



LAS MATEMÁTICAS al servicio de la Armada

El Grupo de Investigación Militar Operativa (GIMO) busca soluciones a problemas tácticos y de gestión

CUÁL es la ruta de escape más rápida en una fragata? ¿Cómo debería colocarse un grupo de buques para evitar el impacto de un misil? ¿Cómo se maximiza el uso de munición en unas maniobras? ¿A qué altura debe volar un avión para detectar un submarino enemigo? ¿Cómo debe colocarse la «cola» en un autoservicio de alimentación para ahorrar tiempo de espera? Estas son algunas de las preguntas que contestan a diario los matemáticos y estadísticos del Grupo de

Investigación Militar Operativa de la Armada (GIMO).

A cientos de kilómetros de cualquier base naval —el GIMO comparte instalaciones con la Escuela de Técnica Superior de Ingenieros de Armas Navales (ETSIAN) en Madrid—, los 13 marinos que actualmente forman el equipo de investigación operativa trabajan en complejas fórmulas matemáticas, algoritmos y simuladores que permiten a los mandos de la Armada tomar las decisiones más óptimas posibles. Este equipo busca soluciones

para complicados problemas que van desde la seguridad del personal, los recursos limitados en época de recortes presupuestarios o los retos logísticos que surgen en las operaciones. A través del empleo de fórmulas matemáticas o el análisis de estadísticas se pretende encontrar unos resultados que permitan optimizar, maximizar o minimizar una situación determinada en el ámbito de la Armada.

En el GIMO la ciencia se pone al servicio de la estrategia y de la táctica militar. «Lo que buscamos es sacar el mayor provecho posible de los recursos», sintetiza el capitán de fragata Federico Pérez-Dueñas, oficial de investigación del GIMO.

Los marinos que han dedicado sus carreras a la investigación operativa —muchos de ellos licenciados en matemáticas y todos formados con el Diploma de Investigación Militar Operativa de la Universidad Rey Juan Carlos o de la *Naval Postgraduate School* de Monterrey (California), aportan un valor añadido a la hora de hacer números. «No sólo comprobamos que la herramienta (informática) está haciendo lo

La ciencia se pone al servicio de la estrategia y de la táctica militar para sacar el mayor provecho de los recursos

que nosotros queremos que haga, sino que interpretamos los resultados en clave naval, en nuestro ámbito», explica Pérez-Dueñas al tiempo que resalta la importancia de la experiencia marina a la hora de darle una interpretación real a los números.

UNA BATALLA FUNDAMENTAL

Para entender la relevancia de la investigación operativa en el entorno militar actual hay que ir al nacimiento de esta ciencia, en plena II Guerra Mundial, durante la Batalla Aérea Británica. Dada su reducida capacidad

aérea, el gobierno británico convocó a científicos de varias especialidades (matemáticos, estadísticos, físicos, biólogos y psicólogos) para que propusieran alternativas que pudieran maximizar el uso de sus radares ante la ofensiva de la Fuerza Aérea alemana. Como consecuencia del *brainstorming* de los científicos, se recolocaron las antenas y señales hasta potenciar de forma exponencial el sistema de defensa aérea. La investigación en esta operación logró que Londres esquivara el dominio nazi. Aunque la Batalla Aérea Británica se considere el momento inaugural

de esta ciencia, los inicios de la investigación operativa militar se pueden encontrar en las aportaciones que hicieron ilustres matemáticos como Arquímedes o Leonardo da Vinci en tiempos de conflicto bélico. El científico griego se implicó en la II Guerra Púnica analizando y proponiendo soluciones. Entre sus hallazgos operacionales está un sistema de espejos que, si estaban enfocados correctamente hacia el sol, permitían incendiar las embarcaciones enemigas. Varios siglos más tarde, Da Vinci aportó sus conocimientos para la ejecución de bombardeos, cañones

Cinco problemas que ha investigado el GIMO

■ RUTAS DE ESCAPE EN UNA FRAGATA



Pepe Díaz

CADA vez que se proyecta el diseño y la construcción de un nuevo buque en la Armada en el GIMO se activa uno de sus principales estudios: determinar cuál es la vía de escape más rápida en un barco.

En este ámbito también se estudia cómo puede ser la evacuación en situación de abandono de un buque; el modo de alcanzar una zona segura desde distintas partes del mismo; el rescate de un buceador de un submarino y su traslado hasta una cámara hiperbárica o el rescate de un «hombre al agua».

