

# EL DESARROLLO TECNOLÓGICO Y LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN, MANDO Y CONTROL\*

*Carlos Ruiz Artigas  
Capitán de Fragata*

## **Introducción**

El nivel de capacidad y estado actual de los sistemas de mando y control constituye una clara muestra del fuerte impacto que significa el desarrollo tecnológico, incidiendo directamente en el perfeccionamiento acelerado que se observa en los sistemas de combate, que son la representación material de la potencia de una fuerza naval.

El trabajo que se expondrá a continuación no es más que un ordenamiento del contenido medular de algunos de los artículos que se indican en la bibliografía, destinado a resaltar el propósito que cumplen los sistemas de mando y control y su aporte al proceso de conducción de fuerzas y unidades navales, logrado en virtud de las notables capacidades que han alcanzado.

Para ello, en primer lugar, y considerando la complejidad de la guerra en el mar, se muestra la necesidad de contar con estructuras orgánicas que faciliten el desarrollo de las operaciones navales, las que se traducen en redes de mando y control a diferentes niveles.

A continuación se analiza los sistemas de mando y control en su calidad de integrantes, junto a los sistemas de armas, de los sistemas de combate, haciendo la distinción entre ambos en base a las funciones que les corresponde realizar. Se destaca el rol de las comunicaciones en la vinculación de las etapas que sigue todo proceso de mando y control, y luego se observan dichas etapas desde la perspectiva de su contribución al ejercicio del mando.

Finalmente, se describe brevemente los sistemas de mando y control actualmente instalados en unidades navales y, a manera de ejemplo, un sistema típico, perteneciente a la configuración centralizada.

## **EJERCICIO DEL MANDO EN EL DESARROLLO DE OPERACIONES**

### **Estructuras orgánicas**

El mando, en términos generales, puede ser definido como la autoridad que le es conferida a un superior, en virtud de la cual se le faculta para emitir órdenes a sus subordinados. Tal facultad habitualmente está sustentada en una base legal que la respalda.

El comandante de una fuerza naval requiere, para ejercer el mando, de una cierta organización de los buques que la integran, que establezca claramente los diferentes niveles en que se sitúan los mandos subordinados y las líneas de enlace que los vinculan tanto para transmitir órdenes o comunicar e intercambiar informaciones.

---

\* N. de la D. Sobre este tema, además del presente trabajo, hubo una exposición del Capitán de Fragata Sr. Miguel Portilla Boye, la que por su carácter reservado no se incluye en el texto consolidado del Seminario que constituye el cuerpo de esta edición.

Existen diversos criterios para determinar la estructura organizacional que se aplicará en la fuerza. Ellos inciden principalmente en el grado de atribuciones que se otorga a los niveles subordinados, y varían comúnmente en relación con los medios que la integran, la naturaleza de la misión y las características de los objetivos a lograr.

En operaciones sencillas, calificadas así tanto por la cuantía como por las capacidades de los medios propios y adversarios, el mando se ejerce de una manera muy centralizada, existiendo un control directo y permanente sobre los niveles subalternos. Esto implica también que las decisiones que afectan al conjunto se adoptan en el nivel más alto, es decir, el del comandante de la fuerza.

La complejidad de la guerra en el mar, sin embargo, ha llevado a la necesidad de descentralizar la autoridad para la adopción de ciertas decisiones tácticas durante el desarrollo del combate. A este respecto, la armada norteamericana ha introducido un concepto relativamente moderno, que se aplica de manera generalizada en sus fuerzas, denominado "Mando Compuesto" (Composite Warfare Command). Es una doctrina que tuvo como origen la necesidad de una respuesta ante el gran incremento de capacidades que habían alcanzado las potenciales amenazas, las cuales están materializadas en fuerzas aéreas, de superficie y submarinas equipadas con sistemas de combate altamente perfeccionados. Dichas capacidades repercuten directamente en una reducción significativa del tiempo de reacción, siendo justamente esta dificultad la que se pretende contrarrestar mediante una delegación de autoridad que permita reaccionar oportunamente dentro del escaso tiempo disponible, para sacar el mejor provecho de los sistemas de combate de la fuerza.

Una fuerza completamente desplegada en el mar abarca distancias de gran magnitud, que normalmente no es sencillo visualizar. Para facilitar su comprensión, supongamos un grupo de portaaviones norteamericanos de ataque con todos sus medios dispersados de manera habitual para enfrentar una fuerza adversaria. Para poder captar el área que ello encierra, imaginemos que dicho despliegue se ha efectuado sobre el territorio de los Estados Unidos de América (Ver figura 1); entonces, si el centro de la fuerza de combate queda ubicada en Washington, DC, todos sus medios, que incluyen unidades de superficie y aeronaves, cubrirán los estados que se muestran en la figura, extendiéndose sobre una superficie equivalente a un tercio del territorio de aquella nación.

La figura N° 2, por su parte, esquematiza la complejidad de la guerra naval moderna, donde toman parte medios actualmente disponibles en las superpotencias, y que ha traído como consecuencia la necesidad de aplicar un concepto como el señalado, de mando compuesto, para poder controlarlos y coordinar su empleo con eficacia. Dicho concepto, naturalmente, es aplicable también cuando se trata de fuerzas de menor entidad, como es el caso de armadas de países menos desarrollados, puesto que actualmente no se concibe, inclusive para ellas, un escenario que no incluya las tres dimensiones: aérea, de superficie y submarina.

Al aplicarse la doctrina del mando compuesto, el Comandante de la Fuerza (OCT) toma la denominación de "Comandante de la Guerra Compuesta", y como tal designa a comandantes subordinados, a los cuales responsabiliza de la conducción de las acciones antiaérea, antisuperficie y antisubmarina, respectivamente. Cada uno de estos comandantes debe obtener, evaluar y difundir información a nivel del campo táctico, y reaccionar ante las amenazas de acuerdo con los medios que le han sido asignados y el grado de autoridad que se ha delegado en él.

