

# La Gestión del Cambio en Buques Navales de alta complejidad basado en el Soporte Logístico Integrado

## Resumen

La Armada Nacional y COTECMAR, vienen realizando un proceso de implementación de metodologías de gestión y desarrollo de herramientas computacionales para atender requerimientos de información necesarios dentro del Soporte Logístico Integrado debido a que la industria artillera debe proveer información actualizada, pertinente y consistente al diseño, construcción y operación de sus productos, que facilite el soporte postventa de Buques. Estudiando la gestión de la configuración esta se entiende como el proceso que asegura la correcta identificación de las diferentes configuraciones de un producto, el control de cambios, el registro de implementación de los cambios para características físicas y funcionales para un sistema, producto, equipos y componentes, ya que a lo largo de su ciclo de vida los buques navales pueden ir variando sus características físicas, funcionales y de desempeño, la corporación al brindar soporte postventa debe ir más allá de la garantía, incluyendo la proyección de reparaciones y las actualizaciones tecnológicas mediante la transformación del flujo de información para la gestión de requerimientos del cliente, que permita una programación de reparaciones y actualización mediante la adecuada gestión de la documentación que se genera durante el diseño y construcción de la unidad, conservando así su configuración, optimizando su disponibilidad y el cumplimiento de las misiones para las cuales fue diseñada.

El proceso de gestión de la configuración radica en la trazabilidad de las decisiones y las modificaciones en el diseño, planteando así 5 actividades principales las cuales responden a las necesidades de COTECMAR. La Primera actividad debe ser plantear un plan de gestión de la configuración el cual será la guía durante todo el proceso, segundo debe ser la

identificación de la configuración, tercero control de la configuración, cuarto estado de la configuración, y por ultimo auditorías de la configuración.

**Palabras clave:** Soporte Logístico Integrado, Gestión de la Configuración, Gestión de cambios, Ingeniería Logística, Astillero 4.0, Industria 4.0, Ingeniería de sistemas, Sistemas Militares.

**Abstract:** The National Navy and COTECMAR, have been carrying out a process of implementation of management methodologies and development of computational tools to meet information requirements needed within the Integrated Logistic Support because the artillery industry must provide updated, relevant and consistent information to the design, construction and operation of its products, which facilitates the after-sales support of ships. Configuration management is understood as the process that ensures the correct identification of the different configurations of a product, the change control, the record of implementation of changes for physical and functional characteristics for a system, product, equipment and components, since throughout their life cycle naval vessels may vary their physical, functional and performance characteristics, the corporation must go beyond the warranty when providing after-sales support, including the projection of repairs and technological upgrades through the transformation of the information flow for the management of customer requirements, allowing a repair and upgrade schedule through the proper management of the documentation generated during the design and construction of the unit, thus preserving its configuration, optimizing its availability and the fulfillment of the missions for which it was designed.

The configuration management process is based on the traceability of decisions and modifications in the design, thus proposing 5 main activities which respond to the needs of COTECMAR. The first activity should be to establish a configuration management plan which will be the guide throughout the process, the second should be the identification of the configuration, third configuration control, fourth configuration status, and finally configuration audits.

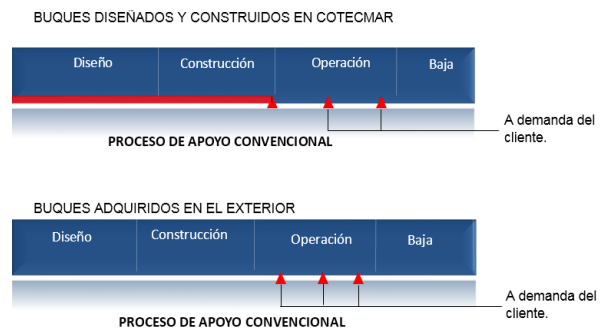
**Keywords:** Integrated Logistics Support, Configuration Management, Change Management, Logistics Engineering, Shipyard 4.0, Industry 4.0, Systems Engineering, Military Systems.

