

SUPLEMENTO ESPECIAL

REVISTA DE MARINA





EVOLUCIÓN Y VISIÓN DE LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE LA MARINA DE GUERRA DEL PERÚ



Evolución y Visión de la Investigación y Desarrollo de la Marina de Guerra del Perú



CONTRALMIRANTE RICARDO WALTER LANATTA FORGER

Egresando el 01 de enero de 1991 como Alférez de Fragata. Es calificado en Ingeniería de Sistemas. Ha seguido el Curso de Capacitación criptográfica, Administración de sistemas LINUX-UNIX, Cursos Básico de Estado Mayor, Comando y Estado Mayor, Curso de formación en jefes de seguridad (CISO PROGRAM), Planeamiento de escenarios, Docentes navales, Control interno, CADE digital, ISO/IEC 27001 LEAD IMPLEMENTER, CCNA CYBERSECURITY OPERATIONS, Formación de evaluadores del premio nacional a la calidad. Ha participado en el Curso taller gestión y mejora de procesos y Taller de comunicación asertiva y retroalimentación efectiva. Ha realizado el Diplomado en formulación y evaluación de proyectos de inversión. Ostenta una Maestría en administración de negocios y Maestría en desarrollo y defensa nacional. Además de la Certificación ISO 27001 (seguridad de la información). Oficial del departamento de armamento del BAP *Santillana*, Oficial de construcción y artillería del BAP *Santillana*. Jefe y oficial en diversas dependencias de la marina. Sub-Director de Investigación Científica y Tecnológica de la Dirección de Alistamiento Naval, Jefe del Estado Mayor de la Comandancia de la Tercera Zona Naval, Sub-Director de la Dirección de Telemática de la Marina. El 1ro. de enero del 2020 el gobierno le confiere el ascenso al grado de Contralmirante y es nombrado Director de Investigación y Desarrollo Tecnológico.

RESUMEN

El artículo se vale de la reciente creación de la Dirección de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico para detallar los avances que ha tenido la investigación y el desarrollo de la tecnología en la Marina de Guerra del Perú desde 1965.

PALABRAS CLAVE

Investigación y desarrollo, Dirección de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, tecnología, desarrollo de *software*.

ABSTRACT

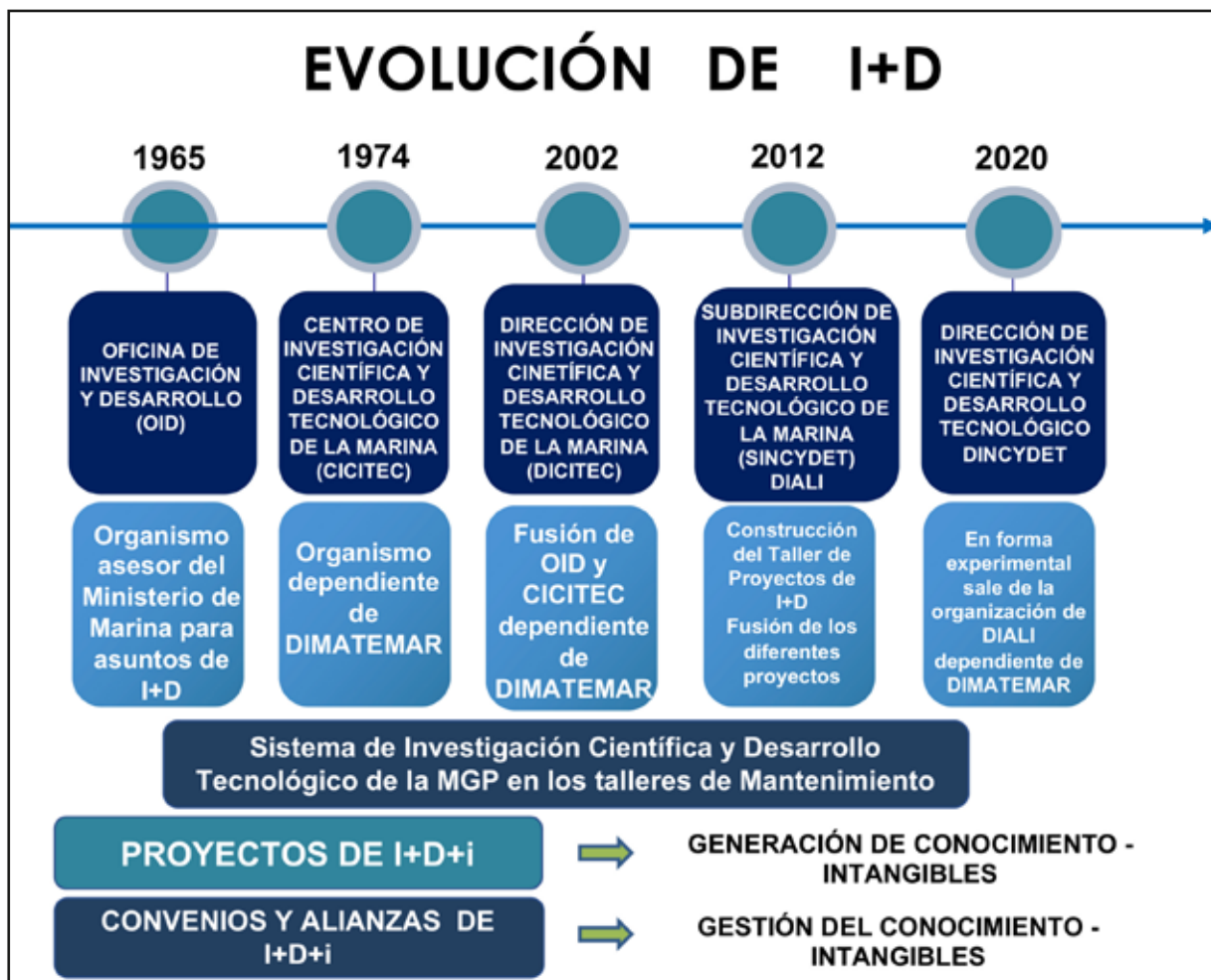
The recent creation of the Directorate of Scientific Research and Technological Development is made used by the article to detail the advances that research and technology development has been having in the Peruvian Navy since 1965.

KEYWORDS

Research and development, Directorate of Scientific Research and Technology Development, technology, software development.

La investigación y el desarrollo (I+D) cuentan con más de 54 años en la institución. Como se puede apreciar en la figura 1, desde 1965 la investigación científica y el desarrollo tecnológico han tenido un gran desarrollo en la Marina de Guerra del Perú. En sus inicios, la I+D surgió como una Oficina de Asesoría a la Alta Dirección y luego de 10 años se le nombró como Centro de I+D. En

2002 se convirtió en una Dirección con capacidades orientadas al desarrollo de explosivos, granadas lacrimógenas, potes fumígenos, chalecos antibalas, cohetería e implementos de seguridad personal con fines comerciales y del personal integrante de las Fuerzas de Infantería de Marina y de Fuerza de Operaciones Especiales, debido a la situación que atravesaba el país en las décadas de 1980 y 1990.



Evolución de la Investigación y Desarrollo en MGP.

A mediados de los años 90, se adquirieron equipamientos y sistemas orientados a la capacitación e intercambio tecnológico para el personal naval. Esto originó la obtención de la capacidad de desarrollo de software de simulación y de comando y control. En 2003 se iniciaron algunas acciones para recuperar capacidades relacionadas con las unidades navales de superficie, submarinas y aéreas, mediante la suscripción de convenios con diferentes centros de estudios como la Universidad de Piura, la Pontificia Universidad Católica del Perú y la Universidad Nacional de

Ingeniería. Asimismo, se envió a personal naval a realizar estudios de carácter técnico en rubros como electrónica, cableado estructurado, protocolos de comunicaciones de hardware, software (como los Protocolos de la Asociación Nacional de Electrónica Marina o NMEA, por sus siglas en inglés), los estándares RS 232, RS 422, etc. Además, se realizaron pasantías y estudios de posgrado tanto institucionales como extrainstitucionales dirigidos a que el personal superior obtuviera aptitudes en ingeniería de software y telecomunicaciones.

Evolución y Visión de la Investigación y Desarrollo de la Marina de Guerra del Perú



Estas actividades permitieron concebir el desarrollo de 41 proyectos de investigación científica y desarrollo tecnológico, 16 proyectos de la Fuerza de Superficie, 15 de la Fuerza de Submarinos y 10 orientados a las demás fuerzas operativas y otras dependencias de tierra, que hicieron un total de 39 proyectos concluidos exitosamente. El desarrollo de estos proyectos contó con una inversión de más de 36 millones de soles. No realizar esta inversión con empresas del mercado locales o extranjeras significó para la institución un ahorro de más de 270 millones de soles, de acuerdo con el detalle de la figura 2.

Desde el presente año, con la creación de la nueva Dirección de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, se verifican y redefinen los estándares de desarrollo de software operacional, al igual que los estándares de consolas y equipamiento de hardware de los Sistemas de Comando y Control, Sistemas de Gestión de Combate (CMS, por sus siglas en Inglés), Sistema Data Link, simuladores, así como de los Sistemas de Control y Mando a distancia

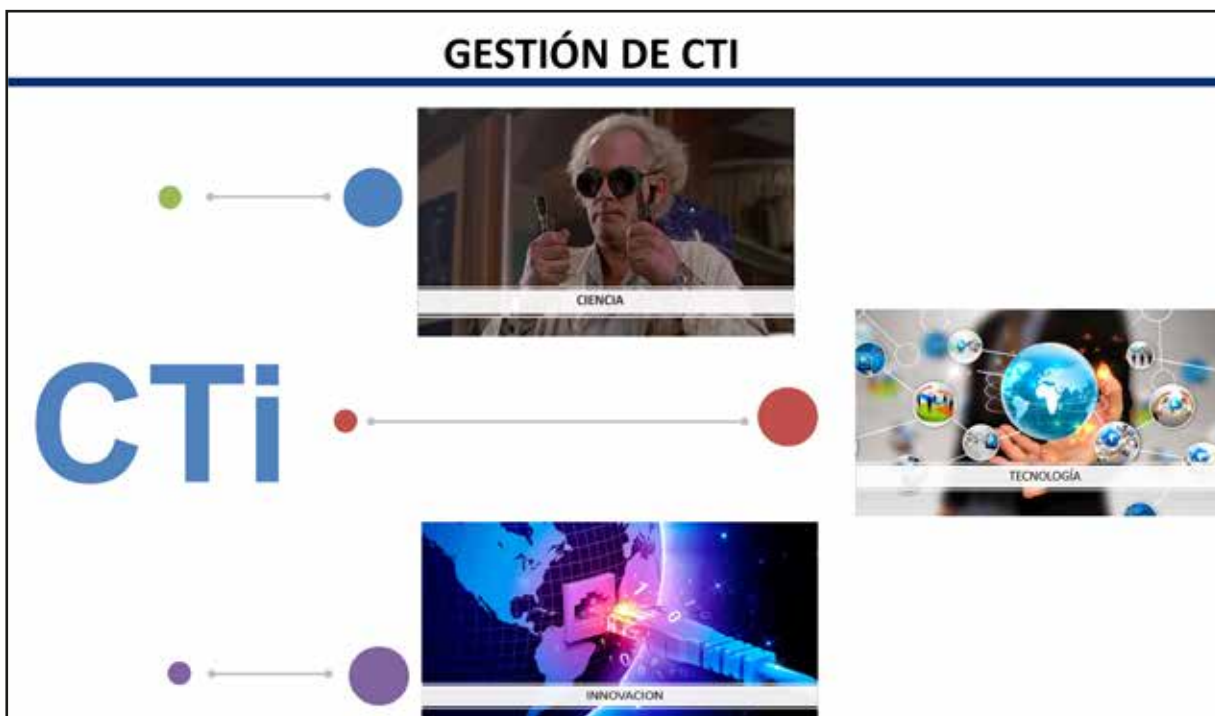
de los Sistemas de Gobierno, Propulsión y Máquinas de las unidades navales.

La Dirección de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico tiene como objetivo a corto plazo mejorar y complementar las actuales capacidades en el desarrollo de Sistemas de Comando y Control, CMS, Data Link y simuladores, así como de los sistemas de control y mando a distancia de los sistemas de gobierno, propulsión y máquinas de las unidades navales. Bajo esta línea, a mediano y largo plazo se busca obtener nuevas capacidades en la detección acústica subacuática, la detección radárica para unidades de superficie y el control de tráfico marítimo. A fin de obtener estas dos nuevas capacidades, se elabora un plan de capacitación dirigido al personal naval de investigadores, que incluyen pasantías y cursos de especialización en el país y el extranjero. Además, se guían los esfuerzos por actualizar y ampliar los convenios con universidades, empresas y otros centros de investigación.

En tal sentido, se han iniciado las obras para la creación de los nuevos talleres del Centro de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, y se ha definido



Figura 3. Plan de Acción.



Evolución y Visión de la Investigación y Desarrollo de la Marina de Guerra del Perú

la adquisición de nuevos equipamientos, herramientas y sistemas que darán soporte a la consolidación de las capacidades antes mencionadas. Asimismo, se ha incluido en el estudio de preinversión del proyecto de “Recuperación de los servicios de apoyo logístico de la Base Naval del Callao Fase III” la infraestructura y los equipamientos para la Dirección y su respectivo Centro de Investigación, acorde con los estándares

tecnológicos requeridos en la actualidad, tal y como se detalla en el plan de acción de la figura 3.

De tal modo, la Dirección de Investigación y Desarrollo tiene una visión de futuro, orientada en mejorar las bases tecnológicas de nuestra institución, para estar así a la par de los requerimientos operativos que las Fuerzas Navales necesiten en el cumplimiento de su misión.





**Nueva capacidad
de adiestramiento a
través del sistema de
simulación Khuska para
entrenamiento táctico
en unidades navales**

Nueva capacidad de adiestramiento a través del sistema de simulación Khuska para entrenamiento táctico en unidades navales



CONTRALMIRANTE CÉSAR MANUEL CABALLERO RONCAL

Egresó de la Escuela Naval del Perú el 1 de enero de 1989 como Alférez de Fragata, calificado en Ingeniería de Sistemas. Es graduado de los cursos Análisis y Artillería Naval, Inteligencia por Correspondencia, Básico de Estado Mayor, Comando y Estado Mayor, Alto Mando en la Escuela Superior de Guerra Naval. Ha realizado el Programa Avanzado de Administración en el Centro de Negocios de la Pontificia Universidad Católica del Perú, el Programa de Posgrado en Ingeniería de Comunicaciones Digitales en el Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones, el Programa de Especialización de Proyectos de Inversión Pública en la Escuela de Posgrado de la Universidad del Pacífico, así como el Diplomado en Dirección General en la Escuela de Dirección de la Universidad de Piura. Posee los grados de Doctor en Ingeniería de Sistemas, Magíster en Política Marítima, Magíster en Estrategia Marítima y Licenciado en Ciencias Marítimas Navales. Actualmente ejerce el cargo de Director de Telemática de la Marina.

RESUMEN

El presente artículo muestra cómo se ha aplicado la teoría de simulación en el ámbito del entrenamiento naval a través del proyecto Khuska. Se revisarán cuáles fueron las necesidades primordiales de la institución que llevaron al planteamiento y posterior constitución del proyecto, que dio origen al sistema del mismo nombre. Se justificará de manera categórica la razón de la existencia del sistema, su sostenibilidad en el tiempo y por qué debe ser considerado una pieza clave y estratégica para la actual y futura formación del personal naval; se expondrán luego los principales aspectos de la metodología empleada para su desarrollo, sus principales componentes y su modo de operación. Finalmente, se exponen los resultados y las conclusiones de la implementación del proyecto por la Marina de Guerra del Perú.

PALABRAS CLAVE

Simulación, modelos, entrenamiento naval, Marina de Guerra, sistemas de entrenamiento, comando y control, combate y sistemas distribuidos.

ABSTRACT

This paper shows how simulation theory has been applied to the training naval area through Khuska project. The main needs of the institution that led to planning and subsequent constitution of the project that originated the system of the same name are reviewed. The reason for the existence of the system is categorically justified and why it should be considered a key and strategic piece for the current and future navy personnel training; next, the main aspects of the methodology used for its development, its main components and its operation mode will be exposed. Finally, the results and conclusions of the project implementation by Peruvian Navy are presented.

KEYWORDS

Simulation, Models, Naval Training, Navy, Training Systems, Command and Control, Combat, Distributed Systems

Introducción

En la estructura de los sistemas de simulación y recursos (personal y material) se distinguen tres niveles de entrenamiento, basados en diversas características de la realidad de una simulación (figura 1). Antes de la existencia del sistema Khuska, el personal naval recibía un entrenamiento de tipo instructivo en

nivel 1, llevado a cabo en el Centro de Entrenamiento Táctico Naval (CENTAC), para luego recibir un entrenamiento en nivel 3 utilizando recursos (unidades navales) y sistemas reales. No se consideraba el nivel 2, un escenario simulado, con un sistema real pero con recursos (unidades navales) simulados. La preparación para el nivel 3

de entrenamiento involucra un escenario muy costoso para el Estado, debido a que requiere un gran consumo de recursos materiales y humanos. Tener habilitado el entrenamiento en un nivel de simulación virtual (nivel 2), que permita entrenar con sistemas reales sin la necesidad de salir a la mar, es de suma importancia para posibilitar una temprana adaptación y adiestramiento de las dotaciones de las unidades navales en sus puestos reales de operación. De esta forma se mejora el desempeño del personal durante el cumplimiento de los roles estratégicos de la institución; entre ellos, el velar por la soberanía e integridad territorial del país y brindar ayuda humanitaria a la población en situaciones de emergencia o desastres naturales.

Ante tal situación surgió la pregunta del problema a investigar: ¿sería posible la

aplicación de la teoría de simulación a través del desarrollo de un sistema que ayude a simular el entrenamiento del personal de unidades navales sin salir a la mar, y que además mejore y optimice el uso de recursos destinados a dicho fin?

En los últimos años, la Marina de Guerra del Perú impulsa sostenidamente la elaboración de proyectos de investigación científica y desarrollo tecnológico. Así, durante 2018 se decidió presentar un proyecto relacionado con el desarrollo de un simulador, a fin de realizar un entrenamiento táctico simulado a bordo de las unidades navales en puerto: el Proyecto Khuska¹.

