, COMPIT'06, Oegstgeest

HANSEN, H.; FREUND, M. (2010), *Assistance tools for operational fuel efficiency*, COMPIT'10, Gubbio

HOCHKIRCH, K.; BERTRAM, V. (2010), *Options for fuel saving for ships*, MareForum, Houston, download: [www.futureship.net](http://www.futureship.net)

JARAMILLO, D.; CABOS, C. (2006), *Computer support for hull condition monitoring with PEGASUS*, COMPIT'06, Oegstgeest

RATHJE, H.; BEIERSDORF, C. (2005), *Decision support for container ship operation in heavy seas – Shipboard Routing Assistance*, COMPIT'05, Hamburg

Los artículos procedentes de Compit se pueden descargar de [www.compit.info](http://www.compit.info)