Para el estudio de todos estos supuestos, el GIMO emplea un programa que simula el flujo de personas en grandes espacios. Se crea un modelo 3D de un buque utilizando una serie de planos conectados por escaleras. El *software* calcula las distancias de evacuación.

Los algoritmos para el movimiento de los individuos están basados en datos reales recopilados utilizando tecnologías de informática en el análisis de movimiento humano —que se extraen de imágenes en

vídeos reales—, lo que supone alcanzar resultados similares a los obtenidos en un simulacro de emergencia.

Como consecuencia de las conclusiones obtenidas el GIMO ha propuesto modificaciones en distintos accesos a compartimentos de los buques para reducir los tiempos de desplazamiento.

■ CÓMO PROTEGER A UNA UNIDAD VALIOSA

EN un contexto de guerra naval, uno de los retos de la Armada es conocer cuál debe ser la posición de una fuerza compuesta por una unidad valiosa y sus escoltas para evitar el impacto de un misil. Es decir, cómo deben estar colocadas las fragatas para dar la mayor protección a una unidad valiosa como, por ejemplo, el buque de proyección estratégica *Juan Carlos I*. Como si de un videojuego se tratara, los matemáticos del GIMO simulan distintos escenarios en los



Helene Gicquel

Arquímedes y Leonardo da Vinci son lejanos precursores de la investigación militar operativa

y catapultas en la guerra contra Pisa de 1503. Hoy en día, esta disciplina también se conoce como «ciencia de la administración» o «ciencias de la gestión» y se ha extendido al mundo de la empresa y de la industria civil para el apoyo a la toma de decisiones.

En la Armada española, el GIMO se creó en diciembre de 1968 bajo la dirección del teniente coronel de Intendencia Mateo Fernández-Chicarro. En sus primeros años, el grupo se nutrió de militares de reemplazo que eran matemáticos e hicieron su servicio militar en el GIMO. La aportación de estos científicos fue crucial en los albores de la investigación operativa española. Los dos primeros problemas que estu-

dió el grupo fueron el apresamiento de pesqueros por patrulleros de distintas nacionalidades y la determinación de las necesidades de patrulleros ligeros y pesados en las diferentes zonas marítimas. Actualmente, la naturaleza de sus estudios sigue siendo esencialmente la misma. «Los problemas que se investigaban entonces son similares a los de ahora pero las herramientas que tenemos para resolverlos son distintas», asegura Pérez-Dueñas. «En la década de los años 60 —añade— era prácticamente imposible hacer diez millones de simulaciones. Ahora, la tecnología nos permite hacer estudios en mayor profundidad, pero no significa que los trabajos antiguos no sean válidos».

En sus inicios la investigación era muy manual. «Los matemáticos cogían lápiz y papel e intentaban buscar un algoritmo que resolviera el problema planteado. A medida que fue introduciéndose la informática se pudo avanzar más en temas de simulación», recuerda Pérez-Dueñas.

En un entorno de recortes presupuestarios en el ámbito de la Defensa les han llegado algunas peticiones del Estado Mayor de la Armada para buscar fórmulas que permitan contener el gasto. «Llevamos dos años colaborando para tratar de optimizar la asignación de la munición que necesitan las unidades para su adiestramiento y para las misiones, de forma que podamos

> que se puede encontrar una fuerza. Se introducen variables meteorológicas, de localización del misil o de la propia configuración de la fuerza. Con los resultados de las simulaciones, se puede hacer una estimación de la probabilidad de impacto en la unidad valiosa para cada uno de los escenarios analizados. Este tipo de estudios permite analizar millones de situaciones a un coste nulo.

■ GESTIÓN DE PERSONAL



Pepe Díaz

EN los últimos años, gran parte de la actividad del GIMO se ha centrado en cálculos que tienen que ver con el personal de la Armada como, por ejemplo, determinar qué efectivos son los mejores cualificados para un determinado puesto. La fórmula y la herramienta de asig-

nación automática de destinos de concurso de méritos ha sido adoptada y se aplicará en las futuras convocatorias.

El GIMO ha trabajado también con la DIENA (Dirección de Enseñanza Naval) para evaluar y clasificar a los alumnos de la Escuela Naval Militar del Cuerpo General, Infantería de Marina e Intendencia así como a los alumnos que se incorporan a la escala de suboficiales.

Por encargo de la Dirección de Personal de la Armada (DIPER), el GIMO ha elaborado un simulador de la evolución de escalafones de los cuadros de mando donde, en función de parámetros como la dimensión de las plantillas, cupos de pase a la reserva o ratios de evaluación, se obtiene el comportamiento del escalafón en los siguientes años. Estos simuladores de escalafones de los cuadros han sido utilizados para valorar la redimensión de las plantillas y los ratios de «evaluados» y vacantes que deben emplearse en la actualidad para conseguir los efectos deseados en el futuro.