Los tipos de proyecto de innovación tecnológica se clasifican en cuatro tipos. De acuerdo con la tabla 1, el Proyecto Khuska debería ser identificado como un proyecto del tipo 1,

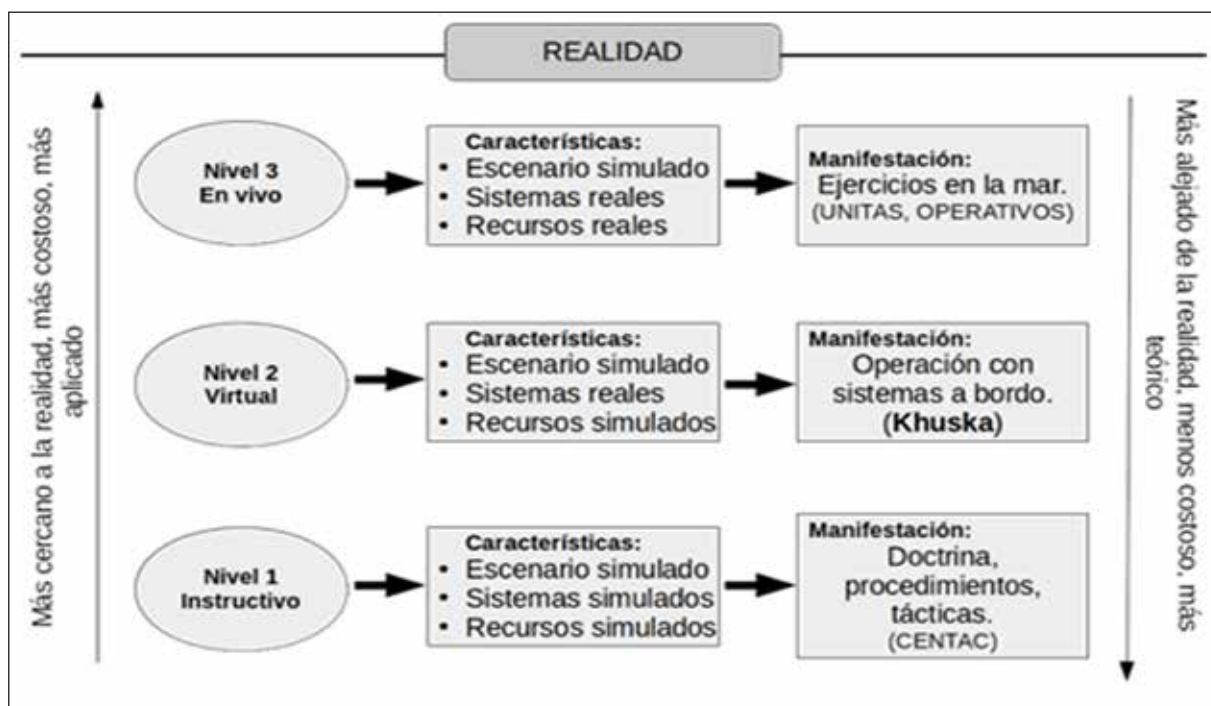


Figura. 1. Niveles de simulación para entrenamiento.

1. La palabra khuska es un vocablo quechua que significa "conjunto". El sistema posee a la fecha dos versiones completadas: Khuska MK0 (2018) y Khuska MK1 (2019). Actualmente se desarrolla la versión Khuska MK2.



Nueva capacidad de adiestramiento a través del sistema de simulación Khuska para entrenamiento táctico en unidades navales

	Construir sistema	No construir sistema
Temas inéditos / complejos	Tipo 1. Investigación y Desarrollo	Tipo 2. Investigación
Temas comunes / triviales	Tipo 3. Desarrollo	Tipo 4. Acondicionamiento

Tabla 1. Tipos de proyectos de innovación tecnológica.

que se caracterizan por tener un componente de investigación y otro de desarrollo. Según Hernández, Fernández y Baptista (2010), el componente de investigación del proyecto pertenece al grupo de investigación cuantitativa exploratoria, debido a que es un tema inédito del cual no existen antecedentes

próximos en el contexto local o del país². Lo que se busca en este tipo de proyectos es obtener una visión integral del problema en estudio, descubrir las variables a analizar del problema y determinar la factibilidad del desarrollo del sistema que resuelva el problema de investigación original.

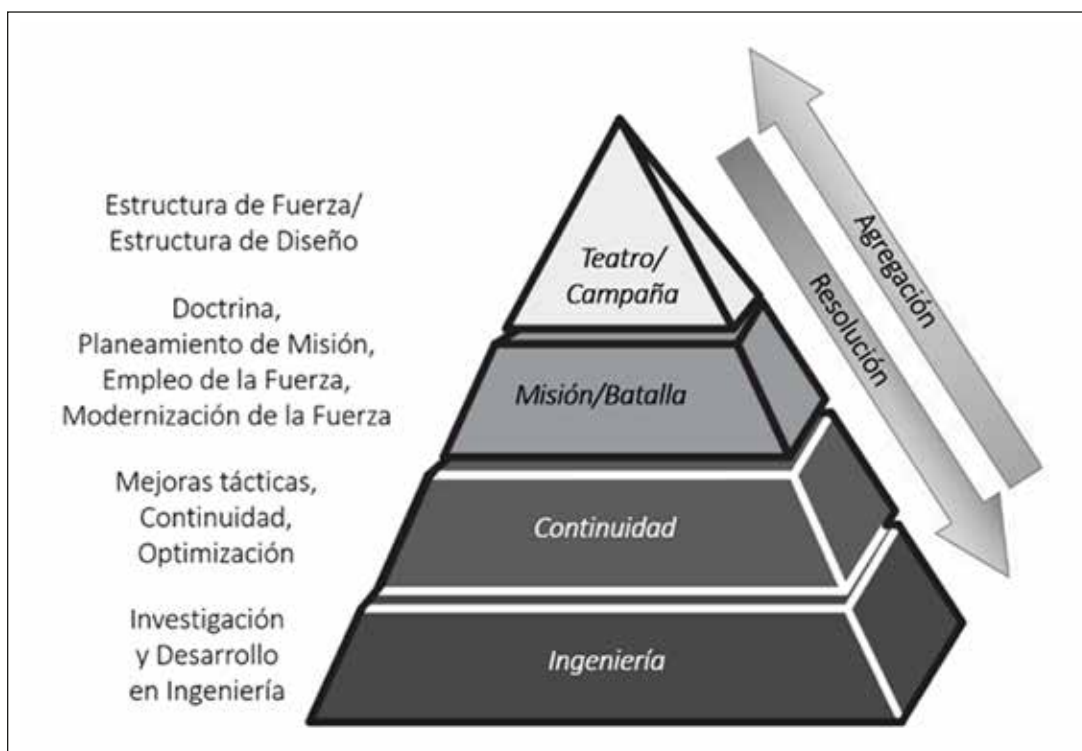


Figura. 2. Niveles de operaciones militares (Tolk, 2012).

- La culminación de un proyecto exploratorio sirve de referencia para futuros proyectos de investigación descriptivos, correlacionales o causales sobre el tema.

En el contexto de simulación militar, un sistema de entrenamiento simulado se define como el conjunto de modelos en distintos niveles de operaciones militares³, que pueden ser jerarquizados en forma piramidal, tal como se aprecia en la figura 2. En la base de esta pirámide se encuentra el nivel técnico, compuesto por modelos basados en física y modelos de componentes del sistema real (sistemas de comando y control, sistemas control de tiro, sensores, armas, etc.). El siguiente es el nivel táctico, que comprende modelos de enfrentamiento y duelos. Sobre este nivel se ubica el nivel operacional, que abarca modelos de misiones y batallas simuladas. Por último, se encuentra el nivel superior o estratégico, que contiene modelos de teatros y campañas completas. Cada modelo en un determinado nivel de la pirámide utiliza información de los modelos ubicados en los niveles inferiores. El proceso de selección de los modelos relevantes para el usuario⁴ fue determinante y permitió tener un punto de partida para el componente de desarrollo del proyecto.

Desarrollo

Las técnicas empleadas durante la investigación exploratoria fueron la revisión documentaria, opiniones de expertos y entrevistas a usuarios. Por otro lado, para el desarrollo del sistema, el proyecto diseñó su propia metodología de desarrollo de *software* basada en tecnología orientada a objetos⁵ y en el empleo del lenguaje unificado de

modelado⁶ (Object Management Group⁷, 2017) con el fin de modelar *software*.

El desarrollo se dividió en cuatro fases. Durante la primera se realizó la recopilación y validación de los requerimientos⁸ necesarios para iniciar las actividades de análisis y diseño del sistema. Asimismo, se elaboró la arquitectura base del *software* y se definió la tecnología a emplear. Al tratarse de un sistema distribuido, se optó por utilizar un *middleware*⁹ de comunicación basado en estándares internacionales denominado DDS¹⁰ (Object Management Group, 2015), que habilitó la comunicación entre todos los componentes del sistema. Cabe mencionar que el sistema consta de cinco componentes de *software*, como se puede apreciar en la figura 3: (1) interfaz gráfica de usuario desde donde los usuarios pueden interactuar en todo momento con el sistema, (2) motor que ejecuta todos los modelos de simulación del sistema, (3) *middleware* de comunicación que permite la comunicación entre todos los componentes; (4) y (5) *gateways* de los modos simulados de los sistemas de fragatas misileras y submarinos, respectivamente.

En la segunda fase, de construcción, se realizó el diseño e implementación de las interfaces gráficas de usuario, las cuales se construyeron aplicando los conceptos de ergonomía y principios de interacción hombre-computador. La plataforma de *software* sobre la que operan las distintas aplicaciones del sistema se basa en sistemas Linux y lenguaje de programación C++. En

3. TOLK, Andreas. Engineering principles of combat modeling and distributed simulation. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 2012. ISBN: 9780470874295.
4. El usuario es la Marina de Guerra del Perú, a través de sus dependencias: Fuerza de Superficie, Fuerza de Submarinos y CENTAC.
5. La tecnología orientada a objetos se refiere a la programación a través del concepto de "objetos", los cuales representan data, en formas de campos e información, y código, en forma de procesos y procedimientos.
6. El lenguaje unificado de modelado es un lenguaje de modelamiento y desarrollo de uso general, creado para proveer un estándar de visualización de diseño de sistemas.
7. Object Management Group es un grupo que establece estándares de integración de tecnología en campos relacionados con sistemas y computación.
8. Se tuvieron en cuenta los resultados obtenidos durante el proceso de la investigación exploratoria.
9. Software que se sitúa entre un sistema operativo y las aplicaciones que se ejecutan en él. Básicamente, funciona como una capa de traducción oculta para posibilitar la comunicación y la administración de datos en aplicaciones distribuidas.
10. El servicio de distribución de datos es un estándar de máquina a máquina que permite interoperabilidad, alta performance y escalabilidad.



Nueva capacidad de adiestramiento a través del sistema de simulación Khuska para entrenamiento táctico en unidades navales

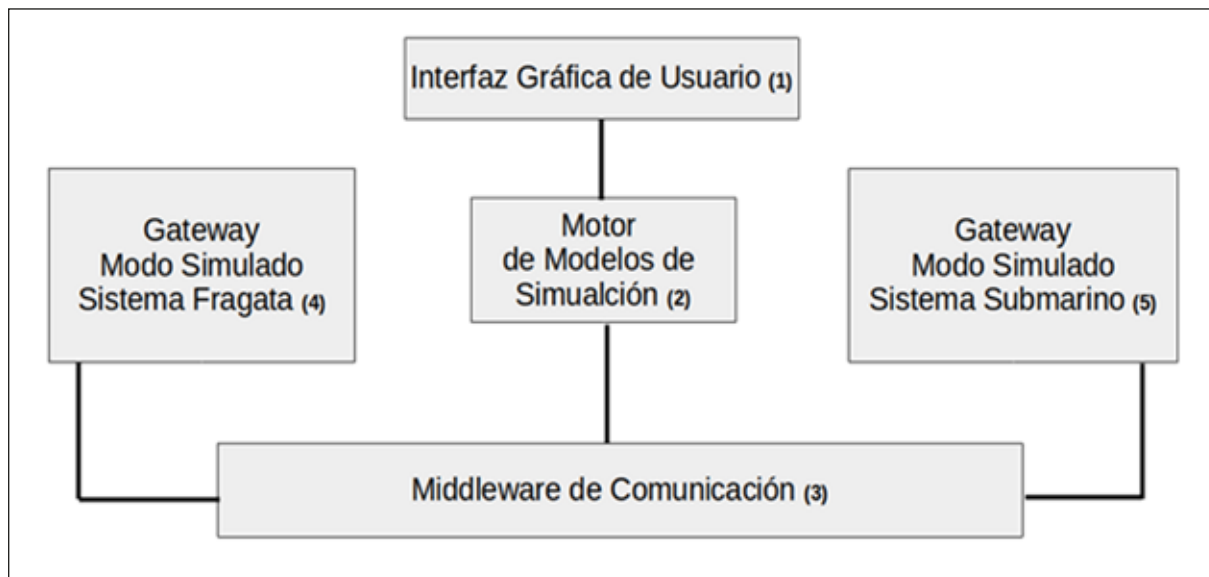


Figura 3. Componentes de software del sistema Khuska.

esta fase se implementó la mayor parte del código fuente del sistema, siguiendo estrictos estándares de programación y verificación.

Durante la tercera fase, destinada a las pruebas, se realizaron ejercicios a fin de validar las funcionalidades del sistema. Para tal efecto, se muestra en la figura 4 el resumen de los seis pasos principales del proceso de operación de un ejercicio: (1) Creación de los modelos de unidades, sensores y armamento. No es necesario realizar este proceso durante el juego. Se puede ejecutar

como una tarea previa offline. (2) Los sistemas de comando y control, así como de combate de abordaje las unidades reales (fragatas misileras y submarinos), deben pasar a modo simulado. (3) Preparación del escenario: el administrador del ejercicio, desde una estación de control Khuska, definirá las características del ejercicio. (4) Creación de la organización táctica, es decir, el conjunto de unidades reales y simuladas que participarán en el ejercicio. (5) Definición de las condiciones iniciales para los atributos de estas unidades. (6) Se inicia el ejercicio.

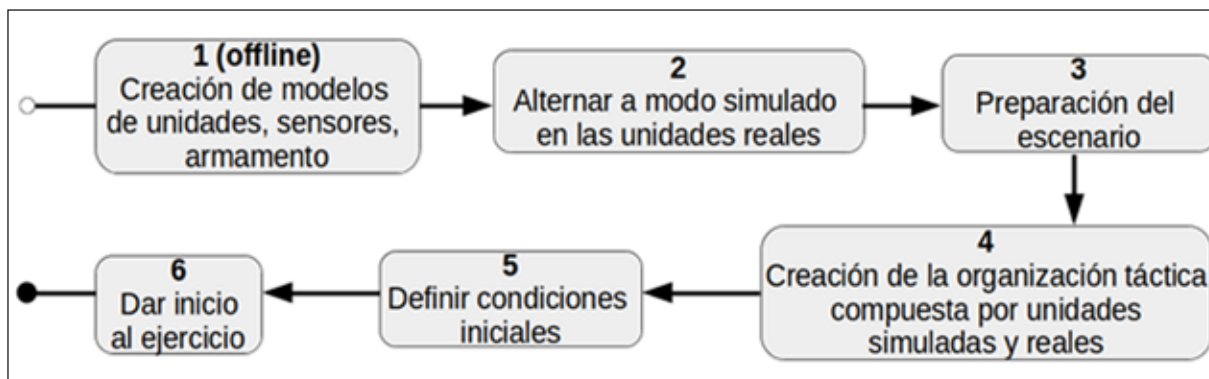


Figura 4. Proceso de operación de un ejercicio en el sistema Khuska.

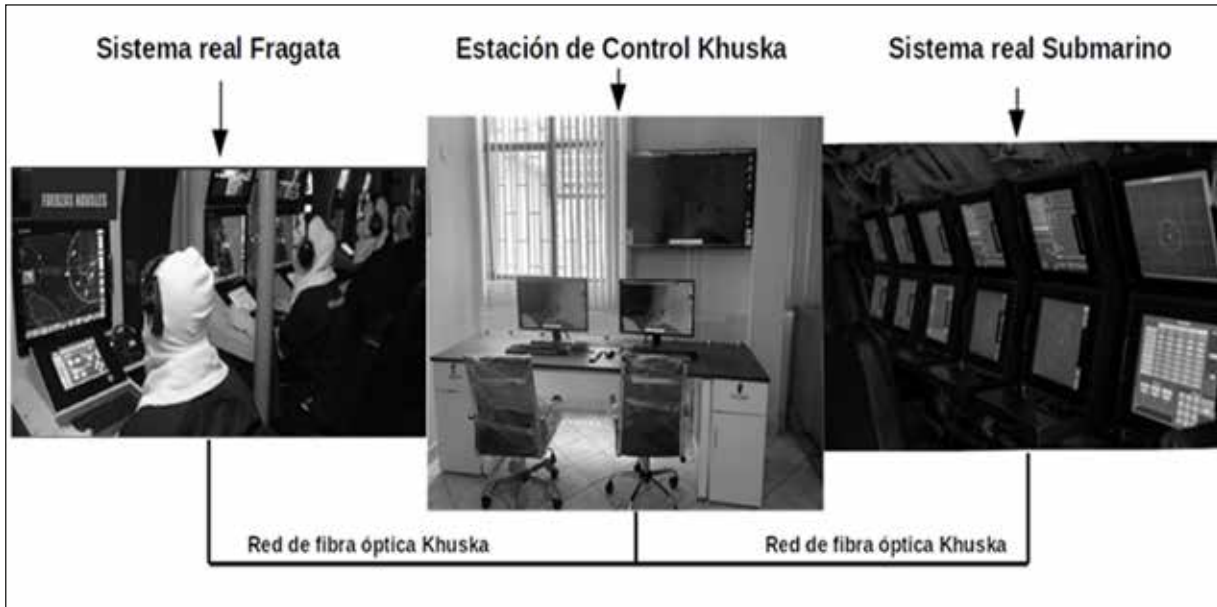


Figura 5. Estación de control en tierra, fragata misilera y submarino.

Por último, en la cuarta fase, de transición, se realizó el montaje y acondicionamiento de la red de fibra óptica, que permitió la comunicación física. De igual forma, se llevó a cabo la instalación y puesta en marcha del *software* en las unidades navales amarradas a muelle y las estaciones de control en tierra. En la figura 5 se aprecia la disposición final de los participantes del entrenamiento simulado virtual en puerto.