## INTRODUCCIÓN

La industria astillero a través de la Gestión de Cambios debe proveer información actualizada, pertinente y consistente al diseño, construcción y operación de sus productos, que facilite el soporte postventa de estos (buques), y este último (servicio postventa) debe ir más allá de la garantía, incluyendo la proyección de reparaciones y las actualizaciones tecnológicas mediante la transformación del flujo de información para la gestión de requerimientos del cliente, que permita una programación de reparaciones y actualización mediante la adecuada gestión de la documentación que se genera durante el diseño y construcción de la unidad, conservando así su configuración, optimizando su disponibilidad y el cumplimiento de las misiones para las cuales fue diseñada.

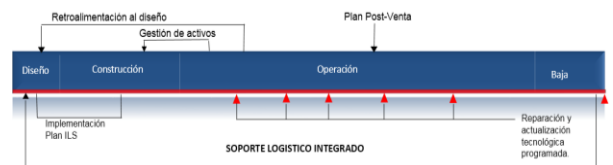
Tomando como base lo descrito anteriormente, se muestra a continuación en la figura 1 y figura 2 el diagrama del proceso de apoyo logístico actual y futuro que se debería aplicar en COTECMAR basado en la Gestión de Cambios.

Figura 1. Proceso de Soporte Logístico actual en COTECMAR.



Fuente: Autores.

Figura 2. Proceso de Soporte Logístico Integrado futuro en COTECMAR.



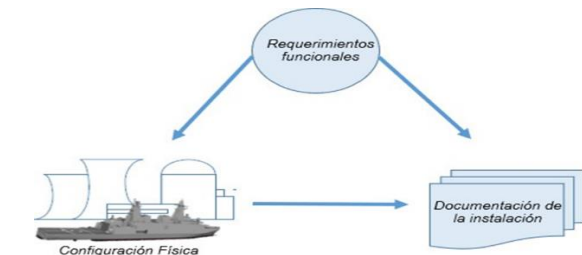
Fuente: Autores.

La proyección o propuesta del proceso de soporte logístico se fundamenta en aquellas fases del ciclo de vida de los sistemas con mayor impacto económico, como se puede observar en la figura 3 una gran parte del costo de ciclo de vida proyectado para un determinado sistema es consecuencia de las decisiones tomadas durante la fase de planificación y la fase de diseños conceptuales del sistema. Las decisiones correspondientes a los requisitos operativos, aplicaciones tecnológicas y políticas de mantenimiento y soporte, asignación de actividades de mantenimiento, selección de materiales, concepto sobre nivel de reparación, etc., tienen un gran impacto sobre el costo total del ciclo de vida del producto. Así, mientras se intentan reducir los costos iniciales de un proyecto, muchas de las decisiones del diseño y la gestión que se toman en estas fases y pueden tener efectos catastróficos a largo plazo.

La Gestión de la Configuración establece la base de datos y el flujo de información para el desarrollo de los demás elementos y actúa a lo largo del ciclo de vida del programa como proceso articulador para los demás elementos.

Los esfuerzos realizados por la Gestión de la configuración permiten auditar y mantener la trazabilidad de las decisiones y modificaciones de diseño. En la figura 4 se establece la relación entre la gestión de configuración, requisitos funcionales y la documentación. [2]

Figura 4. Relación básica Gestión de la Configuración

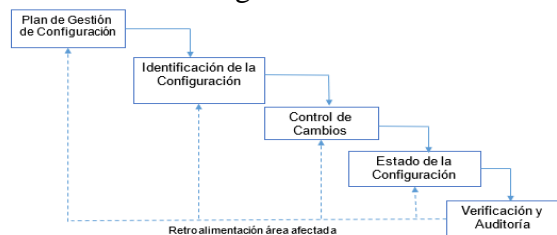


Fuente: Autores

### METODOLOGÍA

La Gestión de la Configuración se entiende como el proceso que asegura la correcta identificación de las diferentes configuraciones de un producto, el control de cambios, el registro de implementación de los cambios para características físicas y funcionales para un sistema, producto, equipos y componentes. El esfuerzo de la gestión de la configuración radica en la trazabilidad de las decisiones y las modificaciones en el diseño. Esta metodología responde a las necesidades de gestión de cambios de la corporación y decide adoptarse dentro de sus procesos. La propuesta final del proceso se compone de cinco actividades principales como se muestra en la figura 5.