Fig. Nº 1. FORMACION DISPERSADA DE UN GRUPO DE PORTAAVIONES DE ATAQUE

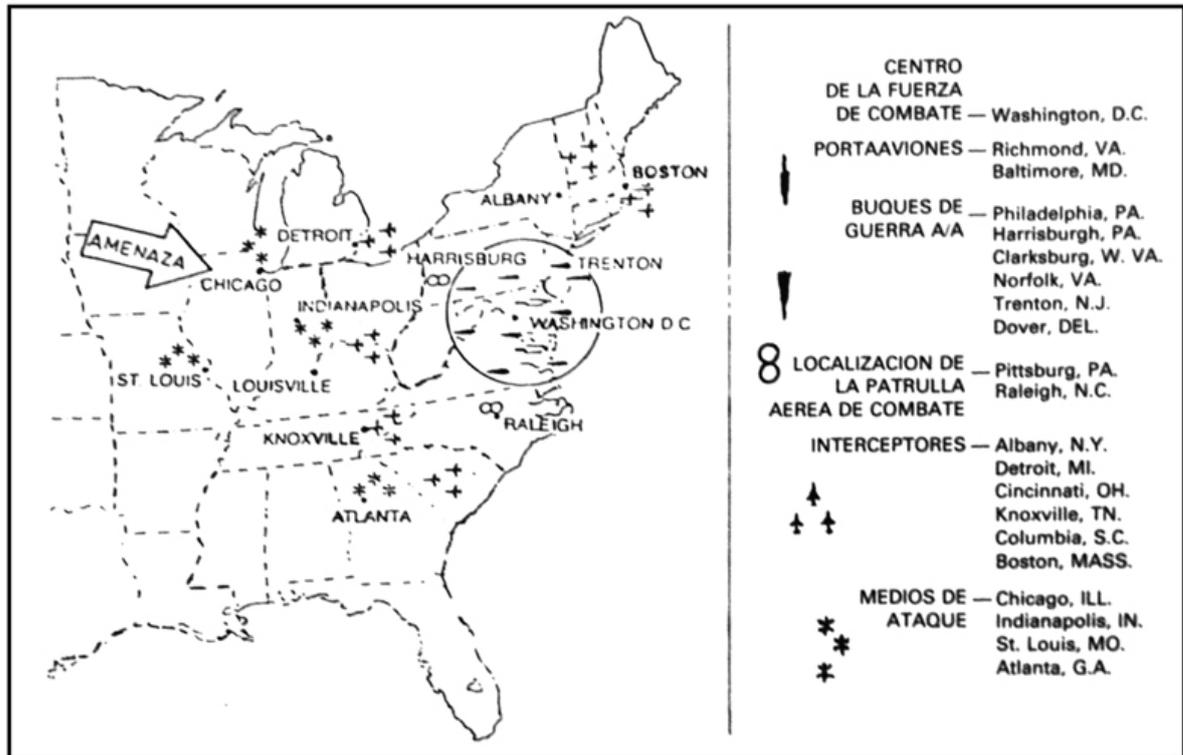
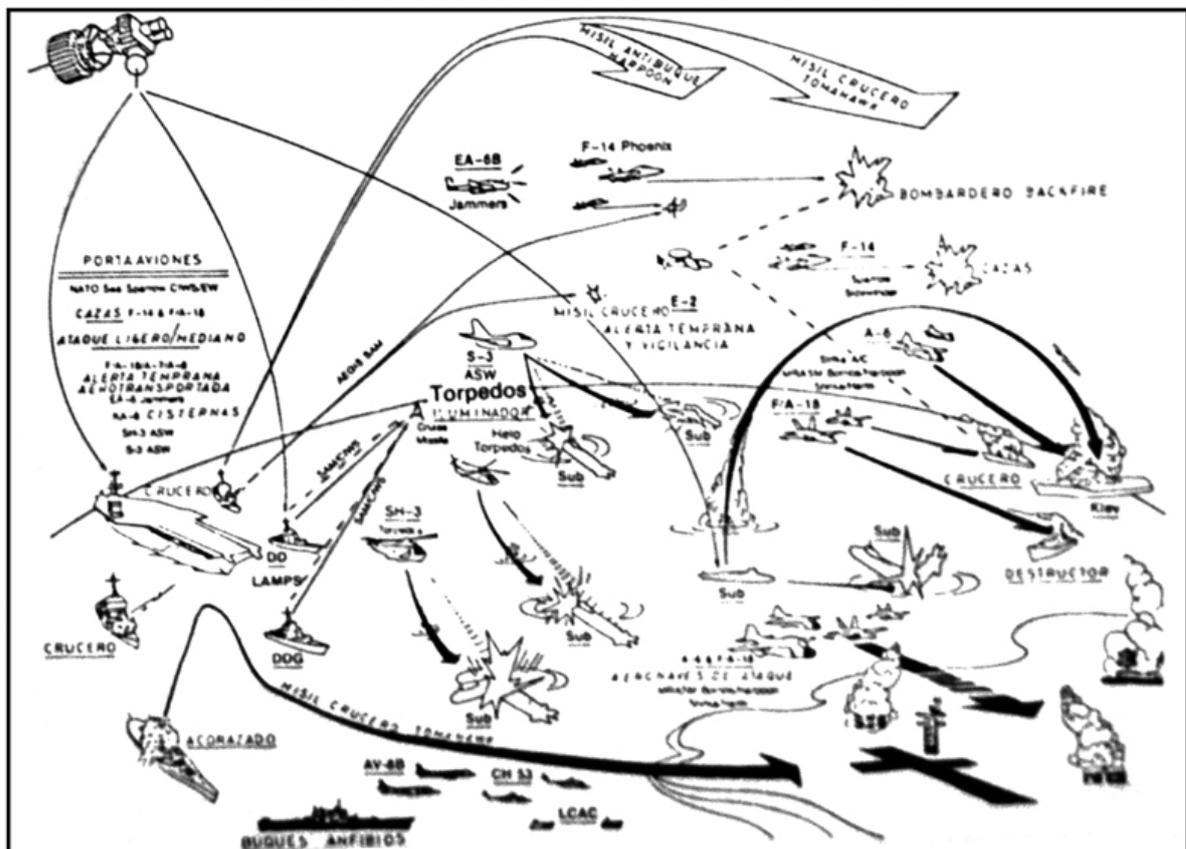


Fig. Nº 2. LA COMPLEJIDAD DE LA GUERRA NAVAL MODERNA



Cabe hacer notar que si bien encierra una concepción en esencia defensiva, ya que se describe en términos de reacción ante amenazas, ello no significa que sólo sea aplicable cuando se adopta una actitud defensiva con la fuerza. Por el contrario, es también perfectamente válida en acciones que se desprendan de una actitud ofensiva, en cuyo caso se debe interpretar la reacción como una actuación contra el objetivo que se pretende

ofender, y que en su condición de tal también constituye una amenaza que es preciso neutralizar.

El concepto de guerra compuesta así delineado, naturalmente, no constituye la solución ideal para resolver las difíciles situaciones a que se ve enfrentado quien está al mando de la fuerza; ciertamente, esa condición ideal no existe. Por ello, se ha buscado otro enfoque por parte de quienes han apreciado que la referida doctrina no constituye un método que sea fácilmente aplicable para diversificar la autoridad entre diferentes comandantes subordinados de la fuerza, considerando que un prorrateo basado en las áreas de acción establecidas es difícil de manejar, ineficiente y poco natural. Este nuevo enfoque, sólo recientemente publicado, sugiere una forma de aplicación más práctica para materializar la necesaria delegación de control. Considera que el problema a que se ve enfrentada una fuerza naval no se divide de una manera espontánea en los componentes señalados, de guerra antiaérea, antisuperficie y antisubmarina. Tal clasificación constituye una herramienta teórica muy cómoda, pero que sin embargo presenta un panorama artificial de la situación táctica.

De acuerdo con sus armas y sensores, la fuerza naval opera fundamentalmente en esferas de acción: en las cercanías, donde imperan los buques, y a gran distancia, donde actúan principalmente las aeronaves de la fuerza. Ambas esferas son distintas, involucran diferentes mecánicas, tácticas, filosofía, tiempo y enfoque.

La zona de operaciones más próxima, dentro de las 60 millas desde el centro de la formación, se caracteriza por lo siguiente:

- Acciones defensivas: protección de portaaviones u otras unidades valiosas.
- Sensores activos, montados en buques (radares, sonares, MAE).
- Reacciones urgentes ante presencia de amenazas.
- Comunicaciones
- Participan principalmente buques y helicópteros.

— Relativa independencia de los ciclos de lanzamiento y recuperación de aeronaves.

— El éxito depende de la habilidad para maniobrar y emplear buques y helicópteros en situaciones que varían con rapidez, y para integrar el empleo de los distintos tipos de armas.

Por su parte, la zona de operaciones más distante se caracteriza a su vez, por lo siguiente:

— Acciones ofensivas, destinadas a golpear en el área objetivo.