Desde la estación de control en tierra se supervisa el estado del ejercicio, mientras que en las fragatas misileras y submarinos se presenta el escenario del ejercicio simulado. Un aspecto importante del Proyecto Khuska es su grado de escalabilidad a nuevos protocolos de datos de sistemas externos, a fin de interactuar en un futuro con ellos. Posibles alternativas son los protocolos de integración DIS (Distributed Interactive Simulation) y HLA (High Level Architecture), según Page y Smith¹¹.

Resultado

Es importante mencionar que el sistema Khuska se origina con el propósito de implementar soluciones de bajo costo, mediante la elaboración de proyectos de investigación científica y desarrollo tecnológico de mejora, y así otorgar herramientas de simulación para el entrenamiento del personal naval lo más real posible. El principal beneficio obtenido con este proyecto es la reducción de recursos económicos requeridos para el entrenamiento de nuestro personal naval en puerto, como si estuviera en altamar, lo que optimiza el proceso de entrenamiento.

La exploración e investigación sobre los sistemas de simulación y su aplicación en el entrenamiento tuvo como resultado el sistema Khuska, de simulación para entrenamiento táctico en unidades navales de la Marina de Guerra del Perú. En su primera fase logró la integración

11. PAGE, Ernest, SMITH, Roger. Introduction to military training simulation: A guide for discrete event simulation. En: Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference. 1998, pp. 53-60. [Consultado el 4 de setiembre de 2020]. Disponible para usuarios registrados en <https://dl.acm.org/doi/10.5555/293172.293208>



Nueva capacidad de adiestramiento a través del sistema de simulación Khuska para entrenamiento táctico en unidades navales



de los Sistemas Nacionales de Gestión de Comando y Control "Varayoc" de nuestras Fragatas Misileras y el Sistema de Combate "Kallpa" de nuestros submarinos.

El sistema Khuska cuenta con un sistema de simulación central, con funcionalidades propias de los escenarios tácticos y estratégicos navales, como gestión de carta electrónica, gestión de ayudas gráficas, gestión de un chat en tiempo real, y comunicación de eventos y contactos entre las diferentes unidades. Todo ello permite efectuar el entrenamiento de las unidades en puerto desde su propio centro

de operaciones de combate (COC), sin necesidad de encontrarse navegando. Este sistema se orientó a buscar un resultado con enfoque extensivo, escalable y de arquitectura abierta, de manera que pueda admitir un gran incremento y mejora de funciones y soporte de hardware. Se diseñó en una tecnología base para utilizarse en simuladores modernos.

Khuska tuvo como objetivo entrenar a los equipos de operadores de los COC de las unidades de superficie que cuentan con el sistema Varayoc y de las unidades submarinas que cuentan con el sistema



Kallpa, mediante el empleo de recursos simulados y centralizada en un escenario táctico naval simulado y sistemas reales. De esta manera, se desarrolló e implementó un sistema táctico de simulación a bordo, que permitió la rápida, económica y dinámica interacción en el entrenamiento entre unidades de superficie y submarinas sin necesidad de salir de a bordo o a la mar.

También es importante mencionar que el sistema Khuska recibió el Premio a la Calidad por parte de la Sociedad Nacional de Industrias (SNI) en el concurso "Reconocimiento a la Gestión de Proyectos de Mejora 2018".

Conclusiones

De la investigación exploratoria se determinó que los sistemas de simulación son una potente herramienta tecnológica.

Sus beneficios, al ser aplicados en el área de entrenamiento en la Marina de Guerra del Perú, fueron múltiples y diversos, lo que posibilitó que el personal que dota las unidades navales entrenen sin salir a la mar, y optimicen los recursos requeridos para el entrenamiento, el clima laboral, la satisfacción y la productividad del usuario.

Se debe destacar la atención e interés del Alto Mando Naval, que en los últimos años ha venido incentivando la cultura de desarrollo de proyectos de I+D+i, a través de la Dirección de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (DINCYDET), lo que ha permitido mejorar la performance de las unidades navales y, por ende, las capacidades operativas de nuestras Fuerzas Navales.

Finalmente, es significativo citar que estos proyectos contribuyen con el desarrollo

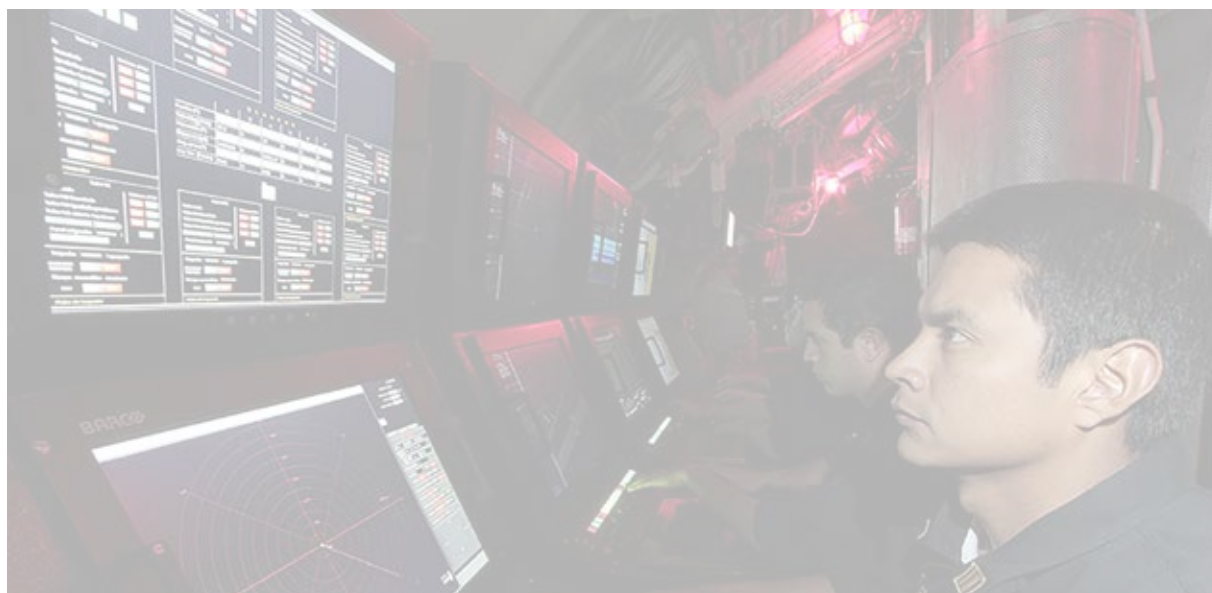


económico y social del país, a través de la participación de la pequeña y mediana empresa, lo cual genera grandes ahorros al Estado. Además, se promueve la cooperación de la comunidad científica universitaria, así como la independencia tecnológica

mediante el diseño de sistemas o equipos de arquitectura abierta que puedan ser actualizados con tecnología nacional. Así, se coloca a la Marina de Guerra del Perú en la vanguardia de la tecnología en el ámbito de la seguridad nacional.

Bibliografía

- HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos, BAPTISTA, María. Metodología de la investigación. Ciudad de México: McGraw-Hill e Interamericana Editores. 2010. ISBN: 9786071502919.
- OBJECT MANAGEMENT GROUP. Data Distribution Service (DDS) v1.4. 2015. [Consultado el 5 de setiembre 2020]. Disponible en <https://www.omg.org/spec/DDS/1.4/>
- OBJECT MANAGEMENT GROUP. Unified Modeling Language (UML) v2.5.1. 2017. [Consultado el 5 de setiembre 2020]. Disponible en <https://www.omg.org/spec/UML/2.5.1/>
- PAGE, Ernest, SMITH, Roger. Introduction to military training simulation: A guide for discrete event simulation. En: Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference. 1998, pp. 53-60. [Consultado el 4 de setiembre de 2020]. Disponible para usuarios registrados en <https://dl.acm.org/doi/10.5555/293172.293208>
- MARINA DE GUERRA DEL PERÚ. *Innovador sistema de entrenamiento para la seguridad nacional bajo condiciones y escenarios reales y su relación con el desarrollo nacional y sostenibilidad institucional denominado Khuska*. Lima: Centro de Desarrollo Industrial, Sociedad Nacional de Industrias. 2018. [Consultado el 3 de setiembre de 2020]. Disponible en http://www.cdi.org.pe/pdf/PNC_2018/IP%20PM%208%20MARINA.pdf
- TOLK, Andreas. Engineering principles of combat modeling and distributed simulation. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 2012. ISBN: 9780470874295.



DESARROLLO DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA, CON NUEVA TECNOLOGÍA DE BATERÍAS DE IONES DE LITIO, ACUMULANDO ENERGÍA A GRAN ESCALA Y ALTA DENSIDAD PARA TORPEDOS DE EJERCICIO SUT-264 Y SST-4 "CELACANTO"



"INNOVANDO EL ENTRENAMIENTO NAVEGANDO AL FUTURO SOSTENIDO"

"La innovación no tiene nada que ver con cuantos dólares has invertido en I + D. Cuando Apple apareció con el Mac, IBM gastaba al menos 100 veces más en I + D. No es un tema de cantidades, sino de la gente que posees, cómo los guías y cuánto obtienes."

*Steve Jobs
Fundador de Apple*



Desarrollo de un sistema de almacenamiento de energía, con nueva tecnología de baterías de Iones de Litio, acumulando energía a gran escala y alta densidad para torpedos de ejercicio SUT-264 y SST-4 "Celacanto"



CAPITÁN DE NAVÍO CÉSAR AUGUSTO MAURICIO JARAMILLO

Es Licenciado en Ciencias Marítimas, calificado como Oficial Submarinista en 1994. Fue dotación de los submarinos tipo "S" y tipo "209" durante 10 años, segundo comandante del BAP "Angamos" y comandante del BAP "Chipana". Es calificado en Electrónica y Comunicaciones, fue Sub director de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico de la Dirección de Alistamiento Naval, en los tres últimos años en adición a sus funciones laborales, se desempeñó como Jefe del Proyecto de Investigación Científica "CELACANTO" y sub Jefe del Proyecto de Investigación Científica "KHUSKA". Se ha desempeñado también como segundo Comandante de la Estación Naval de Submarinos, Jefe de Operaciones y Entrenamiento del Centro de Entrenamiento Táctico Naval, Jefe de Operaciones de la Comandancia de la Primera Zona Naval y de la Comandancia de la Fuerza de Submarinos, Jefe de Logística de la Cuarta Zona Naval, Jefe de la División de Contrataciones Institucionales y de la División de Planes del Estado Mayor General de Marina, el año 2018 fue Jefe del Servicio de Armas y Electrónica de la Marina y el año 2019 Comandante del Escuadrón de Submarinos. Actualmente es Jefe de Logística de la Comandancia General de Operaciones del Pacífico.

RESUMEN

La Marina de Guerra del Perú, dentro de sus objetivos institucionales, tiene políticas claramente enmarcadas en "priorizar la investigación y el desarrollo científico y tecnológico a la satisfacción de los requerimientos de las Fuerzas Navales", así como "impulsar la investigación y el desarrollo científico y tecnológico en áreas de interés institucional"¹. Estas políticas son ejecutadas a través de la Dirección de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (DINCYDET), que promueve activos proyectos para la modernización, innovación y mejora de sistemas y equipos con los que cuenta la Marina de Guerra del Perú. El presente artículo aborda uno de estos proyectos, denominado "Celacanto"², que se encuentra dentro de la línea de modernización y de innovación de armas submarinas en el Perú.

El Proyecto "Celacanto" se concreta en el reemplazo de las baterías originales de diseño de plata-zinc, por la adaptación e implementación de una batería de iones de litio para los torpedos SUT 264 y SST-4, además de los sistemas de carga y descarga de batería y el monitoreo de sus parámetros eléctricos.

PALABRAS CLAVE

Torpedo, baterías de ion litio.

ABSTRACT

Within its institutional objectives the Peruvian Navy has policies clearly outlined in "Prioritize scientific and technological research and development to satisfy the requirements of the Naval Forces" and "Promote scientific and technological research and development in areas of institutional interest". These policies are executed through the Directorate of Scientific Research and Technological Development (DINCYDET), the same that has been promoting active projects for the modernization, innovation and improvement of systems and equipment of the Peruvian Navy. This article will address one of these projects, called "CELACANTO", a project that is within the line of modernization and innovation of underwater weapons in Peru.

The CELACANTO project is materialized in the replacement of the original Silver-Zinc design batteries by the adaptation and implementation of a lithium ion battery for the SUT 264 and SST-4 torpedoes, in addition to the charging and discharging systems of battery and monitoring its electrical parameters.

KEYWORDS

Torpedo, Lithium Ion Batteries.

1. MARINA DE GUERRA DEL PERÚ. Doctrina y política general de la Marina de Guerra del Perú. DOPOLMAR-11108. Lima: Marina de Guerra del Perú. 2013..
2. Pez que apareció hace unos 350 millones de años. Los antiguos navegantes lo consideraban como una de las tantas bestias marinas mitológicas que acechaban en los mares y océanos para atacar y destruir a los barcos que osaban surcarlas. Su cuerpo es robusto y está cubierto de resistentes escamas. Presenta aletas pares con base lobular y una cola de tres lóbulos o divisiones en posición vertical, fuertes dientes en el hocico y dos aletas dorsales, una cerca de la cabeza y la segunda aproximadamente a la mitad del cuerpo. Hay presencia de pulmón, por lo que se asume que el celacanto emergía a la superficie para tomar bocanadas de aire. Alcanzaba una longitud de casi 1,50 metros y un peso superior a 68 kg. Este pez se encuentra grabado y representado en la insignia de submarinos de la Marina de Guerra del Perú (MICROSOFT CORPORATION. Celacanto. En: Microsoft Encarta. Microsoft. 2009).

Introducción

Durante la historia de las batallas navales modernas, los torpedos han sido calificados como una de las armas más letales y destructivas. Su perfil disuasivo se basa en su característica de ser difícilmente detectable, según las condiciones de propagación del sonido. Al mismo tiempo, es capaz de producir efectos devastadores, que se establecen de acuerdo con la velocidad, capacidad de daños y performance de cada torpedo.

Un torpedo alimentado por energía eléctrica puede ser visto como un vehículo subacuático no tripulado, que, al tener un motor eléctrico como medio de propulsión, necesita una fuente de poder de alta performance, comparada con los requerimientos de los vehículos pesados de transporte. Por ello, es necesario brindar especial cuidado en su desarrollo.

Las actuales baterías de los torpedos de ejercicio tienen más de 20 años de servicio y su reparación es considerablemente alta.

Además, su precio de adquisición es muy elevado (llegan a costar alrededor de un millón de soles cada una) y solo pueden emplearse en no más de 10 disparos para torpedos de ejercicio en un año.

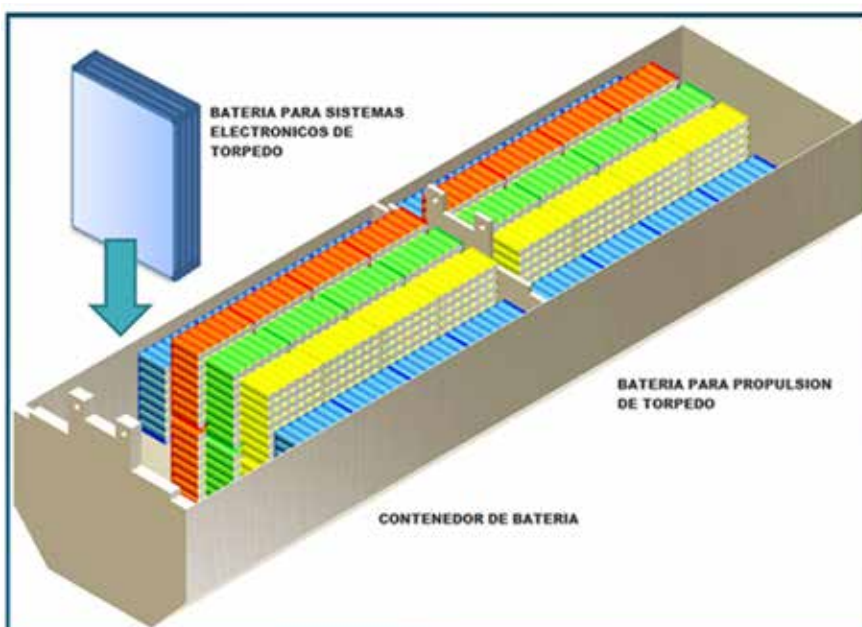
En la actualidad las baterías de ion litio proporcionan más densidad energética que las baterías de plata-zinc, de níquel-cadmio o de magnesio-cloruro de plata, lo que da lugar a una mayor autonomía de batería, en un diseño más ligero, debido a que el litio es el metal más liviano que existe. Otra ventaja radica en la posibilidad de almacenamiento y desplazamiento, que permite operarlas fácilmente en versiones de pruebas reusables.

En este proyecto se realizó el cambio y la modernización de las antiguas baterías con las que contaban los torpedos de ejercicio SUT-264 (Surface Underwater Target) y SST-4 (Special Surface Target), que fueron reemplazadas por nuevas baterías de iones de litio. Gracias a este cambio, los torpedos de ejercicio podían prolongar su vida útil y obtener mayor autonomía, debido a que

las nuevas celdas de iones de litio cuentan con mayor capacidad nominal de descarga y muchos más ciclos de carga. Asimismo, se les implementó un sistema de *software* que realiza la carga, la descarga y el monitoreo de voltajes de esta nueva batería.

Desarrollo

El objetivo general de este proyecto fue analizar la gama de nuevas tecnologías sobre baterías de iones de litio, en busca del



Disposición de elementos de batería de propulsión y de sistemas electrónicos.



Desarrollo de un sistema de almacenamiento de energía, con nueva tecnología de baterías de Iones de Litio, acumulando energía a gran escala y alta densidad para torpedos de ejercicio SUT-264 y SST-4 “Celacanto”



Gabinete con sistema de carga y software de monitoreo.



Batería de propulsión con grupos de batería de ion litio.

desarrollo de almacenamiento de energía. De este modo, se optimizaron las baterías de los torpedos de ejercicio SUT-264 y SST-4, que debían ser integrables a las diferentes secciones de cada uno de estos torpedos, a fin de ser empleados en el entrenamiento de las dotaciones de las unidades submarinas de la Marina de Guerra del Perú.