Figura 5. Estructura de diseño del proceso de Gestión de la Configuración.

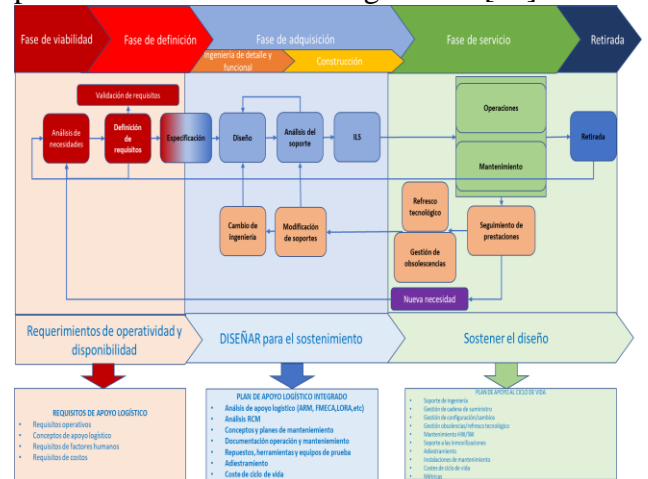


Fuente: Autores.

Estas actividades no presentan una estricta precedencia a lo largo del ciclo de vida del

sistema, además dependerá de la estrategia de adquisición de la embarcación (Buque nuevo o usado), sin embargo, se puede distinguir tres grandes fases las cuales deben realizarse necesarias de manera secuencial dentro del proceso como se representa en la figura 6.

Figura 6. Distinción de las fases del ILS y el proceso Gestión de la configuración [10].



Fuente: Autores.

Tomando como referencia la construcción de una nueva unidad para la Armada Nacional, la primera fase que corresponde al proceso de viabilidad y definición es responsabilidad del Estado Mayor de la Armada, desde donde se generan los requisitos de operatividad y disponibilidad a través de documentos rectores del programa, la segunda fase corresponde al proceso de adquisición y la responsabilidad de su ejecución es conjunta con el astillero de apoyo donde se pretende influenciar en el diseño, realizando estudios alusivos a cada uno de los elementos del ILS con el fin de tomar las mejores decisiones para el sostenimiento de la capacidad. La tercera fase corresponde al proceso de servicio y retirada donde se administra el paquete de ILS y se retroalimentan las decisiones tomadas a lo largo del Programa Naval.

A continuación, se hace una descripción de cada una de las actividades a realizar en el proceso de gestión de la configuración que son de responsabilidad de COTECMAR.

**Fase de identificación de la configuración:** Establece y mantiene el conjunto de

documentos e información técnica que describen un producto (línea base) para el control y registro del estado de la configuración de un sistema y sus elementos configurados (producto, equipo, subsistema) a través del ciclo de vida.

**Fase de control de la configuración:**

Actividad sistemática que garantiza que los cambios realizados en la documentación y datos de la configuración se incorporen, identifiquen, documenten, evalúen, aprueben acorde con los niveles de autoridad.

Después de la entrega inicial de la información sobre la configuración del producto, se deben verificar todos los cambios, el impacto potencial, los requisitos de los clientes y la línea de referencia de la configuración afectarán el grado de control necesario para procesar un cambio propuesto o concesión.

**Fase de estado de la configuración:**

Actividad mediante la cual se crea y organiza la base de conocimiento necesaria para mantener la trazabilidad en la Gestión de la Configuración. En adición, el objetivo del estado de la configuración es suministrar información referente a la configuración con alto grado de fiabilidad para el soporte o proyección de actividades incluyendo soporte logístico, modificación y mantenimiento. En caso de que se generen problemas, la verificación del conjunto de documentos que conforman la línea base y la aprobación de modificaciones puede ayudar a determinar rápidamente la causa y sus posibles soluciones.