— Amplia gama de sensores: Activos y pasivos, ubicados en aeronaves y en tierra.

— Ataques previamente planificados, de acuerdo con los alcances de las armas.

— Sistema de comunicaciones por satélite y de HF.

— Participan principalmente aeronaves de ala fija, complementadas con piquetes de superficie y submarinos.

— Fuerte dependencia de los ciclos de lanzamiento y recuperación de aeronaves

— El éxito depende de la capacidad para ubicar al enemigo, del uso efectivo de informaciones disponibles, provenientes de todo tipo de fuentes, del empleo eficaz de aeronaves y de su integración con aeronaves con base en tierra, y misiles de largo alcance.

Cuando la fuerza se organiza en base a los tres tipos clásicos de guerra se va contra la forma natural de desarrollo de las operaciones. Ello obliga a un comandante a controlar dos tipos de operaciones tácticas de diferente naturaleza: Una de carácter netamente ofensivo y otras en esencia defensivas, lo que trae como resultado frecuente que no se logra el control apropiado de ninguna de ellas. Esta organización se considera inconveniente, por cuanto obliga al comandante a dividir su concentración entre dos problemas fundamentalmente distintos en vez de permitirle dedicarse a un solo problema, de características homogéneas.

El objetivo de la reorganización propuesta es concretar una delegación del control dentro de los límites naturales del problema táctico, es decir, en términos de operaciones ofensivas o defensivas, pretendiéndose con ello simplificar y clasificar la distribución de tareas y permitir que cada comandante ponga su atención en una parte convenientemente manejable del problema. Esta nueva organización, de manera general se puede esbozar como a continuación se indica.

Se proponen tres comandantes bajo el mando del OCT

— Comandante del área exterior, que organiza, controla y dirige las aeronaves de ataque propias, escuadrones de patrullaje y piquetes de superficie y submarinos, en acciones coordinadas a ejecutar en el área exterior, otorgando además protección ante aproximaciones enemigas hacia la fuerza. Es un especialista en aviación, embarcado en un portaaviones.

— Comandante de la defensa antiaérea del área interior, quien controla los sistemas de armas válidos contra blancos aéreos que hayan penetrado el área exterior, y el enlace para intercambio de informaciones tácticas. Es un oficial de superficie, embarcado en un crucero o destructor misilero.

— Comandante de la defensa antisubmarina y antisuperficie del área interior. Controla la disposición de buques y helicópteros. Coordina el empleo de las armas de superficie. Está embarcado en uno de los buques de la cortina.

Esta nueva organización permitiría que mejoren las posibilidades de obtener éxito. Otorga a cada comandante un área más clara y natural de responsabilidad, en la cual éste tiene experiencia y preparación.

### **Redes de mando y control**

Para materializar la estructura orgánica delineada para el ejercicio del mando, es preciso diseñar una red de mando y control cuyo propósito básico es permitir una cabal conducción de las fuerzas desplegadas, capacitando al comandante para ejercer el control, utilizando como medio las comunicaciones. Dicha red está constituida por dos componentes básicos: los escalones de mando en sí y los canales de comunicación, tanto internos como con fuentes externas de información. Puede presentarse cualquier combinación de posibles configuraciones entre estos elementos, y uno de los problemas fundamentales que se debe tener en consideración para el diseño de la red es la selección de la configuración más apropiada para la misión asignada, de acuerdo con las fuerzas propias, la amenaza que se les opone y el escenario en que ella deberá cumplirse.

En la figura N° 3 se muestra una configuración jerarquizada típica de fuerzas navales que están bajo el mando de un Comandante en Jefe, quien ejerce el mando desde tierra y dirige el despliegue de sus fuerzas de tarea, cada una de las cuales está al mando de su respectivo OCT. Este comandante, a su vez, dirige las operaciones de las unidades asignadas a

su fuerza, cuyos comandantes son responsables de la utilización más adecuada de los sistemas de combate de que disponen. Estos sistemas constituyen los puntos terminales de la red de mando y control, y son los que accionan directamente contra la amenaza en el campo táctico.

Cada uno de los escalones de mando debe cumplir su propia función en el área de operaciones sobre la cual le cabe responsabilidad, con los medios que le han sido asignados. Dicha función consiste en recibir órdenes del escalón superior y actuar consecuentemente, emitiendo las órdenes pertinentes al escalón inferior.

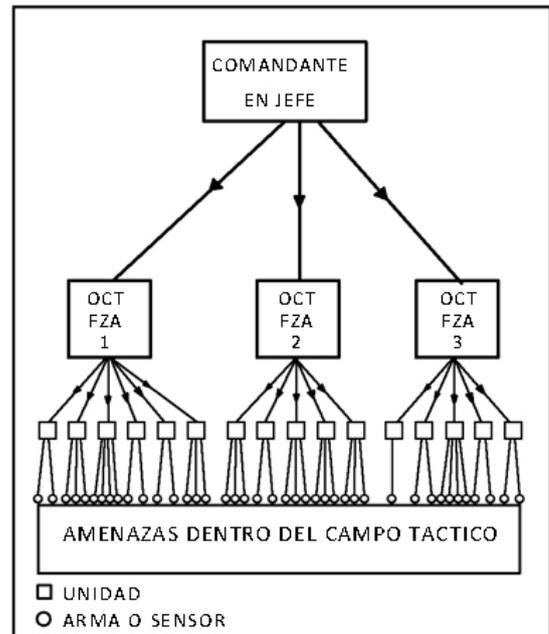
Durante el proceso de definir las áreas de responsabilidad y los medios para los mandos subordinados se pueden presentar problemas si las áreas de dos de ellos se superponen, o si deben compartir algunos medios, correspondiendo naturalmente al escalón superior resolver los eventuales conflictos. También pueden ocurrir problemas si la responsabilidad no es delegada apropiadamente.

Los canales de comunicaciones en la red estarán definidos por su capacidad para transferir informaciones y por la razón señal/ruido del medio de comunicaciones. Para una razón dada de transferencia de informaciones, ambos factores incidirán en la razón a la cual se introducen errores en la información, lo que degrada la utilidad del canal. Los canales deben servir para dos propósitos determinados, como mínimo. El primero es transmitir las órdenes, las cuales siguen un flujo que va exclusivamente de los niveles superiores a los inferiores. El segundo es diseminar información a través de toda la red, en todas las direcciones. Mientras la información táctica obtenida por sensores tiene su origen en los niveles inferiores, la Inteligencia estratégica se transfiere desde los niveles superiores, y ambas variedades se intercambian entre elementos que se encuentran a un mismo nivel.

### Red de mando y control para una fuerza bajo el mando de un oct

La configuración de la red de mando y control que adopte una fuerza en particular dependerá íntimamente de la naturaleza de las unidades que la integran. Esta dependencia se puede destacar claramente mediante un ejemplo hipotético de dos fuerzas de tarea que deben cumplir un rol A/S. Una de ellas puede estar constituida por cuatro fragatas A/S autónomas, cada una equipada con sistemas de combate que incluyen armas y sistemas de mando y control internos, los que en conjunto representan la capacidad global para cumplir el rol. A cada unidad se le puede asignar un área de responsabilidad dentro de la cual conducir sus operaciones de una forma más o menos independiente de las restantes. En tal fuerza, el elemento de comando más importante está dentro de cada buque, y el papel de las comunicaciones consiste principalmente en informar al comandante de la fuerza acerca del progreso en las operaciones.