Se emplearon diversos métodos y tareas de investigación, y se evaluaron el sistema a desarrollar y las capacidades de los sistemas existentes en el mercado. Además, se analizaron algoritmos de análisis de carga y descarga de baterías de iones de litio, se desarrollaron prototipos de *software* y *hardware*, y se hicieron pruebas en el laboratorio y taller respectivo.

Es importante considerar que se utilizó la carcasa original de la batería de los torpedos

SUT-264 y SST-4, considerando la forma, el peso, el espacio disponible y el centro de gravedad, todo esto definido por el mismo fabricante.

Se adquirieron celdas de iones de litio, que debieron ser analizadas, probadas y sometidas a rigurosos ensayos de capacidades y mediciones. De igual manera, se acondicionaron nuevos set de cables y conectores para altos niveles de corriente y voltaje, se adaptaron componentes de aislamiento óptico para el sistema de monitoreo, y se adecuaron microcontroladores para la implementación del control de voltajes, corrientes y temperaturas para una extrema garantía de seguridad, todo esto bajo las normas y estándares internacionales en el desarrollo de este tipo de proyectos.



Se efectuaron diversas pruebas a fin de determinar que la batería debería entregar mucha energía en un periodo breve y para un vehículo veloz de ataque en corto tiempo. Esto hizo considerar una especial atención en los componentes a emplear.

Resultado

Así, en 2019 la Marina de Guerra del Perú, a través del equipo "Celacanto", conformado por oficiales submarinistas y personal subalterno de la Escuela de Submarinos y de la Estación de Armas submarinas, en convenio con la PYME, desarrolló una batería de iones de litio para el sistema de propulsión del torpedo, una batería para los sistemas electrónicos de cada sección del torpedo, un banco de cargadores específico para esta tecnología, y un sistema de *software* y *hardware* para el análisis de cada celda de la batería.

La batería está constituida por un total 3584 celdas o elementos tipo 18650GA de iones de litio, aplicados con un alto rendimiento en los vehículos "Tesla". Estas celdas agrupadas darán energía al sistema de propulsión del torpedo y otras 160 celdas servirán para los sistemas electrónicos. Todos estos elementos encapsulados en un formato

especial permiten un eficaz y adecuado mantenimiento. Asimismo, se diseñaron 9 cargadores para cada grupo de celdas de ion litio y un sistema de monitoreo de 72 canales para el análisis de voltaje.

Cabe recalcar que se continúa con el proyecto durante este año. Para mejorar las capacidades para esta nueva batería se ha desarrollado un sistema de disparo simulado en tierra con todas las señales, tal y como sucedería con el sistema de control de armas real. Asimismo, se ha implementado un sistema de comunicaciones por filoguía, a fin de controlar datos técnicos y efectuar mediciones de voltaje, temperatura y amperaje en el laboratorio y muelle, por medio de una plataforma móvil para pruebas, que contenga todos los equipos de análisis anteriormente descritos, lo que permite ser ubicado en los diferentes muelles de la Base Naval o en áreas donde se realizarían las pruebas.

Conclusión

La batería con tecnología de ion litio será capaz de solucionar el alto nivel de potencia necesaria para propulsar un torpedo, gracias a su gran capacidad de carga.

Esta batería permitirá agilizar y mejorar el

CUADRO COMPARATIVO DE ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

	BATERÍA DE EJERCICIO PLATA - ZINC	BATERÍA DE EJERCICIO IONES DE LITIO
ACTIVACIÓN	UNA VEZ	VIENE ACTIVADA
DISPAROS	10	MAS DE 100
ALMACENAMIENTO DE GARANTÍA	1 AÑO	14 AÑOS
TIEMPO DE ACTIVACIÓN	LISTA	LISTA
COSTO	1'128,900.00 SOLES	520,000.00 SOLES
CALENTAMIENTO	6 HORAS ANTES	TEMPERATURA AMBIENTE



Desarrollo de un sistema de almacenamiento de energía, con nueva tecnología de baterías de Iones de Litio, acumulando energía a gran escala y alta densidad para torpedos de ejercicio SUT-264 y SST-4 “Celacanto”

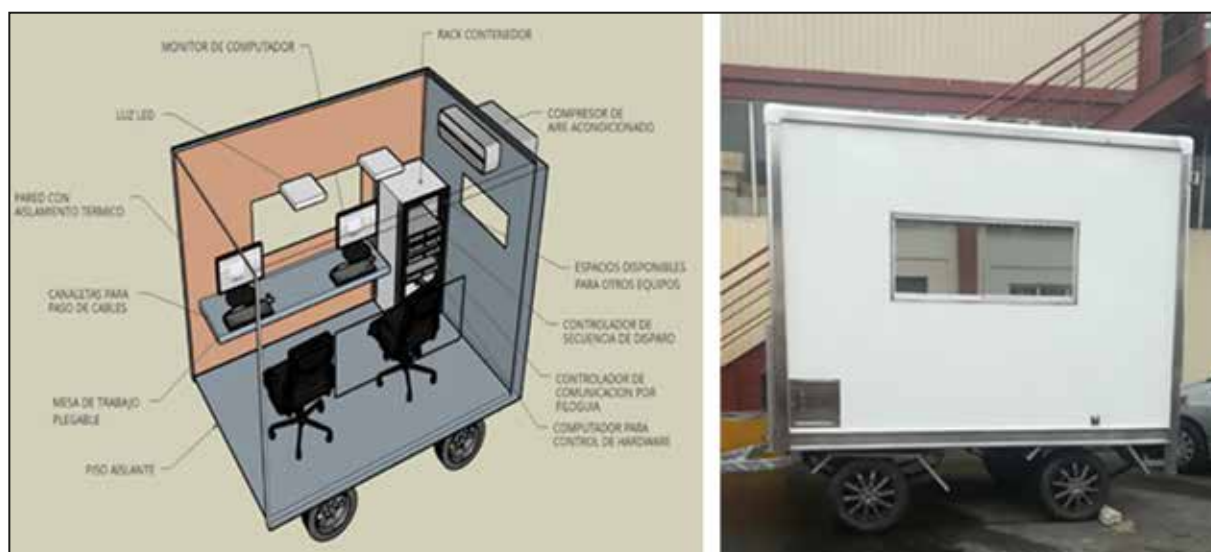
entrenamiento, la competencia profesional y el *expertise* de la dotación de nuestros submarinos.

Esta batería permitirá una solución de bajo costo con un alto impacto con sostenibilidad y mejora continua en el tiempo.

Estos tipos de proyectos de investigación científica y desarrollo tecnológico fomentan la integración de nuestra institución con las PYMES, universidades, instituciones

académicas y con la comunidad científica de nuestro país para el desarrollo de *software* y *hardware* de alta tecnología nacional.

La Marina de Guerra del Perú, a través de la investigación científica y el desarrollo tecnológico, cimienta un puente hacia el futuro, y debe continuar este esfuerzo para hacer que lo mejor de nuestra tecnología acompañe la performance de nuestras unidades navales y aéreas.



Plataforma móvil para pruebas en los muelles.

Bibliografía

- MARINA DE GUERRA DEL PERÚ. *Doctrina y política general de la Marina de Guerra del Perú*. DOPOLMAR-11108. Lima: Marina de Guerra del Perú. 2013.
- MARINA DE GUERRA DEL PERÚ. Proyecto de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico “Celacanto”. Descripción de la presentación. 2018-2019.
- MARINA DE GUERRA DEL PERÚ. *Revista de Marina*. 110 años. Disco 1 (1907-1979) y disco 2 (1980-2017). Lima: Marina de Guerra del Perú. 2018.
- MARINA DE GUERRA DEL PERÚ. *Sitio web*. [Consultado el 9 de octubre de 2020]. Disponible en: www.marina.mil.pe
- MICROSOFT CORPORATION. *Celacanto*. En: Microsoft Encarta. Microsoft. 2009.
- REVISTA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA DEFENSA. Edición 1. Noviembre de 2018.
- SHOPTRONICA. *Sitio web*. [Consultado el 9 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.shoptronica.com>



VISIÓN DE FUTURO DE LOS PROYECTOS DE COMBAT MANAGEMENT SYSTEMS (CMS) EN UNIDADES NAVALES



Visión de futuro de los proyectos de Combat Management Systems (CMS) en Unidades Navales



CAPITÁN DE NAVÍO CÉSAR CHÁVEZ PARODI

Egresado de la Escuela Naval del Perú. Calificado en Guerra de Superficie y Electrónica y Comunicaciones. Ha sido Comandante del BAP *Sánchez Carrión* y del BAP *Almirante Grau*. También se ha desempeñado como Oficial de dotación en la Comandancia General de Operaciones de la Amazonía, la Dirección General de Capitanías y Guardacostas, la Comandancia General de Operaciones del Pacífico, la Jefatura del Estado Mayor General de la Marina y la Secretaría de la Comandancia General de la Marina. Además, ha sido Agregado Adjunto a la Embajada del Perú en Singapur. Se desempeña como Subdirector de la Dirección de Telemática de la Marina.

RESUMEN

El artículo estudia los Sistemas de Gestión de Combate Naval (NCMS) que se emplean en las unidades de superficie y, específicamente, el desarrollo del Proyecto "Varayoc" en la Marina de Guerra del Perú. Asimismo, analiza el creciente avance tecnológico que permite a estos sistemas ser cada vez más autónomos y que no requieran la interacción humana, debido al desarrollo de la inteligencia artificial. Se destaca la importancia de la ciberseguridad en las operaciones navales.

PALABRAS CLAVE

Sistema de Gestión de Combate Naval, guerra antisuperficie, proyecto Varayoc, inteligencia artificial, Tercera Revolución Industrial.

ABSTRACT

This article is referred to Naval Combat Management Systems (NCMS) that are used in warships, specifically, the development of the Peruvian Navy VARAYOC project. Additionally, the increasing technological progress, enhancing the system autonomy and their human non-dependency given the Artificial Intelligence development, highlighting the Cybersecurity importance in Naval Operations.

KEYWORDS

Naval Combat Management System, anti-surface warfare, Varayoc project, artificial intelligence, Third Industrial Revolution.

Introducción

El proceso de identificación de blancos y la toma de decisiones durante una situación de combate, como parte de la evaluación táctica, es de vital importancia para el cumplimiento de la misión de una unidad de superficie, por lo que es indispensable que el comando y control sea asegurado para alcanzar el efecto deseado en la fuerza opositora.

La Doctrina de Operaciones Navales del

Pacífico define al comando como "la autoridad legal que un Comandante ejerce sobre sus subordinados, en virtud del grado o cargo. El comando incluye la autoridad y responsabilidad de utilizar eficazmente los recursos disponibles y de planear, organizar, dirigir, coordinar y controlar el empleo de las fuerzas asignadas para el cumplimiento de la misión"¹.

1. Doctrina de Operaciones del Pacífico de la Marina de Guerra del Perú.



En tal sentido, el comando es la fuerza que coordina y dirige a una organización de tarea para cumplir las tareas asignadas, por lo que involucra un alto nivel de conocimiento y comprensión de la situación.

La doctrina también define el control como la “actividad fundamental del comando, ejercido por el Comandante [...], con el objetivo de verificar el exacto cumplimiento de sus disposiciones [...] Este proceso involucra el delicado balance entre la dirección del Comandante”. Para el caso específico de un buque de guerra, se debe considerar que el control se ejerce sobre sus estaciones de combate, lo cual le permitirá asegurar la correcta ejecución de todas las tareas ordenadas.

El centro de operaciones de combate (COC) de un buque tiene la responsabilidad, dependiendo de la condición de alistamiento establecida, de las tareas de comando y control (C2). Ambos términos vinculados se definen como “el ejercicio de la autoridad y dirección del Comandante

debidamente designado, sobre las fuerzas asignadas para el cumplimiento de la misión”.

El comando es el “cerebro” que dirige los medios o elementos asignados para el cumplimiento de la misión en las operaciones navales. Para apoyar al comando es necesario contar con un sistema que combine las funciones de C2 con los sistemas de armas de una unidad naval y le ayuden a hacer frente a diferentes amenazas. A ello se le denomina Sistema de Gestión de Combate o Combat Management System (CMS), que para fines navales es llamado NCMS y para operaciones terrestres se designa como BCMS (por las siglas de Battle Combat Management System). La figura 1 sintetiza de manera simple el concepto de NCMS. Se pueden apreciar las funciones del C2 y su integración con las armas, así como con los sistemas de comunicaciones que permitirán transmitir la información táctica a las unidades aliadas.

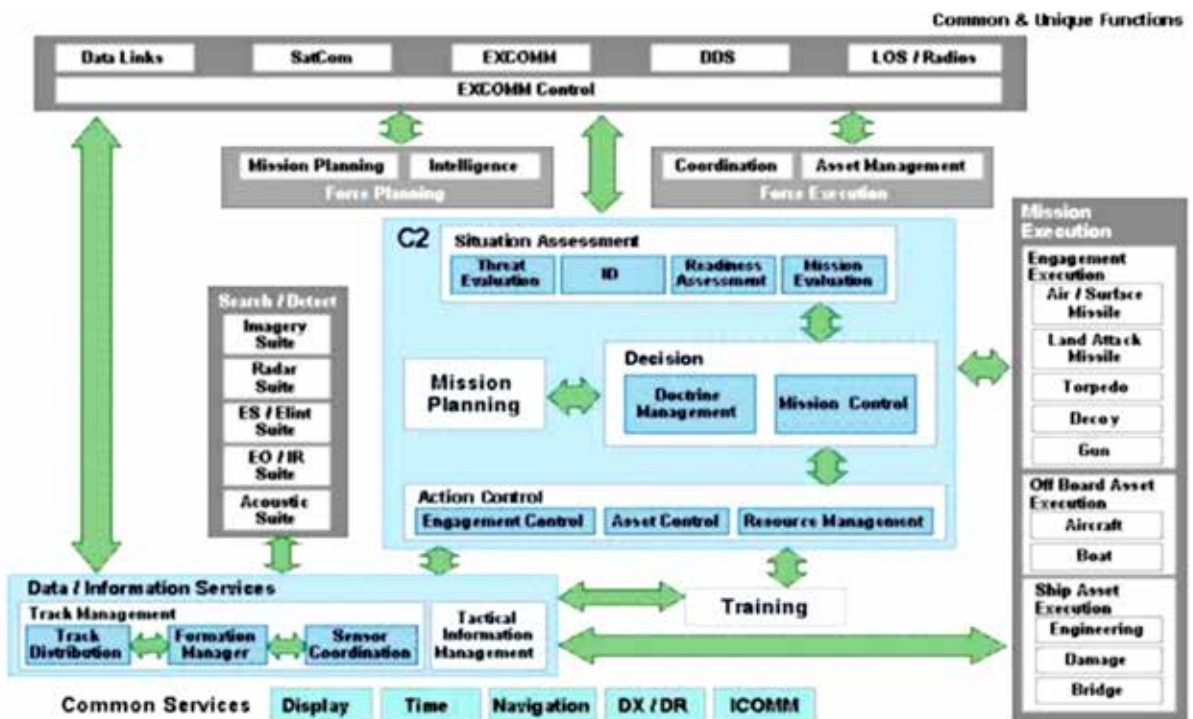


Figura 1. Fuente: CYBERSECURITY COMMUNITY. Sitio web. [Consultado el 8 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://acc.dau.mil/oa>



Visión de futuro de los proyectos de Combat Management Systems (CMS) en Unidades Navales

Evolución tecnológica

El avance tecnológico de los sistemas de gestión de combate, desde mi punto de vista, podría deberse a cuatro factores: la evolución de la amenaza, el proceso de vigilancia, el avance tecnológico de los sistemas de procesamiento de datos, y los sistemas de armas de las unidades navales. En ese sentido, uno de los principales aspectos que han ocasionado que las Armadas del mundo se preocupen en contar con sistemas que permitan una rápida autoprotección es el gran avance tecnológico de las amenazas que enfrenta un buque, especialmente por el avión de combate.

La evolución del avión, como biplano empleado en la Primera Guerra Mundial para tareas de vigilancia y reconocimiento a baja altura, y su mejora para ser utilizado durante la Segunda Guerra Mundial en ataques al enemigo, con una mejor performance al modificarse a monoplano y ser propulsado a turborreacción, es una muestra de su evolución en un corto periodo.

La experiencia de la Posguerra hizo posible que las aeronaves de combate desarrollen una alta movilidad, entendiendo como "alta velocidad y maniobrabilidad" a la mayor autonomía y radio de acción, así como la elevada carga útil, la flexibilidad y la gran capacidad de penetración y destrucción, lo que ha ocasionado que los tiempos de reacción para enfrentarlas sean cada vez más cortos.

Pasar del uso de la artillería de mira abierta, donde el combate era a corta distancia y se requería de eficientes maniobras, al empleo de sistemas de control de tiro y el uso del misil, donde el ataque se realiza a gran distancia sin la necesidad de observar al blanco, es otro factor de suma importancia que hace necesario contar con sistemas de alarma temprana y vigilancia que

permitan detectar, identificar y enganchar al enemigo con la debida anticipación.

El proceso de vigilancia es definido como la "observación sistemática de las áreas marinas superficiales y subterráneas por todos los medios disponibles y practicables, con el propósito de localizar, identificar y determinar los movimientos de buques, submarinos y otros vehículos (amigos y enemigos) procediendo sobre o bajo la superficie de los mares del mundo y océanos"². Esta definición se detalla en la antigua y derogada publicación aliada ATP I (A), volumen I, pero su concepto aún sigue vigente. Así, nos ayuda a esquematizar que las primeras vigilancias eran visuales y que, con el transcurrir de los años, evolucionó a ser realizada desde cualquier tipo de plataforma, sea aérea, submarina, de superficie o satelital, al emplear diferentes medios de detección, como radares, sonares, sistemas de guerra electrónica o equipos electrópticos e infrarrojos, entre otros.

Durante la Posguerra, las armas estaban controladas por computadoras analógicas, servomecanismos y ruedas dentadas. Estos sistemas análogos estaban constituidos por válvulas electrónicas y amplificadores magnéticos, y eran tan voluminosos que ocupaban grandes espacios a bordo de los buques. Este tamaño se redujo significativamente con la revolución electrónica, que ocasionó la miniaturización de los componentes de las unidades que conforman los sistemas de armas y sensores. Esto trajo consigo una fase de inmenso cambio no solo en el diseño de los buques de guerra, sino también en los sensores, el procesamiento de información y los sistemas de armas. La integración y la automatización de sistemas de armas facilitan en la actualidad una rápida respuesta contra amenazas de alta velocidad y bajo perfil de aproximación, como los misiles o los aviones de combate.