**Fase de auditorías de la configuración:**

Proceso común en la Gestión de la Configuración, Ingeniería de Diseño, Manufactura y Control de Calidad. Esto quiere decir que es una forma mediante la cual se verifica la solución diseñada. Este proceso incluye verificación y evaluación sobre los Elementos de Configuración seleccionados, estableciendo la conformidad entre Configuración as-built y Configuración de

diseño, además de verificar los cambios que pueden producirse en la configuración en la etapa de operación y sostenimiento.

**RESULTADOS**

COTECMAR en el año 2019 ha definido su mapa estratégico para el escenario del corto plazo 2019-2022, en el cual se prioriza el sostenimiento y desarrollo de capacidades de la ARC, así como brindar soluciones integrales para la industria Naval, Marítima y Fluvial y el fortalecimiento de la gestión de la innovación. Lo cual está directamente conectado con el desarrollo de metodologías y mejoramiento de procesos para el soporte al ciclo de vida de la embarcación y poder desarrollar un plan de Soporte Logístico Integrado que cumpla con los objetivos de la Armada Nacional de tener la adecuada disponibilidad de las embarcaciones al menor costo posible, Basado en lo descrito en los apartados anteriores se diseñó una estructura de ILS para la gestión de un Programa Naval en COTECMAR, la cual se ejemplariza en la siguiente figura.

Figura 7. Priorización de los elementos del ILS.

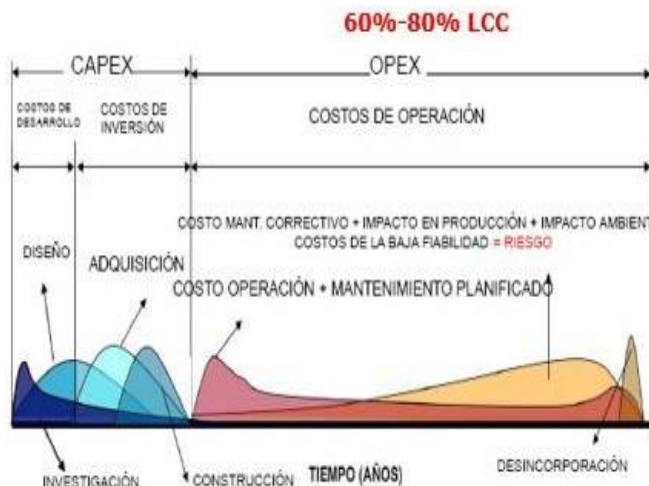


Fuente: Autores.

Por otro lado, dado que entre el 60% y el 80% de los costos totales de una embarcación, están asociados a la operación y mantenimiento como se muestra en la figura 7 [11], la no implementación del ILS en COTECMAR haría que se perdiera oportunidades de negocio y solo percibiría los costos de adquisición (20%-

30%) perdiendo los de sostenimiento (60%-80%). Adicionalmente, dada la iniciativa de COTECMAR de prestar servicios a la industria, es necesario tener en cuenta el nivel tecnológico en la cual están estos procesos y de esta manera disminuir la brecha tecnológica y poder ser competitivos para incursionar en esta línea de negocio. Finalmente, también se podría perder la oportunidad de apuntar a la mejora atención postventa de los buques ya construidos, incrementando la insatisfacción del cliente y generaría la percepción acerca de la marca COTECMAR [12,13].

Figura 8. Costos en las diferentes fases del ciclo de vida de una embarcación.



Fuente. [10]