Fig. Nº 3 RED DE MANDO Y CONTROL



La segunda fuerza, por el contrario, puede estar integrada por cuatro pequeñas corbetas A/S, equipadas con sonares, que dependen de helicópteros con base en una unidad central (portahelicópteros), para atacar los contactos que obtengan. Aquí la función del comandante de cada unidad es bastante trivial, y consiste principalmente en transmitir informaciones a la unidad central, donde reside el mando efectivo. También en esta fuerza el rol de las comunicaciones es esencial para el progreso de las operaciones.

Una comparación entre ambas fuerzas nos revelará que mientras la segunda, del tipo centralizado, puede ser capaz de desplegar sus medios con mayor flexibilidad, y por consiguiente lograr una mayor eficacia contra submarinos enemigos, ella será también más vulnerable ante el colapso total que representaría la pérdida de la unidad central, y además puede verse severamente afectada por CME hostiles que bloqueen sus comunicaciones, de las cuales tiene dependencia absoluta.

Un análisis de estos problemas nos señala que la configuración de la red de mando y control es tan importante para determinar la eficacia de la fuerza como lo son las diferentes formas de combinar los sistemas de combate de las unidades individuales.

### *El mando y control como blanco para el adversario*

Dado el rol vital que juegan las redes de mando y control en el desarrollo de operaciones de las fuerzas navales, es evidente que se verán enfrentadas a una tendencia creciente a ser atacadas por el adversario. Ante el problema de neutralizar fuerzas que se le oponen, un comandante puede decidir cómo lograrlo, eligiendo entre las alternativas de destruir físicamente las fuerzas hostiles o impedir que se pueda ejercer el control de tales fuerzas bloqueando y cortando sus comunicaciones. Esto último constituye un método bastante eficaz a bajo costo, con el cual se puede reducir la capacidad de fuerzas muy potentes sin disparar un tiro, por lo que aparece la necesidad de otorgar a las redes propias una debida protección, en previsión de las eventuales acciones adversarias, además de considerar las acciones contra las redes del enemigo.

## **LOS SISTEMAS DE MANDO Y CONTROL**

### **Sistemas de combate**

Entendemos una fuerza naval como una agrupación de unidades que actúan coordinadamente y se apoyan mutuamente para complementar sus capacidades, tanto ofensivas como defensivas, en el cumplimiento de una misión.

Tales capacidades están determinadas por los diversos sistemas que van montados en las unidades, que de una manera general, y en virtud del propósito para el cual existen, han sido denominados comúnmente bajo la expresión de "sistemas de combate".

En esencia, quien conduce una fuerza debe estar habilitado para obtener informaciones provenientes del entorno y de acuerdo con el procesamiento de éstas, determinar la reacción más apropiada en base a los medios disponibles, y de acuerdo con normas de conducta previamente establecidas.

De esta manera, se puede señalar las principales funciones que debe cumplir en términos generales, un sistema de combate.

— Detectar y traquear todo objeto presente en el entorno, tanto en la superficie como bajo y sobre ella, por medio del empleo de elementos de detección propios, del tipo activo y pasivo, como asimismo utilizando el intercambio de información con otras unidades.

— Identificar los objetos detectados, correlacionar sus datos con aquellos que están disponibles o provienen de otras fuentes, y difundir dichas informaciones, tanto internamente, en la propia unidad, como exteriormente, hacia otras unidades que formen parte de la fuerza.

— Evaluar las informaciones obtenidas, para establecer su significación táctica y determinar el grado de amenaza que representan.

— Decidir la reacción óptima para contrarrestar la amenaza o enfrentar la situación táctica, de acuerdo con los recursos y opciones disponibles y las normas de comportamiento vigentes.

— Asignar y dirigir los medios que materializarán la reacción que se haya decidido.

— Ejecutar la reacción seleccionada.

— Apreciar los resultados obtenidos y determinar nuevas acciones de acuerdo con la evolución de la situación.

Aparece evidente que, aunque los principios permanecen inalterables, la naturaleza precisa de las funciones esbozadas y, particularmente, el tiempo de reacción disponible, varían de acuerdo con la magnitud del sistema de combate y con el nivel que se esté considerando, el cual puede corresponder a diferentes graduaciones, que van desde una fuerza naval organizada completa, hasta un determinado buque en particular.

En general, los sistemas de combate pueden clasificarse dentro de dos grandes agrupaciones:

— Sistemas de armas.

— Sistemas de mando y control.

Los sistemas de armas constituyen un conjunto funcional de equipos, proyectado para destruir o reducir el potencial del adversario. Es decir, representan específicamente la capacidad ofensiva o defensiva propia, siendo por lo tanto, en último término, los que permiten el cumplimiento de los roles o tareas asignadas.

Los sistemas de mando y control, por su parte, materializan el cumplimiento de dos funciones esenciales en el desarrollo de toda acción de combate. La función de mando, entendida en el sentido de decidir el mejor curso de acción para lograr el cumplimiento de la tarea, considerando los medios propios de que se dispone, aquellos que se oponen y el escenario o campo táctico; por otra parte, la función de control, en lo que significa cumplir un proceso permanente de supervisión de la acción planeada, por medio de una apreciación entre la acción prevista y el desarrollo real, entre las órdenes impartidas y la forma en que éstas se ejecutan, de manera tal de poder disponer las rectificaciones necesarias cuando se evidencie su necesidad.

### **Los sistemas de mando y control como integrantes de los sistemas de combate**

Como hemos visto, los sistemas de mando y control, como integrantes de los sistemas de combate, realizan funciones diferentes de las que corresponden a los sistemas de armas y

su ejecución se cumple a través del desarrollo de tres etapas, que siguen un proceso reiterativo, en el cual todas ellas son plenamente Interdependientes.

- Obtención de informaciones.
- Procesamiento de informaciones.
- Toma de decisiones.

### *Las comunicaciones*

Antes de analizar en particular cada etapa, aparece oportuno referirse a las Comunicaciones, por cuanto éstas constituyen un vehículo indispensable para establecer la relación entre las etapas indicadas, y por tanto, para ejecutar correctamente las funciones de mando y control. Tanta es su importancia, que los sistemas diseñados para desarrollar tales funciones, que fueron originalmente denominados C<sup>2</sup> para destacar las acciones de Comando y Control, actualmente se conocen como C<sup>3</sup> por estimarse que las comunicaciones son un elemento inseparable en el conjunto.

Es precisamente en las comunicaciones donde, dentro del amplio campo de la electrónica, se puede apreciar claramente la gran incidencia que ha tenido el desarrollo tecnológico y que ha dado origen a cambios impactantes en las fuerzas navales, entre los cuales destaca el intercambio automático de data y las comunicaciones por satélite.

Estos perfeccionamientos, logrados en base a nuevas tecnologías, dejarían atónitos a los antiguos comunicantes. Comunicaciones vía satélite cubren todo el globo y capacitan a un Comandante en Jefe para hablar directamente con el comandante de la fuerza que se encuentra en alta mar. Sistemas de enlace automático transfieren información táctica a velocidades cien veces mayores que la del antiguo código morse. La criptografía en línea provee un alto grado de seguridad a las transmisiones por radio y elimina los engorrosos cifradores. Se ha logrado un importante progreso en la confiabilidad de los equipos, los cuales pueden funcionar por largos períodos sin presentar fallas.

Estos avances, sin embargo, han introducido —por su parte— algunos problemas.