■ ELEGIR LA RUTA DE PATRULLA MÁS SEGURA

UNA parte importante de los cometidos que ha tenido la Infantería de Marina en los últimos conflictos (Afganistán o Líbano) ha sido, entre otros, realizar patrullas para proporcionar seguridad en entornos urbanos o el establecimiento de *check points*. El planeamiento del desplazamiento de una patrulla en un escenario sembrado de riesgos es una actividad estudiada al más mínimo detalle. Entre varias rutas posibles para llegar de «A» a «B», ¿cuál es la más segura? Para ayudar a tomar esta importante decisión, el GIMO creó una herramienta llamada Rutintel, una especie de *google maps* de la Armada, que permite cuantificar el riesgo que presentan todas las rutas posibles entre dos puntos. En esta aplicación informática se combinan los últimos datos recabados por los equipos de inteligencia (incidencias de IED's, co-

sacarle el máximo provecho al poco dinero de que se dispone», explica el capitán de navío Manuel Triano Pouso, jefe del GIMO. «También hemos recibido peticiones para analizar y optimizar los costes de mantenimiento de algunas unidades», explica.

Los responsables del GIMO admiten que se podría haber hecho más investigación en esta y otras áreas, pero existe un desconocimiento de las posibilidades de la unidad dentro de la propia Armada. Un ejemplo es el ámbito del ahorro energético. «Si el día de mañana la Dirección de Asuntos Económicos tuviese interés en un trabajo en ese sentido nosotros los haríamos porque estamos capacitados para ello —explica el capitán de fragata Pérez-



Una vez aprobada la petición, los oficiales investigadores se ponen en marcha para resolver el problema planteado.

Dueñas—. No hay limitación. Todo lo que sea buscar fórmulas para reducir costes o minimizar gastos lo podemos hacer», insiste, al tiempo que lanza una invitación a las unidades de la Armada para que hagan uso de sus servicios.

En las marinas de nuestro entorno que dedican más medios a la investigación se hace un seguimiento de los resultados de esos estudios. En Espa-

ña, sin embargo, es difícil traducir las investigaciones del GIMO en euros ahorrados. «No tenemos medios para hacer esa comparativa económica. Le damos la solución al mando que nos la pide y él la implanta pero, por lo general, no tenemos ese *feedback* de resultados que nos pueda decir si hemos conseguido un determinado ahorro».

Por otra parte, el GIMO comparte experiencias con los otros organismos que se dedican a esta tarea en el ámbito de las Fuerzas Armadas; tanto el Ejército de Tierra como el Ejército del Aire tienen sus propias unidades de investigación operativa, así como el Ministerio de Defensa, que actúa como órgano coordinador de sus actividades.

Evangeline O'Regan



Pepe Díaz

ches bomba o ataques contra militares) con los datos topográficos y geográficos así como otras variables del movimiento como pueden ser la velocidad del vehículo o la distancia a recorrer. La combinación de todos estos datos da como resultado la ruta que tiene la probabilidad matemática de ser la más segura.

■ CÓMO APROVECHAR AL MÁXIMO EL ESPACIO DE CARGA LOGÍSTICA EN UN BUQUE

La operación *Libre Hidalgo* en Líbano tras el enfrentamiento entre Israel y Hezbolá en el verano de 2006 supuso un despliegue de tropas españolas en Oriente Medio. El primer contingente español que llegó a la zona fue una Fuerza Expedicionaria de Infantería de Marina que desembarcó en las playas libanesas. A partir de entonces, se

multiplicó el transporte de carga logística y aprovisionamiento desde España a Líbano por vía marítima. En el seno de la Armada surgió la pregunta de cómo aprovechar al máximo el espacio de carga en los buques destinados a ello.

Los matemáticos del GIMO lo identificaron como un problema de «optimización»; la función elegida tenía que maximizar el volumen de carga teniendo en cuenta las siguientes restricciones: volumen disponible y peso soportable limitado; capacidad de rotación de las cajas; trincado y secuenciación de la carga; configuración de los espacios inutilizables, así como el apilado y las incompatibilidades de la carga.

Los expertos se inclinaron por adquirir la herramienta comercial Cube-IQ. La aplicación resolvió el problema mediante un algoritmo denominado «búsqueda tabú».



Pepe Díaz