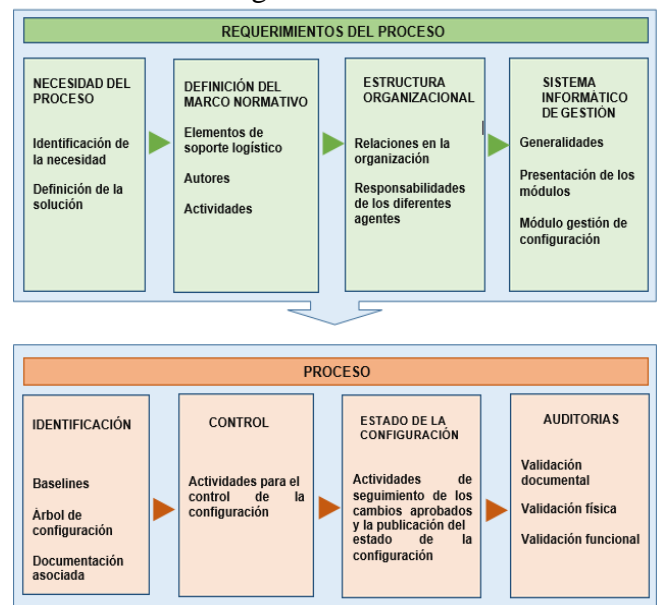
Como resultado a corto plazo el fortalecimiento del proceso de gestión de la configuración permitiría organizar el principal activo de la corporación, el cual es el conocimiento, en este caso las características técnicas y logísticas de los buques diseñados y construidos en COTECMAR y de esta manera aprovechar esta iniciativa impactado positivamente el servicio postventa, haciéndolo más oportuno, evitando tener unidades fuera de servicio presentando convenientemente propuestas de actualización tecnológica y haciendo un mejor aprovechamiento de las herramientas y capacidades que actualmente son usadas en el

diseño para prestar nuevos servicios orientados a la industria 4.0 [14].

Es así como se propone priorizar la implementación de una metodología de proceso de Gestión de la Configuración con el fin construir y gestionar los datos que se requieren para la adecuada ejecución de actividades y tareas presentes en los demás elementos que conforman el Soporte Logístico Integrado a lo largo del ciclo de vida [15].

Para este diseño del proceso de Gestión de la Configuración se ha recurrido a los principales autores de esta en los Programas Navales, en la figura 9 se establece la estructura de las fases requeridas por la metodología para abordar el diseño este proceso.

Figura 9. Estructura de diseño del proceso de Gestión de la configuración.



Fuente: Autores.

El diseño del proceso planteado inicia con la planeación de la configuración, la cual se verá ajustada con los requerimientos del cliente para la gestión de la configuración y de los demás elementos del ILS, obteniendo como resultados de esta etapa el Plan de Gestión de Configuración (PGC) [16], para el cual debe contemplarse su permanente actualización a lo



largo del ciclo de vida y tendrá los acuerdos como nivel de detalle de la información, puntos de control, equipos de seguimiento entre otros.

### **Sistema de información diseñado**

En la actualidad es impensable realizar una gestión eficaz sin el apoyo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), por lo que la finalidad de esta sección es evidenciar las capacidades nueva aplicación que se desarrolló para la gestión del ILS y apoyo a ciclo de vida [17,18].

El objetivo del sistema de información desarrollado es disponer de una herramienta software que integre en una sola base de datos toda la información del ILS y la ponga a disposición del personal de soporte de la embarcación, además de ayudar al cliente en la gestión del aprovisionamiento y del mantenimiento y sincronización de buque y base [19-20].

Para la gestión correcta en el portal del ciclo de vida es necesario dividir la herramienta por módulos básicos como apoyo a la gestión. Todos los módulos deben quedar estrechamente integrados entre sí y darán resultados con un sistema informático de gestión de la información de apoyo logístico útil para la misma organización y por supuesto para el cliente. A continuación, se explicarán los cuatros módulos básicos que deberá tener esta herramienta y algunos módulos que se podrán generar teniendo en cuenta la solicitud del cliente. Es necesario explicar que para cada cliente esta herramienta debe ser personalizable. En la figura 10 se establecen los módulos principales y secundarios propuestos:

Figura 10. Módulos sistema información diseñado.



Fuente: Autores.

**Portal de cambios:** Módulo enfocado en el seguimiento y registro de la trazabilidad de los cambios generados desde el diseño hasta la construcción del buque.

**Gestión de la configuración:** Módulo enfocado en el seguimiento y registro de la configuración del buque (Equipos y su respectiva documentación). Módulo enlazado con el de cambios para ver las novedades que puedan afectar equipos.