Uno de ellos lo constituye la dificultad que existe para proveer de un grado de interoperatividad apropiado de comunicaciones. El enlace de todas las unidades de una fuerza requiere que las emisiones puedan ser transmitidas y recibidas por todos. Ello es relativamente sencillo cuando hay equipos similares, pero con frecuencia esto no ocurre, ya que los nuevos equipos que se diseñan no pueden ser introducidos simultáneamente en toda la flota. Así, un nivel inadecuado de interoperatividad en las comunicaciones dentro de una fuerza constituye una seria preocupación para el comandante, ya que invariablemente reducirá el grado de coordinación táctica que requiere alcanzar.

Otro problema que presentan los avances tecnológicos que exhiben las comunicaciones se traduce en el gran volumen de tráfico que llega al comandante, quien debe absorberlo y manejarlo. Este gran volumen tiene su origen en sensores muy desarrollados, de gran capacidad, que por tanto pueden copar fácilmente la capacidad disponible de enlace.

### ***Obtención de informaciones***

Las informaciones disponibles constituyen la base sobre la cual quien ejerce el mando puede conformar su panorama táctico. En este campo, los avances tecnológicos han llevado al desarrollo de sensores de gran eficacia, capaces de recolectar datos cumpliendo una actividad permanente, amplia y profunda, los cuales permiten configurar un panorama que normalmente excede el alcance de las armas. Ello significa la posibilidad de disponer del aviso anticipado requerido para poder adoptar una acción consecuyente.

En términos generales, las informaciones tienen su origen en las fuerzas, ya sean propias, neutrales o enemigas, y en el escenario o entorno. Estas se presentan en una muy variada graduación respecto a su calidad, lo que significa que tendremos disponible para el uso que nos interesa sólo una fracción limitada del total de Informaciones que existe. Estos diversos factores, entre los que cabe mencionar el ocultamiento, ya sea por medios naturales o por acción específica del enemigo para negarlos, y las limitaciones en las capacidades de los sensores para detectarlos.

En un sistema de mando y control la búsqueda de información se realiza mediante un proceso denominado de vigilancia o exploración del escenario, en base a sensores montados en plataformas de diversa naturaleza, que abarcan todos los niveles o planos de acción: en, bajo y sobre la superficie, considerando en este último, incluso, la dimensión espacial, donde se han instalado los satélites naturales.

Los sensores deben ser capaces de detectar las características de un blanco que lo identifican o lo diferencian como tal. Normalmente, la característica más sencilla de captar está relacionada con la energía que éste transmite, refleja o perturba, la cual puede presentarse en la forma de luz visible, calor, sonido o electromagnetismo.

De esta manera, las formas de energía más habituales que se pretende captar por medio de los sensores son de la siguiente naturaleza:

- Espectro electromagnético, dentro del cual los sensores se clasifican en base a la gama de frecuencias de trabajo del emisor: radio, radar, TV, infrarrojo y luz visible.
- Acústica, en base a la energía mecánica transmitida a través del agua: sonar, sonoboyas, hidrófonos.
- Magnética, relacionados con la variación que produce un cuerpo en el campo magnético terrestre: MAD.
- Eléctrica.
- Hidrostática.

### **Procesamiento de informaciones**

El elevado nivel de desarrollo alcanzado en los sensores ha traído como consecuencia una disponibilidad de información cada vez mejor en contenido y mayor en cantidad. Este avance constituye una ayuda importante a la toma de decisiones, pero a su vez plantea serias exigencias en lo que se refiere a su manejo y distribución.

Para procesar convenientemente las informaciones es preciso desarrollar una serie de actividades, que se señala a continuación.

La información es recopilada y se le da una identificación o clasificación a su ingreso al sistema. Hay que almacenar datos, evaluar la calidad de la información recibida y correlacionarla con la que se encuentra disponible, a fin de enriquecerla y actualizarla, y

finalmente se requiere difundirla o presentarla a las personas que deben decidir a distintos niveles.

Con lo anterior se pretende efectuar una evaluación de objetivos y amenazas, es decir, analizar la potencialidad del enemigo en base a un determinado criterio, para establecer el grado de peligrosidad, el tipo de adversario y las condiciones en que se desarrollará el combate, de acuerdo con las capacidades propias para enfrentarlo.

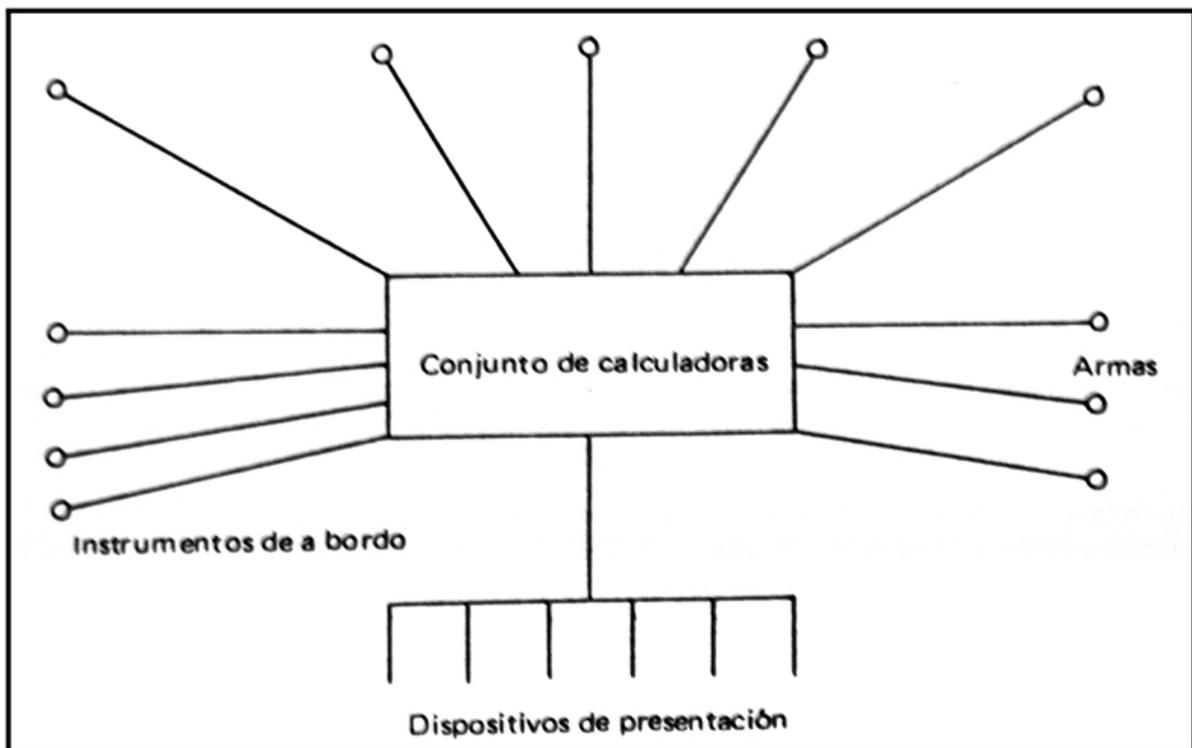
Todos estos procesos se pueden desarrollar con equipos digitales, análogos, híbridos o bien manualmente, y no es necesario que se realicen en un solo lugar. Sin embargo, dado el escaso tiempo de que se dispone para que sus resultados sean útiles y oportunos aparece la necesidad del procesamiento en tiempo real.

Hasta hace algún tiempo, todo el procesamiento se podía efectuar por métodos manuales. En cuanto a las informaciones tácticas, por ejemplo, su filtrado inicial estaba a cargo del personal de la CIC, que determinaba el grado de importancia de cada detección, le asignaba un número de identificación y le agregaba rumbo y velocidad estimados. Ello ya no es factible actualmente, por lo que se ha debido recurrir a computadores y sistemas automáticos, de gran capacidad y alta velocidad, que constituyen el elemento fundamental para el procesamiento de la información.