2. Instrucciones para maniobras navales aliadas (U) ATP I (A), vol. I.

Los modernos sistemas de procesamiento de datos y de presentación gráfica instalados en los COC han dejado de lado las cartas de papel y los antiguos tableros de ploteo sumarios, geográficos o aéreos, que mostraban y presentaban la situación táctica al Comandante. Hoy en día, la revolución tecnológica, también llamada por Jeremy Rifkin³ como la Tercera Revolución Industrial, ha ocasionado que la tecnología digital cuente con una alta velocidad de procesamiento de información, vinculada a consolas multifunción y computadoras, que presentan y procesan la información en un tiempo muy rápido.

La Marina de Guerra del Perú no fue ajena al avance tecnológico. El final de la década de 1970 nos trajo la incorporación de la primera fragata misilera, el BAP Carvajal, que contaba con el IPN-10, sistema de C2 computarizado que recolectaba, correlacionaba y filtraba la información de los diferentes sensores del buque, con la finalidad de presentar la situación táctica. Contaba con un computador NDC-160.E de 16 bits, que tenía una memoria asociada de 64 K e interfaces analógicas.

El proceso de modernización iniciado en los años 80 al crucero ligero misilero BAP Almirante Grau (antes De Ruyter) nos permitió contar con un sistema con tecnología de punta, llamado Sewaco-Foresee PE CMS⁴, que tenía la capacidad de integrar una gran cantidad de sensores y armas que poseía esa poderosa unidad de combate.

Como se evidencia, el avance tecnológico de los sistemas de combate de los buques de guerra está íntimamente relacionado con el desarrollo de las computadoras.

En un futuro no muy lejano, la inteligencia artificial (IA), que emplea circuitos de aprendizaje neuronal y que es conocida también como "cerebros" artificiales, podrá tomar sus propias decisiones para el mejor empleo de las armas.

Combat Management Systems (CMS)

El término Combat Management Systems (CMS) es un concepto empleado con mucha mayor frecuencia hoy en día, y en algunos casos es confundido con el concepto de C2.

Un CMS combina las funciones de C2 con los sistemas de control de armas de una unidad naval que le permitan enfrentarse a cualquier amenaza, luego de desarrollar todo el proceso de evaluación táctica que ayude al Comandante a tomar la decisión más acertada.

Tratando de llevar esta definición al entorno empresarial, podemos definir al Management System como "la forma en que una organización gestiona las partes interrelacionadas de su negocio para lograr sus objetivos. Estos objetivos pueden relacionarse con una serie de temas diferentes, incluida la calidad del producto o servicio, la eficiencia operativa, el desempeño ambiental, la salud y la seguridad en el lugar de trabajo y muchos más"⁵.

Aplicando esta definición al campo naval podríamos definir al Naval Combat Management System (NCMS) como la forma en que un buque de guerra gestiona sus sensores y armas para ser empleados en una acción naval y así cumplir con la misión encomendada. La misión se desarrollará dentro del entorno naval donde se realizan

3. RIFKIN, Jeremy. *The Third Industrial Revolution: How the Internet, green electricity, and 3-D printing are ushering in a sustainable era of distributed capitalism*. [Consultado el 8 de octubre de 2020]. Disponible en: https://www.huffpost.com/entry/the-third-industrial-revo_1_b_1386430
4. RODRÍGUEZ VIDAL, Carlos. *Crucero Almirante Grau (ex De Ruyter)*. [Consultado el 8 de octubre de 2020]. Disponible en: <http://tecnologia-maritima.blogspot.com/2017/11/crucero-almirante-grau-ex-de-ruyter.html>
5. ISOFOCUS. *Management system standards*. [Consultado el 8 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.iso.org/management-system-standards.html>

Visión de futuro de los proyectos de Combat Management Systems (CMS) en Unidades Navales

diferentes tipos de operaciones en los ámbitos de la guerra antisuperficie, guerra antisubmarina, guerra antiaérea, guerra electrónica, guerra especial, operaciones diferentes a la guerra, entre otras.

El NCMS es un sistema informático que ayuda en el proceso de razonamiento, resolución de problemas y toma de decisiones que un Comandante emplea para gestionar sus recursos. Para ello es necesario enlazar los sensores con las armas mediante un adecuado sistema de C2.

La función del C2 se relaciona con “el ejercicio de autoridad y dirección del Comandante debidamente designado, sobre las fuerzas asignadas para el cumplimiento de la misión”⁶. El NCMS soporta al C2 en gran medida con su software, cuya velocidad de comunicación digital entre sus componentes posibilita al Comandante reducir los ciclos de toma de decisiones y ejecutar un accionar más rápido y preciso ante una amenaza de alta performance.

Origen de la denominación “Varayoc”

El nombre de “Varayoc”, con el cual se ha bautizado al NCMS desarrollado por la Marina de Guerra del Perú, tiene sus orígenes en la lengua quechua. Varayoc era la persona más anciana de una comunidad campesina, quien ejercía su autoridad con firmeza, justicia y equidad, ya que por su experiencia y sabiduría a todos guiaba buscando el bienestar colectivo e individual.

Esta autoridad nace tras la conquista al Imperio incaico y la implantación del Virreinato en el Perú. Los varayocs permitían a los españoles tener un mayor control de los indígenas, además de desempeñar un papel de intermediario entre los patrones y la fuerza de trabajo indígena durante el periodo republicano.

NCMS “Varayoc”

El Proyecto NCMS “Varayoc” fue concebido para reemplazar los sistemas existentes en la Marina de Guerra del Perú con tecnología más moderna, y que además tenía la finalidad de reducir la dependencia tecnológica y logística. El proyecto buscaba proporcionar una integración centralizada de todos los sensores y armas de las unidades navales, especialmente las fragatas misileras, facilitando además la planificación de escenarios, la evaluación de las amenazas modernas y la toma de decisiones del Comandante.

Los principales requerimientos operacionales aprobados por la institución se centraron en la correcta integración del operador con consolas multifunción. De



Figura 2. Varayoc, pintura al óleo de Mariutka Martínez.

6. Doctrina de Guerra Naval de la Marina de Guerra del Perú.



esta forma, se necesitaba que Varayoc permita el análisis de la situación, que proporcione al Comandante la evaluación e identificación de la amenazas y su priorización, y que recomiende el mejor medio para neutralizarla. Además, debía ser de arquitectura abierta, modular, escalable, con redundancia y con la capacidad de grabar eventos para ser producidos posteriormente.

En un sistema de gestión de combate, el C2 constituye su núcleo, y debe estar integrado a los sensores, armas y periféricos para intercambiar información e interactuar entre ellos, así como para realizar tareas que demanden ejecutar el sistema de combate del buque. En ese sentido, con la tecnología desarrollada en "Varayoc" se han integrado los sensores originales de las unidades clase Lupo, así como los sensores y las armas de última generación adquiridos por la institución en los últimos años. "Varayoc" ha sido diseñado para ser escalable tecnológicamente, ya que el personal del equipo desarrollador cuenta con la capacidad para integrar cualquier tipo de sistema de arquitectura abierta, lo cual permitirá modernizar el sistema en forma integral y ampliar su tiempo de vida útil. Además, se tiene la capacidad para adaptar las diversas versiones del sistema CMS a nuevas configuraciones de sistemas de armas y sensores, en nuevas unidades que la institución demande adquirir o construir en el futuro, de tal manera de capitalizar nuestra dependencia técnica, operativa y logística.

Visión a futuro de los NCMS

El avance tecnológico de los sistemas existentes y de las diferentes amenazas hace necesario que los CMS se encuentren en la capacidad de enfrentarlas, ya sea de manera automática o proponiendo toda la

información que requiera el Comandante para la toma de decisiones.

La situación referida a quién tomara la decisión es discutida en los últimos años, y seguramente continuará por algunos más, hasta que se demuestre que la IA aplicada a sistemas de combate o vehículos autónomos no tripulados estén preparados para entrar en combate.

Nos encontramos en un rápido proceso de integración de las operaciones militares con la IA, y, como es bien sabido, las principales potencias militares del mundo invierten en muchos recursos para su desarrollo. La Estrategia de Seguridad Nacional de 2018 de Estados Unidos indica que es necesario "invertir considerablemente en la aplicación militar de la autonomía, la inteligencia artificial y el aprendizaje automático, como también aplicar rápidamente los avances comerciales, para ganar ventajas competitivas militares"⁷.

Actualmente la integración de la IA aún es limitada y no ha variado considerablemente la forma de hacer la guerra, especialmente en el nivel táctico, donde los humanos aún mantienen el control de las operaciones.

Existe una muy alta probabilidad que las futuras guerras sean libradas con sistemas IA. Por lo tanto, debemos estar preparados para aceptar esta nueva tecnología y comenzar a aplicarla a nuestros sistemas. Pero estar preparados no es solo utilizar los sistemas de IA, sino estar preparados para convivir con ellos y tener la confianza de estar dispuestos a dejarlos actuar de manera independiente.

En agosto último, la Fuerza Aérea de Estados Unidos (USAF) realizó ensayos enfrentando a un experimentado piloto del avión de combate F-16 con una computadora llamada Heron Systems AI. El evento fue desarrollado por la Defense Advanced

7. DEPARTMENT OF DEFENSE. *Summary of the 2018 National Defense Strategy of the United States of America*. Washington D. C.: U. S. Government Publishing Office. 2018. [Consultado el 8 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://dod.defense.gov/Portals/1/Documents/pubs/2018-National-Defense-Strategy-Summary.pdf>



Visión de futuro de los proyectos de Combat Management Systems (CMS) en Unidades Navales

Research Projects Agency (DARPA). Como resultado el piloto fue derrotado en cinco oportunidades y él no ganó ni una vez. Esta es una clara prueba de lo que la IA puede hacer, basándose en sistemas de aprendizaje por refuerzo: “vuelan y combaten en simuladores y entornos virtuales una y otra vez y van mejorando sus habilidades”⁸. Esta misma capacidad será aplicada en los sistemas de gestión de combate, donde el NCMS tendrá la autonomía de tomar decisiones para el mejor empleo del arma y lograr el cumplimiento de las tareas que se le asignen a un buque de guerra, sin participación humana.

Actualmente, los NCMS tienen la funcionalidad de gestión de la amenaza, la cual evalúa, identifica y clasifica los contactos detectados por los sensores de la unidad, y está en la capacidad, de ser predispuesta, de batir al blanco de manera totalmente automática.

Otra consideración a tener en cuenta es el empleo de vehículos no tripulados, sean aéreos, de superficie o submarinos, los cuales pueden operar de manera autónoma mediante sistemas de IA o dirigidos por humanos desde sus estaciones de control. Para su empleo se vienen evaluando diferentes tácticas de aproximación y ataque, entre los que se encuentra el denominado “ataque de enjambre”, donde los drones están organizados autónomamente e interconectados entre sí, buscando saturar los sistemas de armas de su blanco. El empleo bélico de estos nuevos vehículos inteligentes y de bajo costo podría en un futuro muy cercano revolucionar los conflictos armados.

El escenario antes descrito nos ayuda a determinar que la sofisticación de estas nuevas amenazas hará necesario que

la evaluación y la toma de decisiones se realicen en el menor tiempo posible. Considero que la gran cantidad y velocidad de flujo de información que será intercambiada no podrá ser procesada de manera eficiente por los humanos, por lo que será necesaria nuestra dependencia hacia la computadora. Los modernos NCMS facilitarán que este proceso se logre con la menor intervención humana posible. El único aspecto en el que la intervención humana podría seguir presente será en las funciones de comando y secuenciación de las fases del combate, que en un futuro será cada vez menor.

La infraestructura es otro factor de importancia en un futuro próximo. Mantener la arquitectura abierta continuará permitiendo al NCMS hacerlo más adaptable y más adecuado para ser empleado en diferentes tipos de embarcaciones, lógicamente, modificando su configuración, de acuerdo con los sistemas de combate y requisitos operativos que demande cada Armada, con algunos módulos específicos para trabajar con unidades particulares.

La arquitectura abierta buscará reducir, cada vez más, los costos de desarrollo y de mantenimiento, así como disminuir la dependencia de equipos de cómputo especializados y reemplazarlos por equipos comerciales, pero que deberán mantener la robustez de un estándar militar (MIL-STD) de sus componentes. Además, se podrá implementar nuevas tecnologías y mejorar las capacidades de los buques, asegurándose el tiempo de respuesta ante la rápida evolución de las amenazas.

Un área que es sumamente importante en la era digital es la ciberseguridad. La empresa Thales, en un artículo⁹ presentado

8. ACOSTA, Carlos. Inteligencia artificial vence a piloto en combate simulado. [Consultado el 8 de octubre de 2020]. 21 de agosto de 2020. Disponible en: <https://mail.nitro.pe/tecnologia/inteligencia-artificial-vence-a-piloto-en-combate-simulado.html>

9. THALES. Digital technologies and cybersecurity in naval applications. [Consultado el 8 de octubre de 2020]. 10 de noviembre de 2019. Disponible en: <https://www.thalesgroup.com/en/germany/magazine/digital-technologies-and-cybersecurity-naval-applications>



en su magacín mensual de noviembre de 2019, analizó la importancia de las tecnologías digitales y la ciberseguridad en sus aplicaciones navales. El texto explica que “los ataques de piratas informáticos contra la infraestructura a bordo de los buques de guerra [...] ocurren con regularidad, a menudo incluso sin ser detectados. Las Armadas y sus tripulaciones se enfrentan a una nueva dimensión de amenazas silenciosas e híbridas, de las que nunca se habían dado cuenta”. Asimismo, detalla que “algunos de los sistemas de un buque pueden ser atacados directamente, otros a través de sus sistemas de gestión de combate. En tiempos de digitalización generalizada y redes, un aspecto particularmente importante en la seguridad y que juega un papel cada vez más importante para los buques, incluidos los submarinos, es la ciberseguridad”.

Ante esta amenaza es primordial evitar que los intrusos accedan a nuestra red y se conecten a los sensores y sistemas de control. La comunicación privada a través de internet, que emplea teléfonos inteligentes o dispositivos de memoria portátiles, debe estar completamente aislada de la infraestructura de comunicación de la unidad para evitar ataques, como correos contaminados o llaves USB manipuladas. Se deberá contar con medios de protección que detecten cualquier vulnerabilidad

del sistema y que permitan una rápida corrección.

La figura 3 detalla los posibles vectores de ataque que ha determinado Thales en su artículo y que ayudarán a priorizar los principales factores de riesgo que deberán tomarse en cuenta para proteger a los sistemas de gestión de combate.

Conclusión

Estamos llegando a un punto en el cual la tecnología militar es capaz de hacer mucho más de lo hace el Comandante y su COC. Es importante analizar y evaluar todas las formas de interacción humano-computadora, determinando lo más conveniente para nuestro accionar en las operaciones navales.

Los sistemas de gestión de combate permiten al Comandante y a su equipo contar con una imagen de la situación táctica para que, mediante un adecuado comando y control, empleen sus armas para enfrentar a una o varias amenazas. Estas amenazas evolucionan tecnológicamente de manera rápida y en muchos casos operan de manera autónoma, sin asistencia humana, actuando en microsegundos o nanosegundos. Para contrarrestar su rapidez, es importante que los NCMS tengan la capacidad de gestionarlas automáticamente mediante el adecuado empleo de los sensores y el intercambio de



Figura 2. Varayoc, pintura al óleo de Mariutka Martínez.

Visión de futuro de los proyectos de Combat Management Systems (CMS) en Unidades Navales

información entre unidades. Sin embargo, debemos evaluar si tendremos, en un futuro próximo, el potencial de delegar la responsabilidad del empleo del arma a una computadora. ¿Los CMS podrán hacer lo que nosotros queremos, sin errores y sin ser hackeados?

Para concluir este artículo cito una frase sobre IA en los sistemas militares y

específicamente en los sistemas de gestión de combate: "La inteligencia artificial podría automatizar y optimizar muchos procesos de guerra, pero sus algoritmos son increíblemente fáciles de engañar para que vean cosas que no existen y viceversa. Cualquiera que aprenda a confundir los sistemas de sus rivales obtendría una gran ventaja"¹⁰.

Bibliografía

- ACOSTA, Carlos. Inteligencia artificial vence a piloto en combate simulado. [Consultado el 8 de octubre de 2020]. 21 de agosto de 2020. Disponible en: <https://mail.nitro.pe/tecnologia/inteligencia-artificial-vence-a-piloto-en-combate-simulado.html>
- CYBERSECURITY COMMUNITY. Sitio web. [Consultado el 8 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://acc.dau.mil/oa>
- DEPARTMENT OF DEFENSE. Summary of the 2018 National Defense Strategy of the United States of America. Washington D. C.: U. S. Government Publishing Office. 2018. [Consultado el 8 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://dod.defense.gov/Portals/1/Documents/pubs/2018-National-Defense-Strategy-Summary.pdf>
- ISOFOCUS. Management system standards. [Consultado el 8 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.iso.org/management-system-standards.html>
- MARINA DE GUERRA DEL PERÚ. Doctrina de guerra naval. Lima: Marina de Guerra del Perú. 2012.
- MARINA DE GUERRA DEL PERÚ. Doctrina de operaciones del Pacífico. Lima: Marina de Guerra del Perú. 2014.
- MARINA DE GUERRA DEL PERÚ. Instrucciones para maniobras navales aliadas (U) ATP I (A), vol. I.
- KNIGHT, Will. La paradoja de la IA militar: un arma peligrosa que nadie debe obviar (traducido por Ana Milutinovic). 10 de noviembre de 2019. [Consultado el 8 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.technologyreview.es/s/11563/la-paradoja-de-la-ia-militar-un-arma-peligrosa-que-nadie-debe-obviar>
- RIFKIN, Jeremy. The Third Industrial Revolution: How the Internet, green electricity, and 3-D printing are ushering in a sustainable era of distributed capitalism. [Consultado el 8 de octubre de 2020]. Disponible en: https://www.huffpost.com/entry/the-third-industrial-revo_1_b_1386430
- RODRÍGUEZ VIDAL, Carlos. Crucero Almirante Grau (ex De Ruyter). [Consultado el 8 de octubre de 2020]. Disponible en: <http://tecnologia-maritima.blogspot.com/2017/11/crucero-almirante-grau-ex-de-ruyter.html>
- THALES. Digital technologies and cybersecurity in naval applications. [Consultado el 8 de octubre de 2020]. 10 de noviembre de 2019. Disponible en: <https://www.thalesgroup.com/en/germany/magazine/digital-technologies-and-cybersecurity-naval-applications>

10. KNIGHT, Will. La paradoja de la IA militar: un arma peligrosa que nadie debe obviar (traducido por Ana Milutinovic). 10 de noviembre de 2019. Consultado el 8 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.technologyreview.es/s/11563/la-paradoja-de-la-ia-militar-un-arma-peligrosa-que-nadie-debe-obviar>



El Sistema Integrado de Combate Kallpa, producto de la investigación, el desarrollo y la innovación (I+D+I) de la Marina de Guerra del Perú

El Sistema Integrado de Combate Kallpa, producto de la investigación, el desarrollo y la innovación (I+D+I) de la Marina de Guerra del Perú



CAPITÁN DE NAVÍO SALOMÓN MIGUEL MORÁN PEÑAFIEL

Es Licenciado en Ciencias Marinas, calificado como Oficial Submarinista en 1996. Cuenta con más de 15 años de servicio en la Fuerza de Submarinos, dos de ellos como comandante del BAP Angamos (SS-31). En los tres últimos años se desarrolló como Jefe del Proyecto de Inversión "Mejoramiento de las capacidades submarinas en el teatro de operaciones marítimas". Se ha desempeñado también como Jefe de la Escuela de Submarinos, Secretario Académico de la Escuela Naval del Perú, y Jefe de Inteligencia y Relaciones Públicas en la Primera Zona Naval. Actualmente es Agregado de Defensa Adjunto y Naval a la Embajada del Perú en la República de Colombia.