**Módulo de documentación:** Este módulo permite visualizar toda la documentación de apoyo a los elementos configurados que existen en las embarcaciones; esta documentación residirá en un servidor que puede denominarse (Biblioteca Técnica Digital). Cada documento está identificado por un número y se asocia al árbol de elementos configurados.

**Módulo de suministro:** Permitirá realizar la gestión de aprovisionamiento teniendo en cuenta los escalones de mantenimiento, órdenes de compra, información asociada al ciclo logístico de los materiales.

**Módulo de Mantenimiento:** Permitirá la programación y control de las actividades de mantenimiento, además de información que permita ayudar a la toma de decisiones sobre actualizaciones tecnológicas y cargas de trabajo de personal.

Para la implementación del sistema de información se generaron pruebas funcionales en proyectos reales de la corporación durante el año 2020.

La información obtenida durante estas pruebas permite tomar decisiones de mejora en sus procesos y la consolidación de canales de comunicación entre las partes interesadas de la corporación como lo son sus proveedores y clientes.

Los resultados, en esta primera fase de implementación del sistema de información arrojó la siguiente información:

- Más de quinientos reportes por cambios se manejaron a través del sistema
- Más de ocho proyectos tuvieron impacto positivo en la gestión documental. Los documentos que se tuvieron como referencia en esta etapa de pruebas fueron los manuales de mantenimiento de equipos, planos de los buques e información de compras como órdenes de compra o garantías.
- Dos proyectos tuvieron la entrega de sus planes de mantenimiento a través del sistema de información para consulta remota por parte del cliente

Tomando como punto de partida el comportamiento durante el primer año de implementación del sistema de información, el alcance de este se ha expandido, abarcando nuevas funcionalidades y creciendo en el número de usuarios registrados.

## **CONCLUSIONES**

La aplicación del ILS y la gestión de la configuración en el marco de proyectos de adquisición militar exige un nuevo modelo de relacionamiento entre COTECMAR y sus clientes, donde se establezcan acuerdos que van más allá de la reparación incorporando la gestión del ciclo de vida de los activos a mediano y largo plazo. La implementación de estos acuerdos permitirá generar ecosistemas industriales aptos para especialización de los proveedores colombianos optimización el costo del ciclo de vida.

El proceso de gestión de la configuración para sistemas complejos como son los proyectos de defensa es un elemento altamente dependiente de los sistemas de información. Las herramientas comerciales estándar no soportan de manera integral este proceso y es por esto se establece la necesidad de crear herramientas a la medida que permitan una menor dependencia tecnológica a las herramientas comerciales.

En la actualidad COTECMAR tiene una oportunidad invaluable para mejorar sus procesos, capacidades técnicas y logísticas adaptadas a la demanda cada vez más exigente de su principal cliente (Armada Nacional) por mantener sus buques con altos indicadores de disponibilidad operativa y logística, al tiempo que no puede permitirse apartarse del avance de las tecnologías 4.0 y de estar a la vanguardia de astilleros a nivel mundial.

El primer año de funcionamiento del sistema de información arrojó resultados positivos para todo el ciclo de vida de los diferentes buques. Esto se debe principalmente a que la información extraída del sistema permitió determinar los costos por cambios durante el diseño y la construcción, la trazabilidad de cambios y la definición de canales de comunicación con el cliente.

Es fundamental hacer énfasis en este último aspecto, ya que definir el canal de comunicación con el cliente permite la integración de la herramienta para el análisis del comportamiento de los equipos durante su operación. Del comportamiento de los equipos durante la fase de operación puede arrojar datos relevantes para estudios de confiabilidad, necesidades de abastecimiento y oportunidades de mejora en los planes de mantenimiento.

COTECMAR y la ARC deben transformar el modelo actual de mantenimiento para implementar un modelo de Soporte Logístico Integrado en línea con normativas

internacionales como las de la OTAN [21], esto permitirá que la ARC pueda hacer interoperables sus buques con otras marinas, reducir costos de mantenimiento de sus buques, optimizar las compras de equipos COTS, desarrollar tecnologías duales, participar en proyectos internacionales de I+D+i [22], e incrementar su relacionamiento con la base tecnológica industrial para perfeccionar el soporte al ciclo de vida de las embarcaciones.