Existen dos tipos diferentes de configuración para estructurar un sistema de procesamiento:

— Centralizada, en la que un computador central recibe todas las informaciones, las procesa y entrega sus resultados a donde se requieren.

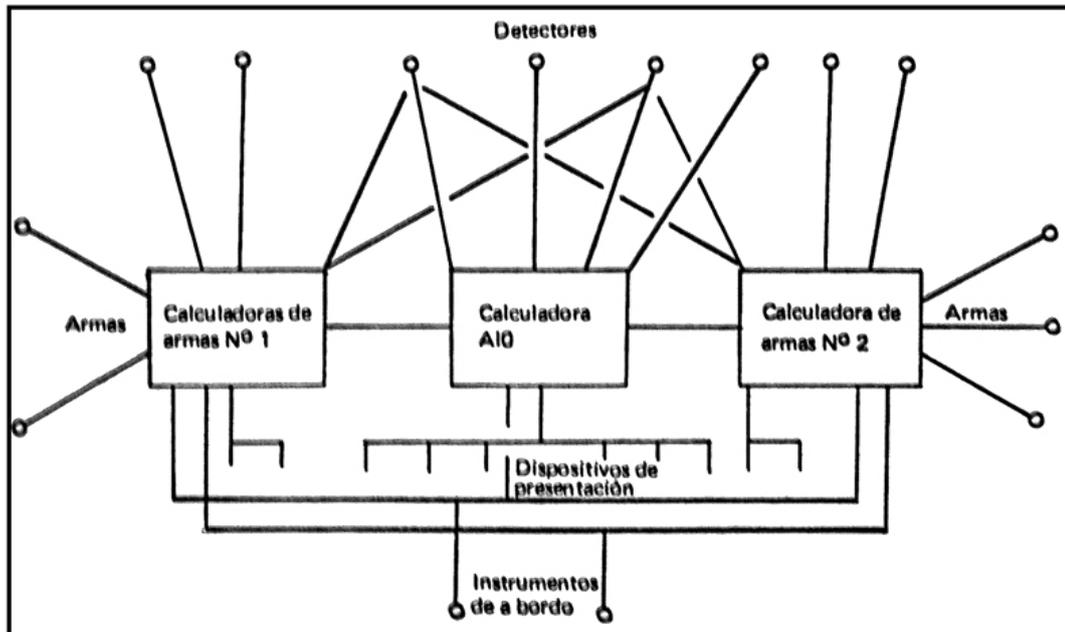
Fig. N° 4. SISTEMA DE PROCESAMIENTO EN CONFIGURACION CENTRALIZADA



— Distribuida, que consiste en una cierta cantidad de computadores relativamente pequeños que procesan sólo la información que les concierne, y luego transmiten los resultados a un computador de coordinación general. Aquí, los computadores se encuentran incorporados a los sistemas de armas y sus sensores particulares, y el manejo de datos se

efectúa a nivel local, antes de proceder a su difusión general, por medio de un circuito de distribución de datos (Data Bus).

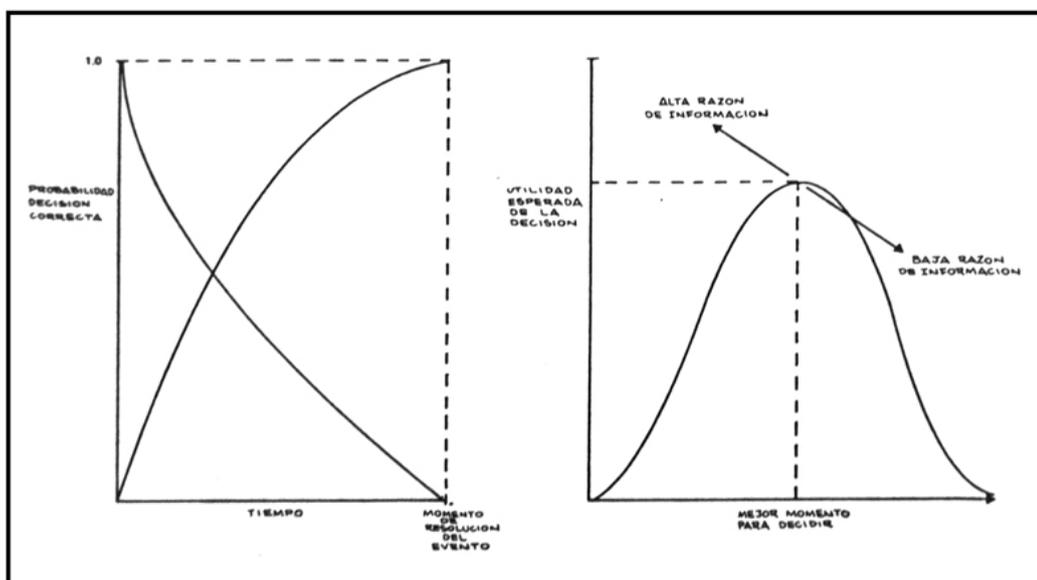
**Fig. N° 5. SISTEMA DE PROCESAMIENTO EN CONFIGURACION DISTRIBUIDA**



**Toma de decisiones**

El mayor problema que se presenta en el control de fuerzas desplegadas contra una amenaza es la toma de decisiones bajo incertidumbre. Ellas pueden variar, por ejemplo, desde la decisión del Comandante en Jefe acerca del momento en el cual se debe enviar una fuerza de tarea a operar en aguas hostiles, hasta el problema para un oficial A/S de cuándo lanzar una determinada arma a un contacto de sonar. En ambos casos, los aspectos esenciales del proceso para decidir son similares, y ellos se muestran gráficamente en la figura N° 6.

**Fig. N° 6. TOMA DE DECISIONES**



La utilidad resultante de la decisión a adoptar irá disminuyendo, hasta el momento en que ocurra un evento que termine con toda la incertidumbre remanente. En ese instante, la utilidad pierde todo valor.

Por otra parte, la probabilidad de adoptar la decisión correcta es pequeña cuando la incertidumbre es grande, pero aumenta con el tiempo hasta que se transforma en certeza, cuando ocurre el evento que la despeja.

Estos factores opuestos determinan la existencia de un instante óptimo para adoptar la decisión, en el cual la utilidad que se espera de ella es máxima.

El valor que tiene la disponibilidad de información relevante afecta de la siguiente manera dentro del proceso de decisión: si el comandante recibe una elevada razón de información, la probabilidad de adoptar una decisión correcta en cualquier instante aumenta, y lo mismo ocurre con su utilidad. Sin embargo, si sólo se dispone de un pequeño flujo de informaciones, el comandante debe esperar un mayor tiempo para lograr la misma probabilidad de decidir correctamente, y ello trae como consecuencia una disminución de la utilidad de la decisión.

En consecuencia, para asegurar un alto rendimiento, el comandante debe recibir la más alta razón de información relevante que sea posible.

Lo anterior, sin embargo, no es necesariamente efectivo si se considera al sistema de mando y control de una manera global. Ello porque la eficacia en los canales de comunicaciones generalmente decrece ante un incremento en el volumen de información. En teoría, para un determinado ancho de banda y razón señal/ruido, la razón de errores que ocurren en cualquier canal de comunicaciones generalmente aumentará a medida que aumenta el flujo de informaciones que circula por dicho canal. Eventualmente, los canales pueden quedar físicamente bloqueados, y entonces la información deberá esperar para ser transmitida, lo cual reduce su utilidad para el comandante que la requiere.