RESUMEN

La gran diferencia en el desarrollo humano existente entre los países del primer mundo y los países en vías de desarrollo es que los primeros han impulsado el desarrollo tecnológico y, con ello, la transformación de las materias primas en productos elaborados. Además, generan equipos y sistemas debido a la investigación, el desarrollo y la innovación (I+D+I), impulsados por el propio Estado, que genera y promueve esta cultura en la industria pública y privada, lo que, a su vez, motiva un gran impulso en la educación y el conocimiento de su población.

Estos equipos y sistemas son vendidos a los países que no los fabrican a altos costos, y esto genera una dependencia tecnológica que favorece al fabricante. Las Fuerzas Armadas no son ajenas a estas dificultades. En el Perú mantenemos un alto grado de dependencia en los diferentes equipos y sistemas existentes.

La globalización ha generado la apertura del comercio, los mercados, la información, etc. Por eso, en la actualidad la tecnología está a la mano y lo que nos queda es generar política de I+D+I, a fin de disminuir esa dependencia en la que estamos inmersos. En la Marina de Guerra del Perú, específicamente en la Fuerza de Submarinos, estos esfuerzos de conocimiento han llevado a mejorar sus capacidades operativas.

Un caso puntual, producto de la I+D+I, desarrollado en la Fuerza de Submarinos, es el Sistema Integrado de Combate Kallpa, de fabricación nacional, que desde 2012 ha disminuido la dependencia tecnológica gracias a las alianzas con empresas privada y el profesionalismo del personal naval.

PALABRAS CLAVE

Investigación, desarrollo e innovación (I+D+I), Fuerza de Submarinos, independencia tecnológica, actualizaciones tecnológicas.

ABSTRACT

The great difference in the existent human development between First world countries and developing countries is that the first mentioned have encouraged the technological research, and with that the transformation of the raw materials into manufactured products, Besides of generating equipment and systems as a result of the research development and innovation (I+D+I), which is triggered by the own State that generates and promotes this culture in the public and private industry; moreover, this generates a great thrust in the education and knowledge of its people.

This equipment and systems are the most sold to countries that do not manufacture them due to high costs, for which it generates a technological dependency that favors the manufacturer. The Armed Forces are not unaware of these difficulties, this is why in the case of Peru, we keep a high degree of dependency of different existent equipment and systems.

The globalization has generated the opening of trade, of markets, of information, etc., this is why nowadays the technology is at hand and what is left to us is to generate policies for the development of research and innovation (I+D+I) that enable us to diminish this dependency in which we are submerged. In the case of the Peruvian Navy and specifically that of the Submarine Force, these efforts of knowledge imply the improvement of its Operational Capacities.

A specific case, the product of Research, Development and Innovation (R+D+I), developed in the Submarine Force, is the KALLPA Integrated Combat System, a national manufacturing system, which has allowed since 2012 to reduce technological dependence thanks to the alliances with private companies and the professionalism of the Naval personnel.

KEYWORDS

Research, development and innovation (I + D + I), Submarine Force, technological independence, technological updates.

La generación del conocimiento, producto de la innovación, favorece considerablemente el conseguir un liderazgo internacional en función del producto obtenido, además de ser la base del progreso económico y bienestar social, que es el objetivo primordial del cualquier Estado democrático. Por esta razón, los países no deben ser ajenos a la inversión en innovación y desarrollo científico, ya que los resultados, básicamente cuantitativos, permitirán en el mediano y largo plazo afrontar los nuevos desafíos internacionales y la respectiva transferencia en los diferentes sectores productivos.

De acuerdo con el Plan de Investigación Científica, Técnica y de Innovación del Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España, la orientación que debe tener un Estado responsable con las actividades de I+D+I nos permiten dar respuesta a los retos globales de la sociedad en general. Ello implica la realización coordinada de las actuaciones de I+D+I en torno a los siguientes retos: (1) salud, cambio demográfico y bienestar; (2) seguridad y calidad alimentaria; actividad agraria productiva y sostenible, sostenibilidad recursos naturales, investigación marina y marítima; (3) energía segura, eficiente y limpia; (4) transporte sostenible, inteligente e integrado; (5) acción de cambio climático y eficiencia en la utilización de recursos y materias primas; (6) cambios e innovaciones sociales; (7) economía y sociedad digital; y (8) seguridad, protección y defensa¹.

En su artículo "El I+D+I y el observatorio tecnológico de defensa" (2014), Riola Rodríguez explica que para introducir el

estado actual de la I+D+I de defensa, se debe resaltar que, durante la mayor parte del siglo pasado, los diferentes ministerios de Defensa, en especial el de Estados Unidos, por medio de sus adquisiciones y del I+D, fueron promotores y generadores de muchas de las tecnologías de base hoy presentes. Así, en los últimos 100 años, es fácil observar que la necesidad de capacitación tecnológica para hacer frente a los conflictos bélicos del pasado siglo XX fue fuente de numerosas transferencias tecnológicas a la sociedad civil. Ejemplos de estas transferencias son el radar, el sonar, la energía nuclear, las tecnologías aeroespaciales, el microondas, la transmisión por ordenador, la fibra óptica, etc.².

De esta manera, el entorno tecnológico estaba liderado por el sector de defensa, y las necesidades de adaptación a nuevos entornos tecnológicos se motivaban por la superación o anulación de los sistemas tecnológicos de defensa de otros países. Esta tendencia se mantuvo hasta la década de 1970 como consecuencia de los elevados presupuestos de I+D en los ministerios de Defensa occidentales. Esta realidad se transformó durante las últimas tres décadas del siglo XX, a raíz de los cambios en los contextos social y tecnológico-industrial. Esta transferencia disminuyó hacia la sociedad civil, con exitosas excepciones como el GPS e internet, y se complementó con la transferencia en sentido contrario, de civil hacia defensa, fruto de los importantes desarrollos en las áreas de electrónica y tecnologías de la información. Ya en los años 90, con el fin de la Guerra Fría, los presupuestos de I+D de defensa comenzaron a disminuir, y fueron cada vez más escasas

1. MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD DEL GOBIERNO DE ESPAÑA. Plan estatal de investigación. 20 de junio de 2016. Madrid: Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España. [Consultado el 5 de octubre de 2020]. Disponible en http://www.idi.mineco.gob.es/stfls/MICINN/Investigacion/FICHEROS/Plan_Estatal_Inves_cientifica_tecnica_innovacion.pdf
2. RIOLA RODRÍGUEZ, José María. El I+D+I y el Observatorio Tecnológico de Defensa. 2014. [Consultado el 5 de octubre de 2020]. Disponible en <http://arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/article/view/Article/1903/2125>



El Sistema Integrado de Combate Kallpa, producto de la investigación, el desarrollo y la innovación (I+D+I) de la Marina de Guerra del Perú



Figura. 2. Niveles de operaciones militares (Tolk, 2012).

las transferencias tecnológicas hacia el mundo civil. En cambio, en sentido contrario, numerosas tecnologías desarrolladas en el mundo civil inundan los sistemas, desarrollos, adaptaciones y aplicaciones hacia la defensa.

No cabe duda de la necesidad de adaptación a un entorno cada vez más tecnológico, ya que los ministerios de Defensa son por naturaleza grandes consumidores de tecnología, por lo que es necesario fortalecer mecanismos para la incorporación del conocimiento científico-tecnológico en sus sistemas, lo que significa desarrollar sinergias entre aplicaciones de seguridad civiles y militares.

Estos medios alternativos pueden orientarse a fomentar diferentes proyectos de I+D+I nacionales, los cuales deben mejorar los costos en su implementación, además de buscar incrementar la independencia tecnológica, que en nuestra institución ya empezamos a tener. La tecnología en las diferentes etapas de la historia ha sido manejada y dominada por unos pocos países, que impulsaron y protegieron adecuadamente sus industrias militares privadas, mientras estas negociaban la

venta de plataformas y armas a países como el nuestro, que no contamos con este privilegio tecnológico. Además, no solo era la venta militar, sino la logística requerida para su funcionamiento y mantenimiento en el tiempo. De esta manera, los repuestos solo podían ser vendidos por el fabricante, ya que no se tenía la experiencia ni el conocimiento de la tecnología usada en los diferentes equipos y sistemas originales.

La Marina de Guerra del Perú, ya desde 1965, viene impulsando la investigación científica y el desarrollo de la institución, por lo que estableció la Oficina de Investigación y Desarrollo (OID) como un organismo asesor del Ministerio de Marina. En la actualidad se cuenta con la Dirección de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, creada el 1 de enero de 2020, la cual impulsa la innovación tecnológica de interés de la institución.

En el caso particular de la Fuerza de Submarinos, viene desarrollando interesantes proyectos que buscan no solo reducir costos, independencia tecnológica, incrementar las capacidades operativas, sino también que tengan la capacidad y flexibilidad de aceptar, dentro de su ingeniería,



La Marina de Guerra del Perú, ya desde 1965, viene impulsando la investigación científica y el desarrollo de la institución.

diferentes actualizaciones tecnológicas, ya que si los convertimos en productos cerrados, tendremos en el corto plazo su obsolescencia, por lo que considerar que la tecnología varía de manera vertiginosa. Por eso, estos sistemas y equipos producto de la I+D+I tienen que permitir actualizaciones tecnológicas permanentes. Esto conlleva a estar a la vanguardia en las nuevas tecnologías y mantener una capacitación y actualización en el campo de la tecnología de manera permanente para nuestro personal.

La Fuerza de Submarinos ha desarrollado e implementado un laboratorio de I+D+I en las instalaciones de la Escuela de Submarinos. De esta manera se impulsa esta iniciativa, que es la manera más económica y rápida, sin perder la eficiencia y la flexibilidad requeridas, para implementar en las unidades submarinas los diferentes proyectos, muchos

de ellos en proceso de implementación a bordo y otros en diseño, para mejorar la calidad de las capacidades operativas con una menor inversión.

La Fuerza de Submarinos no es ajena a los objetivos institucionales. De manera decidida, desde 2012 amplía diversos proyectos basados en el concepto de I+D+I. Uno de estos proyectos emblemáticos es el Sistema Integrado de Combate Kallpa (cuyo significado en quechua es "poder"), bautizado con este nombre en 2014.

El Sistema Integrado de Combate Kallpa es un sistema de gestión de combate de fabricación nacional. Consta de seis consolas multifunción, *hardware* de procesamiento de sonar, una red de datos y un sistema de distribución de estos, un sistema de control modular para torpedos, una mesa de comando y control, entre otros. Este sistema



El Sistema Integrado de Combate Kallpa, producto de la investigación, el desarrollo y la innovación (I+D+I) de la Marina de Guerra del Perú



Figura 5. Estación de control en tierra, fragata misilera y submarino.

ya ha sido probado en la mar y es parte del Proyecto de Inversión "Mejoramiento de las capacidades submarinas en el teatro de operaciones marítimos". El sistema tiene la flexibilidad de interoperar con equipos periféricos de última generación, como

periscopios, radares, GPS, antenas de comunicaciones, sonares de flanco, etc.

El sistema garantiza la compatibilidad en la integración de nuevos equipos electrónicos, debido a que el sistema de comunicación



La Escuela de Submarinos cuenta con una serie de simuladores, como de trimado, interruptores, achique, control de averías y tablero de snorkel, y con un Simulador del Sistema Integrado de Combate Kallpa.

se basa principalmente en una red Ethernet, lo que hace posible integrar nuevos equipos que tengan este tipo de interfaz de comunicaciones.

El Sistema Integrado de Combate Kallpa ha pasado por rigurosas pruebas de robustez y capacidades necesarias, para que el usuario final no tenga dificultades en su operación. Por ese motivo, la capacitación y la instrucción en el uso y mantenimiento preventivo y predictivo del sistema se realizan en forma permanente.

En la actualidad los fabricantes de componentes han logrado mejorar su desempeño y tamaño. En un espacio más reducido se tienen ahora las mismas o mejores prestaciones que un equipo fabricado en

décadas pasadas. Es el caso de Kallpa, cuyos componentes pueden ser reemplazados por otros con mejores prestaciones en velocidad de procesamiento, consumo de energía, tamaño y precio.

Tenemos que resaltar que la Escuela de Submarinos cuenta con una serie de simuladores, como de trimado, interruptores, achique, control de averías y tablero de snorkel, y con un Simulador del Sistema Integrado de Combate Kallpa. Este último permite a los Team de Ataque de las unidades submarinas mantenerse entrenados antes de realizar operaciones en la mar. Asimismo, facilita la instrucción de los alumnos teóricos y prácticos, ya que el mantiene las mismas capacidades de los sistemas de combate instalados a bordo.



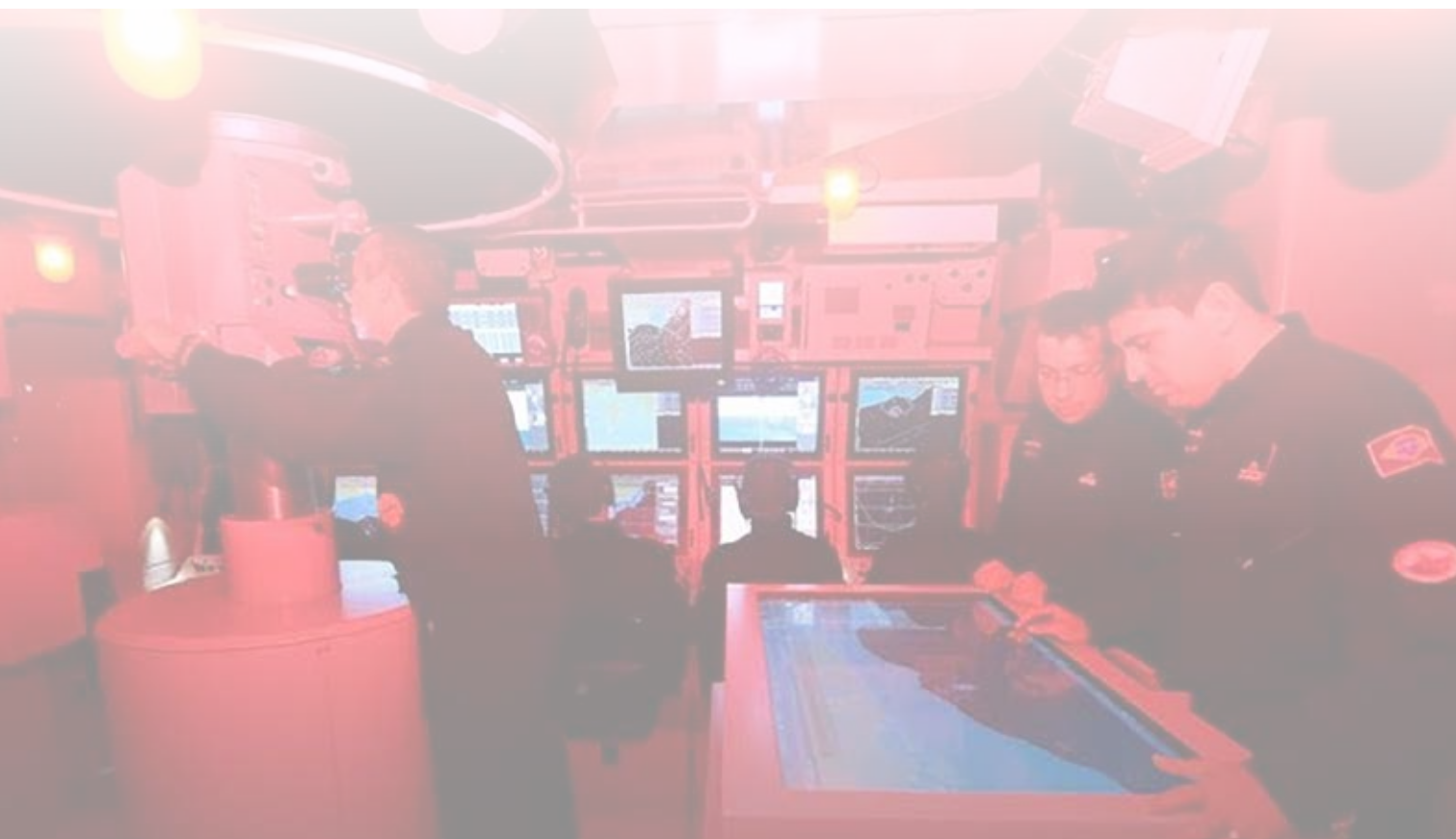
El Sistema Integrado de Combate Kallpa ha pasado por rigurosas pruebas de robustez y capacidades.