## REFERENCIAS

- [1 B. Blanchard, System Engineering Magnagment, New York: Wiley & Sons, 1991.
- [2 E. Paipa, Propuesta Metodológica Para La Implementación Del Proceso De Gestión De Configuración En El Marco Del Soporte Logístico Integrado En Cotecmar. (Proyecto de maestría) Escuela naval de cadetes “Almirante Padilla” Cartagena, 2021
- [3 NATO, Guidance on integrated logistics support for multinational armament programmes, North Atlantic Treaty Organization, 2011.
- [4 J. D. González, F. Lamas y Aller, «Evolución Del Centro De Supervisión Y Análisis De Datos De La Armada» *Revista de la Armada Española*, p. 333, 2018.
- [5 Casadiego L, Zuñiga F, Bastos E, Paipa E, Ruiz M, Pinzon J. Software para la evaluación de la implementación y de los niveles de madurez de los elementos logísticos del ILS en la Armada de Colombia “EIMILS-ARC”. Armada de Colombia, Cartagena, 2021
- [6 NATO, «AAP-48,» Nato Standarization Agency, Bruselas, 2007.
- [7 J. Diaz y C. Fajardo , «Adaptación de Sistema PAPS (NATO-Phased Armaments Programming System) en la Armada de Colombia,» *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, p. 458, 2018.
- [8 Department of Defense EEUU, Integrated Logistics Support Implementation Guide for DoD Systems and Equipment, Washington D.C: Government Printing Office, 1972.
- [9 AIA y ASD, The S-Series ILS especifications, Brussels, 2016.
- [1 NAVANTIA, «Presentación Software EOLO,» Madrid, 2017.
- [1 NATO, ANEP-49 Ways to reduce costs of ships, 2001.
- [1 H. Murcia , E. Paipa Sanabria y M. Ruiz,
- 2] «Importancia de la Metodología de planeación por capacidades y del Soporte Logístico Integrado en Programas Navales de Alta complejidad en Colombia,» Cartagena, 2019.
- [1 COTECMAR, Direcciónamiento Esrategico 2019-2034, Cartagena, 2019.
- [1 A. Recamán, «Astillero 4.0,» Cartagena, 2017.
- 4]
- [1 ARC, «Plan estrategico Naval 2015-2018,» 2016. [En línea]. Available: [https://www.armada.mil.co/sites/default/files/plan\\_estrategico\\_naval\\_2016\\_v2.pdf](https://www.armada.mil.co/sites/default/files/plan_estrategico_naval_2016_v2.pdf).
- [1 AIA, ASD, SX00i International guide for the use of the S-Series., Brussels, 2016.
- [1 NATO, Guidance on Configuration management, 2017.
- [1 NATO, Alp- 10 : Nato guidance on Integrated Logistics support for multinational Armament Programmes, 2017.
- [1 ISO, ISO-10007 "Sistemas de gestión de la calidad. Directrices para la gestión de la configuración, 2018.
- [2 NATO, STANAG 4427 "Configuration Managment In System Life Cycle Managment", North Atlantic Treaty Organization, 2014.
- [2 Ministerio de desfensa Español, PECON 2000, Madrid, 2014.
- [2 J. Riola y G. Gonzáles, «Los observatorios tecnologicos,» de I+D+i de defensa: los observatorios tecnologicos. 48 Congreso de Ingenieria Naval e Industria Maritima, Vigo, 2009.

Edwin Paipa Sanabria

Tel: 3213519665;

e-mail: epaipa@cotecmar.com

Plaza de San Pedro Claver #4-34, Cartagena de Indias, Provincia de Cartagena, Bolívar.

Yira P Alcázar Oviedo

Tel: 3004984129

e-mail: yirapao@outlook.com

Plaza de San Pedro Claver #4-34, Cartagena de Indias, Provincia de Cartagena, Bolívar.

Javier S Pinzón Ramírez.

Tel: 315 7391556

e-mail: jpinzon@cotecmar.com

Plaza de San Pedro Claver #4-34, Cartagena de Indias, Provincia de Cartagena, Bolívar.