Ello implica que para un sistema de mando y control debe existir un flujo óptimo de información: si es muy pequeño, la toma de decisiones se verá entorpecida; si es muy alto, los canales de comunicaciones se ven degradados. Y, lo que es más, el flujo óptimo dependerá de la configuración particular que se adopte y de la razón señal/ruido del medio de comunicaciones, pudiendo ambos variar durante el transcurso de las operaciones debido a averías de combate, CME adversarias y dificultades por el estilo.

## **DESARROLLO Y ESTADO ACTUAL DE LOS SISTEMAS DE MANDO Y CONTROL EN UNIDADES NAVALES**

### **Generalidades**

Con la aparición del radar se apreció la necesidad de centralizar la información en el buque, de tal manera de permitir que fuera recibida, correlacionada y evaluada, para obtener un panorama global de la situación táctica y exponerla al comandante. Ello dio origen a la "Central de mando y control" del buque, la cual en diferentes armadas ha recibido distintas denominaciones: Sala de operaciones, CIC, Central de operaciones, etc.

Inicialmente, la presentación de información para el mando se hacía en mesas de ploteo horizontales o en tableros verticales; en ambos casos las detecciones se ploteaban manualmente. Siendo este método demasiado lento, y gracias al desarrollo de los computadores digitales, se logró la automatización del proceso, de manera que los blancos detectados por los diferentes sensores pudieron presentarse en una pantalla tipo "tubo de

rayos catódicos". Aunque en un comienzo se utilizaba sólo una pantalla general, luego se fueron agregando otras, para facilitar la labor de los operadores. A continuación se le incorporaron diversos refinamientos, hasta llegar a los sistemas actuales, en que cada operador tiene en su pantalla sólo el panorama que le interesa.

Por otra parte, el procesamiento de la información, que inicialmente era efectuado por los operadores, pasó también a ser ejecutado por computadores, que se adaptan mucho mejor a esta tarea. Asimismo, para el traspaso de información entre unidades, en un comienzo se utilizó la fonía por radio, luego se incorporó el enlace por teletipo y finalmente el enlace automático de data entre computadores.

De esta forma se ha llegado al sistema integrado de mando y control, el cual debe disponer de medios para realizar las siguientes acciones:

- Obtener y almacenar informaciones, tales como posición, rumbo, velocidad, identificación y tipo de los diferentes contactos.

- Establecer el panorama táctico, exponiendo las informaciones de una manera razonablemente exacta y fácilmente comprensible.

- Evaluar las amenazas.

- Ayudar a la toma de decisiones, proponiendo al mando los posibles cursos de acción y el más recomendable a seguir de acuerdo con la situación.

- Traspasar el blanco a los sistemas de armas y controlar dichos sistemas.

- Intercambiar información con otras unidades.

Dentro de cada buque, los equipos de mando y control deben estar estrictamente proporcionados a las armas y sensores instalados a bordo. Por ejemplo, no tiene sentido instalar sensores modernos, de alta sensibilidad y gran alcance, a menos que se disponga de un adecuado sistema de procesamiento automático, capaz de manejar la enorme cantidad de información generada. Similarmente, no tiene sentido desarrollar una nueva generación de equipos de procesamiento de mayor capacidad si los datos deben introducirse manualmente al sistema.

Los beneficios de un eficaz sistema de mando y control interno quedan demostrados claramente cuando se observan las acciones de autodefensa que debe ejecutar el buque. Definiendo el tiempo de respuesta como el intervalo existente entre la detección inicial de la amenaza potencial por parte de los sensores del buque y su destrucción por medio de las armas disponibles, es posible disminuirlo mediante un aumento en el alcance efectivo de los sensores o un incremento en el rendimiento del sistema de armas (menor tiempo de preparación, mayor rapidez en el proceso de lanzamiento, etc.).

### **Desarrollo de los sistemas de mando y control en la armada británica, y otros sistemas**

La evolución de los sistemas actualmente en uso en la armada británica procede de una serie de variaciones y perfeccionamiento introducidos en el sistema ADAWS (Action Data Automation Weapon System).

El ADAWS 1, instalado en los DLG clase *County*, efectúa el procesamiento de informaciones respecto al panorama táctico de superficie, aéreo y submarino y puede además controlar los sistemas de armas. Utiliza como procesador central a dos computadores de propósito general *Poseidon*, de Ferranti.

El ADAWS 2 utiliza computadores de segunda generación, miniaturizados (Ferranti FM-1600), a los cuales está asociado un conjunto de consolas y pantallas digitales, y puede controlar, entre otros, a los sistemas *Seadart* e *Ikara*.

El ADAWS 4, instalado en los destructores tipo 42, establece el panorama táctico general con la información de todos los sensores.

El ADAWS 5 está instalado en las fragatas *Leander* del Grupo *Ikara*.

Otro sistema contemporáneo del ADAWS es el CAAS (Computer Assisted Action Information System), utilizado en las fragatas tipo 21, cv *25 de Mayo* y fragatas *Niteroi*.

Ambos tipos fueron seguidos por un sistema mucho más avanzado: CACS 1 (Computer Assisted Command System), instalado en fragatas tipo 22, y CACS 4, en fragatas tipo 23.

Este último, el más moderno de los sistemas británicos, constituye una primera aproximación hacia la configuración distribuida, con dos computadores FM-1600E, más uno de reserva, que se mantiene siempre en servicio, 12 microprocesadores *Argus* M-700 y otros varios microprocesadores F-100-L. Utiliza un moderno método de interfase hombre-máquina, en base a control por medio de lápiz luminoso, lo cual permite que el operador siga una secuencia lógica, evitando así tener que memorizar complicadas secuencias de inyección manual de datos. Ello trae como consecuencia una respuesta más rápida y exacta, y reduce el tiempo de instrucción para operar el equipo

La multiplicidad de equipos ayuda a dividir el sistema en módulos, los cuales pueden ser modificados o agregados sin alterar a los restantes. El perfeccionamiento más destacado consiste en la capacidad de procesar informaciones provenientes del sonar pasivo y de MAE, funciones que hasta la fecha no se habían incluido en este tipo de sistemas.

Entre los sistemas existentes, pueden mencionarse los siguientes:

—SEWACO, Holanda. Diferentes versiones, con diversas cantidades de pantallas. El sistema más moderno emplea colores para diferenciar el amigo del enemigo.

—TAVITAC, o SENIT, Francia. Del tipo centralizado, tiene hasta 5 pantallas, con simulador incorporado.

—IPN-10, Italia. Hasta 6 consolas en el sistema instalado en las fragatas *Lupo*.

—NTDS, EE.UU. Es el sistema más antiguo, pero ha sido actualizado constantemente. Emplea 12 a 15 pantallas. Todos los buques y aeronaves de reconocimiento están intercomunicados mediante enlace Link 11.