El Sistema Integrado de Combate Kallpa, producto de la investigación, el desarrollo y la innovación (I+D+I) de la Marina de Guerra del Perú

Bibliografía

- MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD DEL GOBIERNO DE ESPAÑA. Plan estatal de investigación. 20 de junio de 2016. Madrid: Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España. [Consultado el 5 de octubre de 2020]. Disponible en http://www.idi.mineco.gob.es/stfs/MICINN/Investigacion/FICHEROS/Plan_Estatal_Inves_cientifica_tecnica_innovacion.pdf
- RIOLA RODRÍGUEZ, José María. El I+D+I y el Observatorio Tecnológico de Defensa. 2014. [Consultado el 5 de octubre de 2020]. Disponible en <http://arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/article/viewArticle/1903/2125>





**Futuras capacidades
para sonares.
Experiencia en el
intercambio tecnológico
con Marinas amigas**





Futuras capacidades para sonares. Experiencia en el intercambio tecnológico con Marinas amigas



CAPITÁN DE CORBETA CÉSAR RICARDO ARANGÜENA DELAUDE

Se graduó como Alférez de Fragata de la Escuela Naval del Perú en 2002. Es calificado en Submarinos e Ingeniería Electrónica con título de Segunda Especialidad de la Universidad Ricardo Palma, Ingeniero Mecánico-Eléctrico de la Universidad de Piura, y Maestro en Ciencias de la Electrónica con Mención en Control y Automatización de la Universidad Nacional del Callao. Docente de Armas Submarinas en la Escuela de Especialización Profesional de Oficiales de la Marina y de Acústica Submarina en el Instituto de Educación Superior Tecnológico Público Naval. Ha sido dotación de varias unidades submarinas. Fue Segundo Comandante y posteriormente Comandante de la Estación de Armas Submarinas. Se desempeña como Jefe del Departamento de Electrotecnia de la Dirección de Alistamiento Naval.

RESUMEN

El artículo trata sobre la experiencia y conocimientos recibidos en el tema del diseño y la construcción de un sonar de profundidad variable desarrollado por el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Armada de México.

PALABRAS CLAVE

Sonar de profundidad variable, transductor, hidrófono, electrónica del sonar.

ABSTRACT

This present article it's about the experience and knowledge received in the design and construction of a Variable Depth Sonar developed by the Center for Research and Technological Development of the Mexican Navy.

KEYWORDS

Variable Depth Sonar, Transducer, Hydrophone, Sonar Electronics.

Introducción

Con Resolución Ministerial 0912-2019 del 24 de julio de 2019, el Ministerio de Defensa aprobó nuestro viaje en comisión de servicio a la ciudad de Veracruz (México), del 31 de julio al 29 de noviembre de 2019, con la finalidad de intercambiar tecnología, experiencias y conocimientos con el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Armada de México (INIDETAM), así como recibir la capacitación e información

respecto al desarrollo del proyecto de sonar de profundidad variable llevado a cabo en su área de acústica subacuática.

El sonar¹ (acrónimo de Sound Navigation and Ranging), cuya traducción corresponde a “navegación y rango de sonido”, se puede interpretar como el correcto empleo de la propagación del sonido para la navegación, comunicación o detección de cualquier contacto bajo el mar.

1. Real Academia Española. Sonar. 2020. [Consultado el 5 de octubre de 2020]. Disponible en <https://dle.rae.es/sonar>



El término *sonar* automáticamente nos hace pensar en un equipo empleado para emitir y recibir señales acústicas bajo el mar, conformado por una pantalla donde se muestran las señales acústicas transformadas en señales eléctricas, lo cual permite al operador evaluar y conocer el objeto que se encuentra bajo el mar.

El sonar puede ser pasivo o activo. El sonar activo está conformado por sensores llamados *transductores*, cuya característica principal es que pueden transformar la energía eléctrica en acústica y viceversa. Por lo tanto, es capaz de transmitir una señal y escuchar su retorno debido al fenómeno ondulatorio de la reflexión, similar al comportamiento de un radar. En cambio, el sonar pasivo tiene como sensores o elementos sensibles al hidrófono, que solo pueden transformar la energía acústica en eléctrica y se emplean para estar únicamente en modo de escucha.

El sonar de profundidad variable², conocido también como VDS (siglas de Variable Depth Sonar), se define como un sonar cuya característica particular es la de ser una plataforma estanca y resistente a la presión del mar a la cual será sometida al descenderla, desde una plataforma de superficie, hasta una profundidad óptima requerida. En su interior están instalados todos los componentes activos y pasivos que permitan la mejor propagación del sonido en el mar y la detección de un contacto bajo el mar.

Desarrollo

Este viaje fue una experiencia extraordinaria y me permitió enriquecerme de todos los conocimientos relacionados con el ámbito de la acústica submarina. Conocí

a profundidad temas que en mis cursos de submarinos y electrónica solo había estudiado de forma teórica, como los conceptos generales de sus componentes, su empleo, su correcto funcionamiento y el uso adecuado para el mayor provecho en nuestras unidades navales. Me adentré más en los conocimientos sobre el sonar de profundidad variable y conocí al detalle la forma en que se diseñan y construyen los componentes que intervienen en un sonar: los sensores acústicos, la electrónica pasiva y activa, así como la estructura hidrodinámica de dichos elementos. Fue un conocimiento enriquecedor el que pudiera por primera vez alcanzar este nivel conceptual que solo tienen las grandes industrias desarrolladoras de sonares en el mercado internacional.

El primer día el personal del INIDETAM programó una visita protocolar para reconocer sus instalaciones. Conocí las diferentes áreas de desarrollo del centro, como acústica subacuática, radares, armamento, sistemas de comunicaciones, ciencias computacionales, electrónica y control, sistemas no tripulados, ciberespacio, mecatrónica, física y óptica, entre otros.

Luego de apreciar todos los proyectos de desarrollo que se llevan a cabo en el INIDETAM, me instalé en el laboratorio de acústica subacuática, donde se ha construido el tanque hidroacústico (piscina anecoica), que es empleado como un medio acústico, en condiciones ideales, para efectuar las pruebas y calibraciones a los transductores e hidrófonos, con el propósito de obtener la mejor performance de estos sensores. Las dimensiones de este tanque son de 9 metros de largo, 4,5 metros de ancho y 4,5 metros de profundidad. En este lugar se dio inicio a la grandiosa

2. Real Academia de Ingeniería. Sonar de profundidad variable. 2020. [Consultado el 5 de octubre de 2020]. Disponible en <http://diccionario.raing.es/es/lema/sonar-de-profundidad-variable>



Futuras capacidades para sonares. Experiencia en el intercambio tecnológico con Marinas amigas



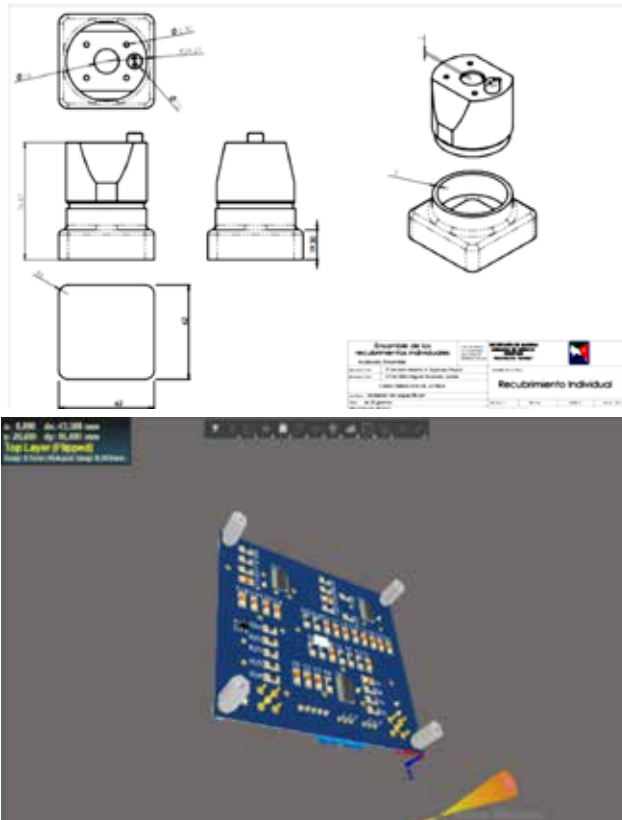
Area de acústica subacuática.

aventura del mundo de las señales acústicas subacuáticas, con personal con más de seis años de experiencia en el ámbito de desarrollo de proyectos subacuáticos: sonar pasivo portátil, sonar pasivo flotante o sonoboya pasiva, sonar activo flotante o sonoboya activa, y sonar de profundidad variable.

El área de acústica subacuática está conformada por subáreas, cuyas puertas estuvieron abiertas permanentemente, brindando todas las facilidades y accesos a los conocimientos necesarios para realizar la electrónica y los sensores empleados en el sonar de profundidad variable desarrollado por ellos. En la subárea de acústica se manufacturan los sensores acústicos y se obtienen los transductores para la parte

activa y los hidrófonos para la parte pasiva del sonar de profundidad variable. En la mecánica se diseña y ensambla la estructura hidrodinámica, y en el laboratorio de electrónica se desarrollan todos los cálculos, los modelamientos y la manufactura correspondientes a los circuitos electrónicos que se emplean para la parte activa y pasiva del sonar. Finalmente, en la subárea de procesamiento de señales se desarrollan los softwares para la presentación de las señales digitales obtenidas.

En estas subáreas se recibieron las diferentes capacitaciones que tuvieron el propósito de conseguir, al final de la estadía en el INIDETAM, el desarrollo de una tarjeta electrónica para la parte pasiva del sonar y la creación de nuestros propios sensores. Estos



Analizador de impedancias.

sensores fueron el transductor, que permite enviar la señal acústica, y el hidrófono, que permite recibirla. Asimismo, tuvimos los conocimientos teóricos básicos del diseño de la parte activa del sonar de profundidad variable, los cuales estuvieron en todo momento respaldados y monitoreados por el Comandante General de la Marina, Almirante Fernando Cerdán Ruiz.

Estas capacitaciones se dividieron en dos temas: diseño de los sensores acústicos y diseño de la tarjeta electrónica para el modo pasivo del sonar (es decir, para captar la señal acústica recibida por una emisión en el agua).

Con respecto al conocimiento de la parte electrónica y acústica, se recibieron clases

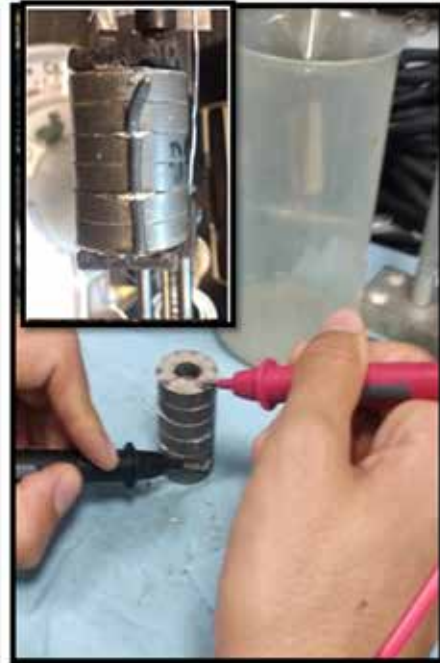


con temas novedosos y con un nivel de exigencia alto, a la manera de un curso intensivo que aprovechaba al máximo el tiempo en el INIDETAM. Se le puso mucha fuerza y ganas para captar y sacarle el máximo provecho a todos los conocimientos que brindaron nuestros amigos de la Armada de México, con la visión de traer esa información a nuestra gloriosa Marina de Guerra del Perú y proponer su desarrollo en nuestro país.

En relación con los temas llevados, corresponden a la reciprocidad y antirreciprocidad electroacústica y su representación matemática mediante ecuaciones canónicas, teoría en temas de transducción electroacústica, diseño electrónico de etapas de amplificación y



Futuras capacidades para sonares. Experiencia en el intercambio tecnológico con Marinas amigas



Empleo de instrumentos de medición.

acondicionamiento de señales para sonares pasivos, diseño de los sistemas eléctricos de acondicionamiento y amplificación de señales de sonares pasivos con *software* de electrónica Altium®, capacitación en modelado y diseño mecánico de moldes para componentes de transductores como piezas cerámicas, prototipos, entre otros, utilizando el *software* Solidworks®.

En paralelo a las clases teóricas venía la parte práctica, a fin de plasmar toda la información en sus diferentes laboratorios. Adquirimos los conocimientos y las destrezas en la caracterización de material piezocerámico, empleando el analizador de impedancias, el conocimiento en el diseño de tarjetas electrónicas de preamplificación y amplificación, la caracterización física y la respuesta electroacústica de materiales cerámicos piezoeléctricos. Posteriormente se realizó el encapsulado de los piezocerámicos de un transductor

flextensional con poliuretano desarrollado por el INDETAM, así como el empleo de los diferentes instrumentos de medición y herramientas requeridas para llevar a cabo los distintos procesos en la confección de los sensores y tarjetas electrónicas. Conocimos todas las medidas de seguridad necesarias en la manipulación de los diferentes materiales y equipos.

También hubo momentos de recreación y camaradería con nuestros amigos de la Armada de México, que permitieron estrechar los lazos de confraternidad. Así, participamos en eventos formales como la ceremonia de Graduación de los Alféreces de la Heroica Escuela Naval de México, presidida por la Doctora Beatriz Gutiérrez Muller, esposa del Presidente de los Estados Unidos Mexicanos, así como la ceremonia por el Día de la Marina de Guerra del Perú en la Ciudad de México, presidida por el Señor Embajador del Perú en ese país, Julio Garro



Gálvez, y el Agregado Naval a la Embajada del Perú, Capitán de Navío Luis García-Milla Ugarriza, que culminó con un brindis en la residencia del embajador peruano. Otras actividades fueron la ceremonia y el brindis de felicitación a los ascendidos al grado inmediato superior de la Armada de México, que forman parte del INIDETAM, la cena bailable de confraternidad de la Armada de México por el día del grito de independencia, entre otras.

Resultado

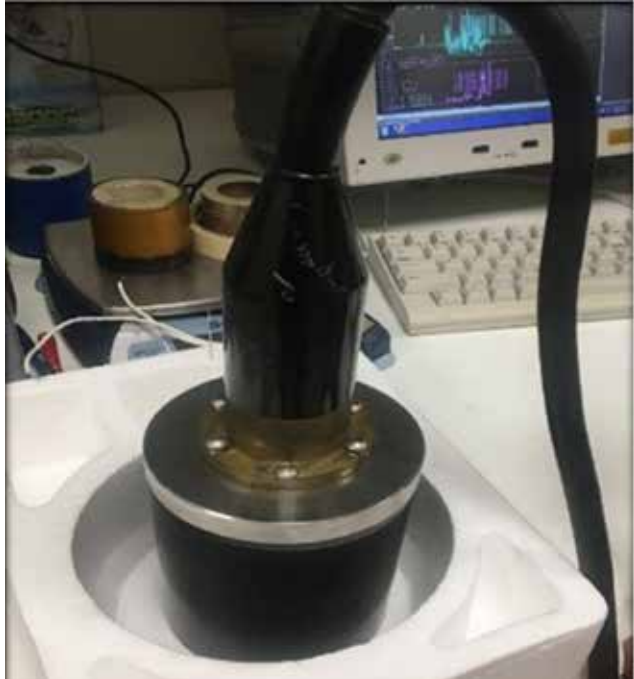
Al finalizar la etapa teórica y práctica se obtuvo el diseño, el modelado, los planos y la construcción de una tarjeta electrónica para la parte pasiva del sonar, así como dos transductores activos tipo Tonpitz y un hidrófono pasivo cilíndrico, gracias al empleo de las piezas y componentes

en stock del INIDETAM, como cerámicas, resinas, accesorios para conexión, tapas, moldes aislantes, herramientas, pegamento epóxico, entre otros.

Se obtuvieron los conocimientos de caracterización, apilado, armado y ensamble de un transductor activo tipo Tonpitz, utilizando una mezcla de poliuretano acústicamente transparente, hasta lograr respuestas de resonancia en el rango de frecuencia de los 10 kHz, así como de un segundo transductor activo tipo Tonpitz, al que se le hizo un tratamiento a las piezas del ensamble con resina epóxica y cubrimiento con pegamento negro y ámbar, y se alcanzó un caracterizado a la misma frecuencia de resonancia de 10 kHz. Las pruebas realizadas para conocer la frecuencia de resonancia de operación fueron en seco, con apoyo de



Futuras capacidades para sonares. Experiencia en el intercambio tecnológico con Marinas amigas



Hidrófono cilíndrico.

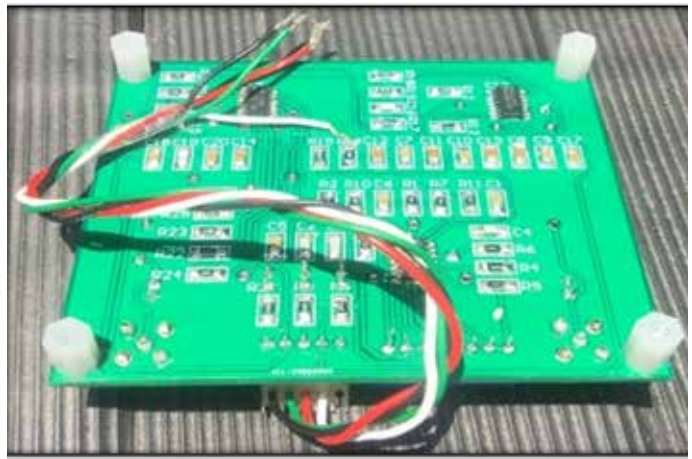


los componentes electrónicos; se verificaron las señales y respuestas en el osciloscopio, y se obtuvieron resultados satisfactorios.

Se realizó la caracterización y el armado del ensamble de un hidrófono cilíndrico a una frecuencia de resonancia de 40 kHz.

Se encapsuló con resina acústicamente transparente y se logró un caracterizado luego del encapsulado con frecuencia de resonancia de 30 kHz.

Se desarrolló una tarjeta electrónica pasiva con el conocimiento de las seis etapas



Tarjeta electrónica pasiva.



para procesar la señal captada: acoplo de impedancia hidrófono-electrónica, ganancia manual con potenciómetro, filtro pasa alta de orden 4, filtro pasa bajo de orden 4, acoplo de impedancia (filtro offset) con sumador de offset y, finalmente, protección de voltaje.