### **Descripción global de un sistema centralizado típico**

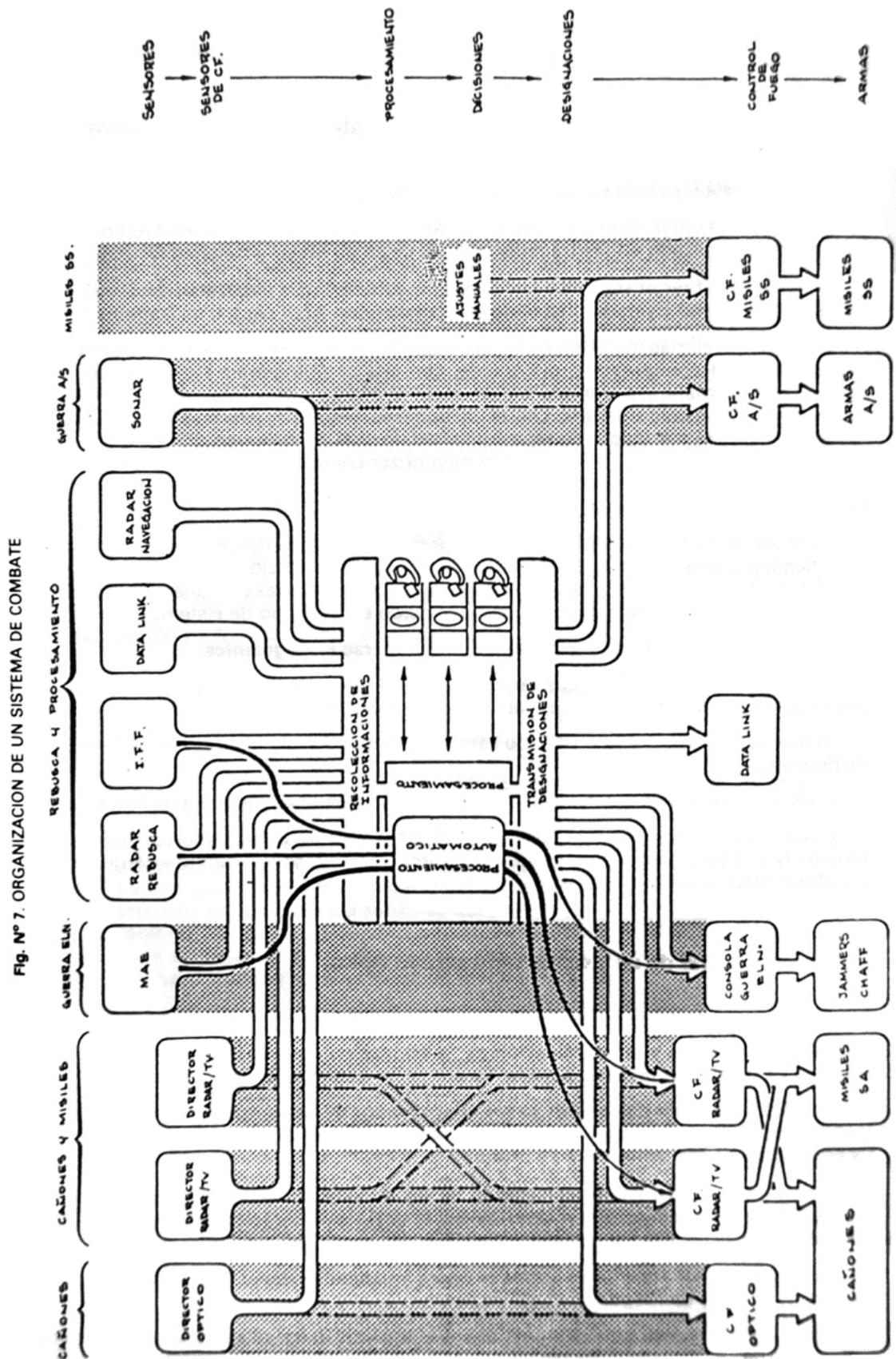
El sistema que se describe centraliza las funciones relacionadas con el establecimiento del panorama táctico y la coordinación de la asignación del armamento a los diferentes blancos. La operación de cada sistema de armas en particular es descentralizada.

Toda la información disponible, ya sea que provenga de los sensores del buque, se haya recibido por radio (comunicaciones en fonía, teletipo, enlace automático de data), se almacena en computadores centrales y se presenta en diferentes consolas operacionales.

La centralización facilita la correlación de las diferentes fuentes de información y la evaluación de la amenaza. Del mismo modo, la designación a los sistemas de armas es centralizada, para facilitar al mando la coordinación de su empleo.

Por su parte, cada sistema de armas se opera independientemente, mediante su propio sistema de control de fuego.

La figura N° 7 muestra un esquema de los elementos integrantes del sistema, en el se grafica además el desarrollo de las diferentes funciones que cumple.



## CONCLUSIONES

- El desarrollo tecnológico ha tenido una particular incidencia en la conformación y consiguiente perfeccionamiento de los sistemas de mando y control, producto principalmente de los avances logrados en el campo de la electrónica y ciencias de la computación que han posibilitado la creación de sensores, computadores, equipos de comunicaciones y de intercambio automático de informaciones, cuyas capacidades han mostrado un crecimiento acelerado, facultando al comandante para ejercer el mando de su fuerza o unidad, operando dentro de una situación de gran complejidad.

- Los medios de comunicaciones de que actualmente se dispone, permiten que las fuerzas navales, dondequiera que estén desplegadas, se mantengan bajo el control directo del mando con base en tierra, y por ende del poder político, lo que refuerza su calidad insustituible. Como instrumento a utilizar en apoyo a la política exterior del Estado.

- El desarrollo los sistemas de combate debe lograrse teniendo en consideración la íntima relación que existe entre los sistemas de armas y los sistemas de mando y control que los integran, de tal manera de mantener el necesario equilibrio entre las capacidades de unos y otros.

- La tendencia, a futuro, de los sistemas de mando y control estará orientada hacia una configuración distribuida, debido a su mayor independencia y fundamentalmente a la menor vulnerabilidad que presentan ante el ataque enemigo.

- Los nuevos adelantos que se introduzcan en los sistemas de mando y control tendrán como propósito lograr una comunicación más fácil y directa en la relación denominada hombre-máquina, mediante el desarrollo de lenguajes computacionales más sencillos y el diseño y utilización de dispositivos de acceso más expeditos a los equipos.

## BIBLIOGRAFIA

- NORMAN FRIEDMAN, Us Naval Weapons and combat Systems Development in 1985, *Proceedings*, mayo 1986
- J.D. STALEY, Command and Control, Ferranti Computer Systems. Trabajo presentado en el Simposio Internacional acerca de la "Amenaza Aérea en el Mar", Londres, 1985.
- W.E. MEYER, The combat System of Surface Warship, *Proceedings*, mayo 1977.
- DR. EBERHARD RECHTIN, El apoyo de la tecnología al mando, A.G.N. Temas Seleccionados, agosto 1984.
- W.T.T. PAKENHAM." The Command and Control of Naval Operations: Principles and Organization, *Naval Forces*.
- C.H. JOHNSON, Commanding the Offense, *Proceedings*, noviembre 1985.
- RODOLFO MUÑOZ M, y CRISTIAN SILVA B. Computadores tácticos navales, *Revista de Marina* N° 6/1983.
- F.D. STANLEY, Action Information Organization, the Electronics Octopus, *Navy International*, diciembre 1885.
- JOHN MARRIOT, Command and Control at Sea, *Maritime Defence*, noviembre 1985.
- Dr. F. DOOD, C<sup>3</sup> Standards to Match new Technology, *Navy International*, noviembre 1980.
- Christian Eliot, Command and Control at Sea, *Naval Forces* N° 11/1932:
- J.D. WATKINS, La estrategia marítima, A.G.N., Temas Seleccionados, abril 1986
- *Táctica naval*. Comentarios, A.G.N.; varios autores.