Como logro final, se realizaron las pruebas de funcionamiento en conjunto de la tarjeta electrónica de la parte pasiva, así como del transductor y del hidrófono, diseñados durante la comisión, con apoyo de los componentes y el arreglo de tarjetas electrónicas de la parte activa con que cuenta el INIDETAM. Se lograron resultados

favorables en el funcionamiento de todo lo construido.

Si bien, debido a la limitaciones del tiempo de duración de la comisión, no se pudo realizar la parte electrónica activa del sonar, se dio a conocer el proceso indicado para generar y transmitir una señal a la frecuencia de resonancia a la que se confeccionan los sensores piezocerámicos. Este proceso consiste en los conocimientos del filtro M (de corriente alterna), el rectificador de corriente alterna a continua, el variador de potencia (voltaje), el inversor de corriente continua a alterna en onda cuadrada, el conversor de señal cuadrada a senoidal y, por último, el



transformador (elevador de voltaje y aislador como protector del transductor). Al final de la comisión, se recibió toda la información escrita correspondiente al desarrollo de su prototipo de sonar de profundidad variable.

Conclusión

La comisión del servicio fue satisfactoria. Se ganó conocimiento en el estudio, el análisis y la fabricación de los traductores e hidrófonos, así como en la electrónica para la detección pasiva y activa.

Hoy está en proceso de implementación el laboratorio de acústica en las instalaciones de la Dirección de Investigación Científica y Tecnológica de la Marina de Guerra del Perú, a cargo del Contralmirante Ricardo Lanatta Forger. Al término de la implementación, se iniciará el proyecto de diseño y construcción de un sonar de profundidad variable, con las mismas características que el del INIDETAM,

con apoyo del personal de la Armada de México.

El desarrollo de este proyecto ofrecerá las siguientes ventajas:

El laboratorio: capacidad de desarrollar nuestros propios sensores acústicos, de efectuar las caracterizaciones e inspecciones a los distintos sensores con los que cuenta la Marina de Guerra del Perú, y de desarrollar nuestras tarjetas electrónicas.

Logros a la Marina de Guerra del Perú: experiencia en desarrollo de sonares, no obtenidas aún en Sudamérica, base para el desarrollo a futuro de sonares de casco. De igual forma, experiencia para dotar a las unidades de superficie de una capacidad para la guerra antisubmarina, y del costo del desarrollo del primer prototipo y capacitación del personal por debajo del costo de adquisición.



Bibliografía

- Real Academia de Ingeniería. Sonar de profundidad variable. 2020. [Consultado el 5 de octubre de 2020]. Disponible en <http://diccionario.raing.es/es/lema/sonar-de-profundidad-variable>
- Real Academia Española. Sonar. 2020. [Consultado el 5 de octubre de 2020]. Disponible en <https://dle.rae.es/sonar>



INNOVACIÓN DEL COMANDO Y CONTROL



Innovación del comando y control



TENIENTE PRIMERO MARCO EMILIO CALDERÓN BARSALLO

Es Licenciado en Ciencias Marítimas e Ingeniero Industrial con Mención en Logística. Calificado en Ingeniería de Sistemas, refrendados por el Diplomado de Tecnologías de la Información de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Se ha desempeñado como Jefe de la División de Control de Averías del Departamento de Ingeniería del BAP Mariátegui, Jefe de la División de Comando y Control del Departamento de Operaciones y del Departamento de Operaciones de DIRTEL, Jefe del Negociado de Comunicaciones de la Comandancia General de Operaciones del Pacífico, Jefe de la Oficina de Soporte Informático del Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas, y Jefe de los Negociados de Sistemas de Comando y Control y Guerra Electrónica de la Sección de Comando y Control de la Comandancia General de Operaciones del Pacífico.

RESUMEN

“Comando y control” nos puede sonar como un término ya conocido, pero para muchos aún es complicado de entender. Este artículo busca dar a conocer su importancia en el teatro operacional de la toma de decisiones, y lo fundamental que es invertir en investigación y desarrollo para la Marina de Guerra del Perú.

PALABRAS CLAVE

Comando y control, investigación y desarrollo, teatro operacional, tecnología, comunicaciones.

ABSTRACT

“Command and Control” can seem familiar as an already known term to us. However, for many it is still complicated to understand, with the article it is sought to make known its importance in the theater of operations for decision making; and how essential it is to invest in Research and Development for the Peruvian Navy.

KEYWORDS

Command and control, research and development, theater of operations, technology, communications

El comando y control ha estado presente en la ciencia o arte militar desde las batallas antiguas. Por ejemplo, en los enfrentamientos que limitaban a que un grupo de personas ejerza el comando auditivo mediante tambores o cuernos, o el control visual del campo de batalla. O también como la autoridad ejercida por Alejandro Magno, que utilizaba oficiales de confianza para hacían las veces de su voz y sus ojos, a fin de extender el mando y control de su ejército. Estos casos relevantes, y muchos más, ayudaron al desarrollo de estrategias militares que lograron avances en la Roma

antigua, donde los emperadores utilizaban oficiales veteranos y con experiencia en la conducción de batallas como asesores militares, los que hoy en día vendrían a ser elementos de cómputo que elaboran estrategias, predicciones, planes, etc.

Con la invención de las armas de fuego, el campo de batalla se extendió en dimensiones espaciales, temporales y de información. Todo ello modificó la concepción de comando y control, y estableció un esquema jerárquico en el organigrama de mando.

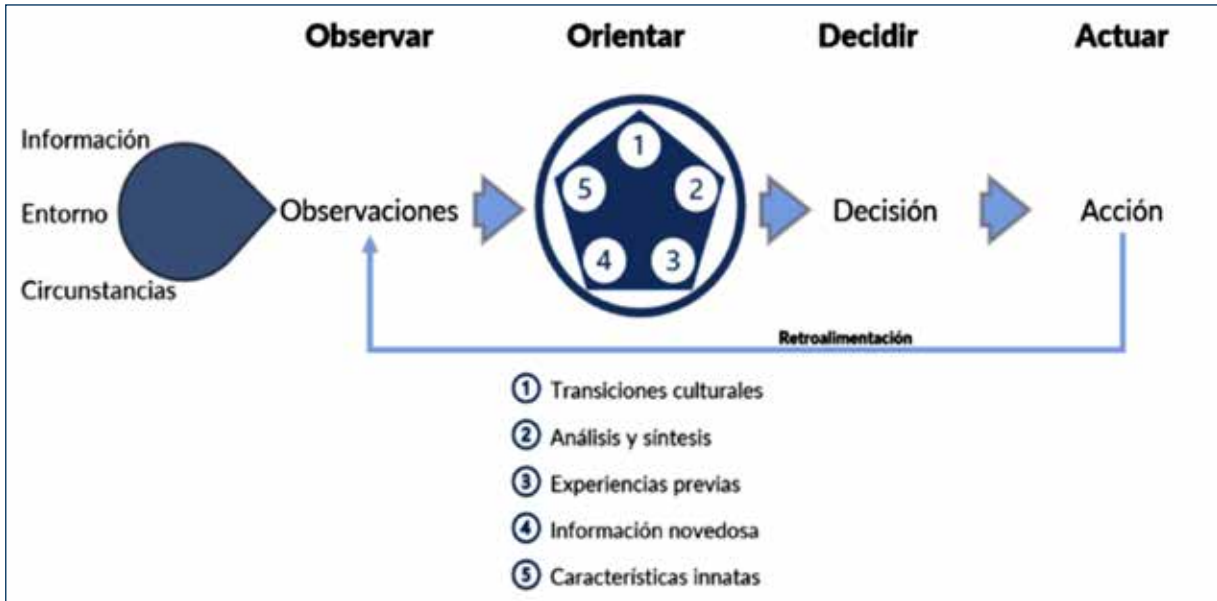


Figura 1. Situational awareness.

Entre los siglos XIX y XX, los avances tecnológicos en las comunicaciones, logística y armamento impactaron profundamente en la conciencia situacional (situational awareness) del comando, al momento de tomar una decisión importante. Así, convertían a los medios de comunicación en una herramienta fundamental para el desarrollo del comando y control, puesto que la transmisión de órdenes entre los diferentes niveles de comando se fue dinamizando.

Durante la batalla de Inglaterra, el uso del entonces naciente radar (del acrónimo inglés radio detection and ranging) permitió la detección de las aeronaves alemanas en el aire. La difusión de las mencionadas detecciones era realizada mediante reportes de voz, lo que no solo era lento, sino también impreciso. Con el paso del tiempo, los aviones volaban más rápido y

la capacidad de difundir la información prontamente se convirtió en una necesidad.

Bajo esta línea, la trayectoria y evolución del comando y control exigió contar con una plataforma cartográfica soportada por los medios de comunicación disponibles, en la que se pudo visualizar en tiempo real el desarrollo de las operaciones y facilitar el proceso de toma de decisiones de los Comandos Tácticos y Operacionales, tal como se muestra en la siguiente ilustración¹.

Para entender en qué consiste un Sistema de Comando y Control (C2) es necesario tener en cuenta dos aspectos: el comando, definido como la capacidad otorgada para disponer órdenes de acción a un subordinado; y el control, entendido como la capacidad de verificar el cumplimiento de dichas órdenes. De esta forma, un C2 es un conjunto de elementos que, organizados entre sí, permiten colectar,

1. Pérez Llopis, Israel. *Arquitectura de un sistema CAISR para pequeñas unidades* [tesis doctoral]. Universitat Politècnica de València. [Consultado el 20 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/6067>

Innovación del comando y control



analizar y diseminar la información para entender y evaluar la situación de un teatro de operaciones. Esto permite al comando la toma de decisiones, el planeamiento del curso de las operaciones, la asignación y ejecución de las órdenes, para luego apreciar, adaptarse y aprovechar sus cambios, evolución y monitorear la ejecución de las operaciones y evaluar los resultados.

Si se orienta el concepto del comando y control al área de comunicaciones e informática, se abarca tanto a los procesos, procedimientos y aspectos cognitivos de organización, así como a los sistemas que permiten llevar a cabo una misión, determinando de manera fundamental los aspectos técnicos. Su evolución ha ido a la par con los avances tecnológicos: desde los albores de la humanidad hasta nuestros días, de forma que dichos avances condicionan nuevas maneras de enfocar los sistemas de comando y control y los procedimientos asociados. Con ello se logra que las necesidades presentadas

generen nuevas soluciones en los ámbitos tecnológicos relacionados. Por ello, con el fin de satisfacer estas necesidades se han desarrollado los sistemas tecnológicos como los C4ISR (Comando, Control, Comunicaciones, Computación, Inteligencia, Vigilancia y Reconocimiento). Estos sistemas engloban un amplio número de arquitecturas, sistemas informáticos y de comunicaciones, con el objetivo principal de transmitir información crucial y relevante en el momento oportuno.

En este sentido, en la década de 1990 la Marina de Guerra del Perú apostó por la búsqueda de una Imagen Operacional Común (IOC) en múltiples plataformas, que permitiera la visualización en tiempo real de las operaciones de todo el teatro de operación en una sola pantalla, con la finalidad de satisfacer las necesidades operacionales de comando y control en el Teatro Operacional Marítimo (TOMA). Así, se realizó el esfuerzo institucional de adquirir sistemas de fabricación extranjera, concebidos para cumplir funciones de



intercambio de información táctica entre las Unidades Navales dentro de un área de operaciones específica, que posteriormente fue reemplazado progresivamente por un sistema con desarrollo institucional. El año 2009 fue el punto de partida para el análisis de su diseño, aprovechando las nuevas tecnologías de desarrollo que permitirían incrementar sus capacidades durante el tiempo.

Asimismo, el proyecto de desarrollo fue liderado por el Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas. Se llevó a cabo considerando la participación y colaboración de las tres Instituciones Armadas para el ejercicio del comando y control desde el nivel estratégico hasta el táctico, analizando los diferentes requerimientos funcionales en los diferentes teatros de operación.

El alcance final de este sistema era el de consolidarse como un C4ISR, soportado sobre una plataforma de comunicaciones multibanda, con intercambio de información entre el nivel estratégico, operacional y táctico; el cual, al integrar los diferentes sensores y sistemas de gestión de combate de las unidades subordinadas, brindaría, en tiempo real, una Imagen Operacional Común (IOC) de los acontecimientos que se susciten en el teatro de operaciones.

Se logró la primera versión a inicios de 2010. El sistema C4I institucional incluyó la evolución de los diversos sistemas adquiridos o desarrollados por la institución, considerando tecnologías y nuevas herramientas para asegurar su escalabilidad y robustez, para hacerlo un software multiplataforma que permita el incremento de nuevos requerimientos operacionales a lo largo de los años y así su constante evolución.

Se consiguió implementar funcionalidades de intercambio de información como

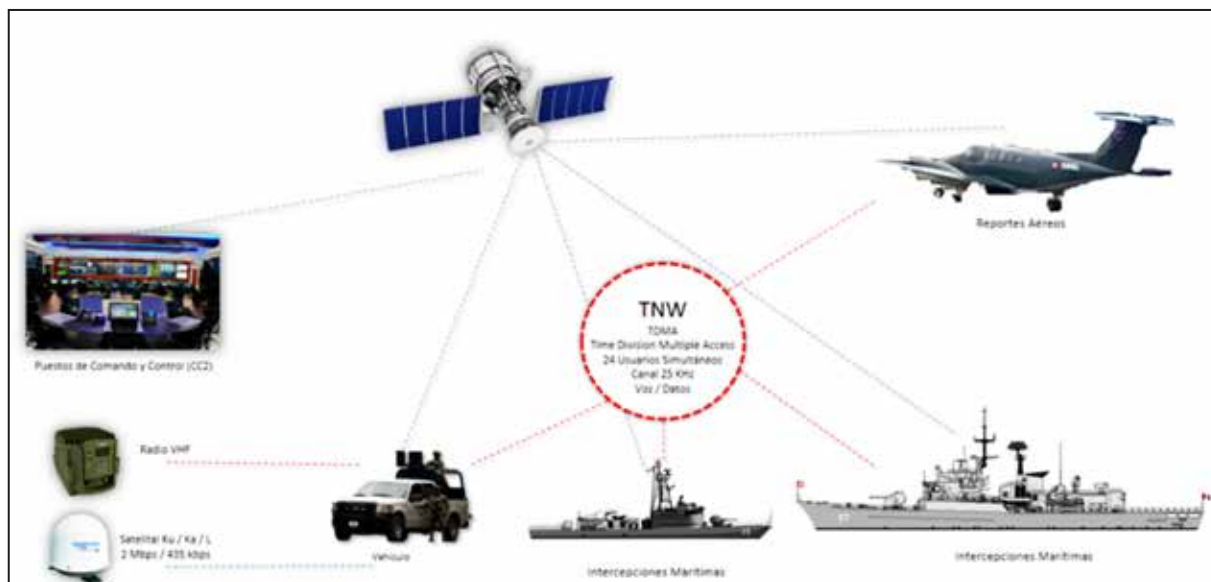
contactos y trazas con un tiempo de refrescamiento aceptable para las operaciones, empleando equipos radiales en las gamas HF (High Frequency), VHF (Very High Frequency), UHF (Ultra High Frequency) y enlaces de comunicación satelital por medio de las WAN (Wide Area Network) y redes satelitales. Se interoperativizó con los Sistemas de Gestión de Combate (CMS) adquiridos o desarrollados por la institución, con la finalidad de intercambiar contactos para la designación de sus armas o retransmitirlos a otra unidad de combate para realizar su evaluación correspondiente.

Asimismo, permitió la recepción y presentación gráfica de la información táctica proveniente de los Sistemas de Gestión de Combate (CMS) por medio de los diferentes sensores como radares, Sistemas de Posicionamiento Global y Sistemas de Identificación Automática (AIS). Se clasificó dicha información bajo el estándar MIL-2525C (Norma OTAN).

Una de las herramientas para el ejercicio del comando y control táctico en un teatro de operaciones específico es el Sistema de Enlace de Datos, cuya característica principal es la facultad de operación simultánea de hasta cuatro redes discretas, que forman una gran red que utiliza sistemas de radio diferentes y en la que cada participante puede comunicarse con otra red logrando la interoperabilidad y optimizando el intercambio bidireccional de datos específicos. Esta información es crucial para diversas funcionalidades tácticas, como el empleo de las armas con mayor precisión.

Actualmente, las diferentes Armadas de la región apuestan por el desarrollo propio orientado al ámbito de comando y control, y realizan esfuerzos para contar con un Sistema de Enlace de Datos (Data Link) resistente a ataques electromagnéticos,

Innovación del comando y control



con alcance mayor a la línea de vista, aprovechando el desarrollo de las tecnologías de la información.

La Marina de Guerra del Perú también ha destinado recursos económicos y humanos para permitir escalar al siguiente peldaño de la innovación tecnológica, orientado al comando y control. Así, se contará próximamente con un Sistema de Enlace de Datos Táctico con desarrollo propietario y que obtendrá una visión global del entorno operacional, de las fuerzas y medios desplegados en tiempo real. Por ello, su empleo no se limitará a operaciones militares, sino que también podrá ser utilizado en acciones de ayuda humanitaria ante la ocurrencia de siniestros. De este modo, se hará una evaluación oportuna y adecuada de la situación real,

a fin de tomar decisiones acertadas desde un puesto de comando.

La importancia de invertir en investigación y desarrollo para la institución toma más relevancia en los últimos años, ya que nos permite tener independencia tecnológica, reducir significativamente los costos de adquisición, realizar el mantenimiento de los sistemas por cuenta propia, gestionar mejor el proceso logístico y brindar una mejor seguridad de la información.

En mi opinión, y en base a las buenas prácticas que establece la gestión de proyectos, se debe realizar una correcta evaluación de costo y beneficio de los sistemas que generen un mayor impacto en la institución, pero de baja complejidad, determinando cuándo es necesario adquirirlo y cuándo desarrollarlo.

Bibliografía

- Pérez Llopis, Israel. *Arquitectura de un sistema CAISR para pequeñas unidades* [tesis doctoral]. Universitat Politècnica de València. [Consultado el 20 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/6067>

PUBLICIDAD

PUBLICIDAD



La Marina de todos los peruanos

**Av. Insurgentes s/n (Cdra. 36 Av. La Marina)
La Perla, Callao
Telf.: 207 8900 anexo 2356
www.marina.mil.pe**

