

Introducción

En el campo ingenieril, el concepto de modularidad visto como una estrategia para el mejoramiento de los procesos de construcción en diferentes tipos de industria, ha atraído la atención de diseñadores, constructores, armadores, gerentes e investigadores asociados a la industria marítima; igualmente la adaptación al entorno de la arquitectura naval, situada en el ámbito de la construcción de buques de alta complejidad y diseñados para escenarios de alta intensidad, permite centrar el valor de este estudio, que busca explorar las diferentes aplicaciones prácticas que ha tenido para la optimización del empleo productivo en la construcción de buques de guerra, así como el futuro determinante que tiene la modularidad en este campo.

Como antecedentes es posible declarar que desde la década del 60 se inició la adaptación como un concepto transversal a diferentes campos de la industria, estableciéndolo como un sistema jerárquico que consta de subsistemas independientes y desde la década del 70 la modularidad ha tomado relevancia en el mundo marítimo. De esta manera, a dichos subsistemas se le adicionan conceptos complementarios como son la estandarización, adaptabilidad y flexibilidad para visualizar el esquema modular implantado en la industria.

Se puede entender la proyección de la industria hacia la implementación de la modularidad como base para lograr mejoras en la cadena productiva, optimizando considerablemente el tiempo de construcción y de configuración, permitiendo su adaptación a las diferentes misiones y tareas a desempeñar de manera rápida y eficiente, convirtiéndose en una tendencia creciente que las armadas del mundo están implementando.

Pero si bien el avance tecnológico y óptimo de procesos es de gran relevancia, debe contemplarse una realidad global avocada a la optimización de recursos. Estos debe realizarse, abordando un tema complementario que ha servido como soporte para la justificación y empleo de la modularidad como una necesidad, teniendo en cuenta el panorama que enfrentan las diferentes armadas en relación con presupuestos decrecientes y costos de producción cada vez mayores. Debe destacarse que, claramente los diferentes niveles políticos y económicos globales, que el entorno regional de cada nación, conduce en algunos casos a una base industrial con limitaciones de desarrollo dentro del entorno de la construcción naval a nivel global.

Evidentemente ese comportamiento económico bastante generalizado lleva a que cada armada deba esforzarse cada vez más para reducir los costos asociados con el diseño de las naves, así como la producción, adquisición, operación y modernización de sus buques.

Método

La investigación adelantada tiene como propósito generar interés real y entregar un conocimiento general acerca de la modularidad a través de su conceptualización como herramienta para precisar y facilitar su entendimiento y divulgación, e identificar su aplicabilidad en el área de la arquitectura naval de este término acuñado en diversos campos de la ingeniería.

Este artículo emplea una metodología exploratoria, indagando diversas fuentes, con el fin de realizar un análisis en las diferentes fases en que se puede aplicar este concepto, así como las diferentes configuraciones que se manejan, resaltando su importancia y aplicabilidad en una armada convencional.

Resultado

Concepto de adaptabilidad

Se hace necesario contextualizar el concepto de adaptabilidad y su relación activa con el tema principal de este estudio por tanto con miras a hacer más clara la posición en la que se haya la modularidad en el básico principio naval, antes de explorar diferentes entornos que conduzcan los esfuerzos lógicos a la comprensión de la temática en la ingeniería, por tanto debe describirse la capacidad de adaptación de un diseño proyectado a un futuro de desarrollo tecnológico y cambio sistemático de necesidades, del cual se desprenden a su vez dos conceptos como la Modularidad y Flexibilidad. En la Ilustración 1 se puede observar la relación establecida por RAND Corporation para los conceptos citados y la cual debe ser tomada en cuenta para la comprensión de esta investigación.

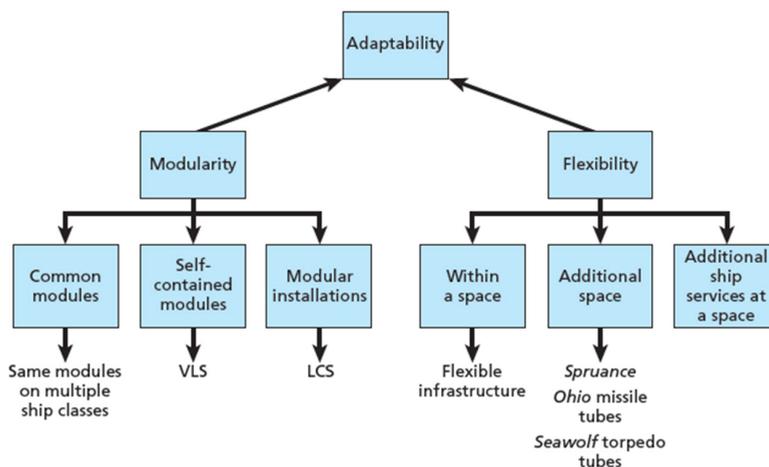


Figura 1. Adaptabilidad y su relación con la modularidad y flexibilidad

Fuente: Nato Naval Group 6, 2004

El término modularidad generalmente se usa de tres maneras diferentes. En el diseño complejo de sistemas de ingeniería con aplicación naval, el término se utiliza con respecto a las unidades intercambiables para el mismo espacio o módulos de estación. Así, en lo relacionado a la construcción y la modularidad de la arquitectura se refiere al desarrollo de sistemas por componentes estandarizados. En la fabricación, la modularidad tiene que ver con uso de unidades intercambiables para crear variantes de productos (Largiader, 2001).

En el entorno de arquitectura naval se dice que un producto complejo es “modular”, por tanto este se divide en varios componentes y luego éstos se asignan a módulos en una arquitectura o plan específico. La modularidad en una perspectiva de ingeniería se utiliza generalmente para tres propósitos principales (Baldwin & Clark, 2004):

1. Para hacer manejable la complejidad.
2. Para habilitar el trabajo en paralelo.
3. Para adaptarse a las incertidumbres futuras.

Los anteriores propósitos son utilizados en el nivel conceptual de modularidad y aplican a las funcionalidades requeridas en la industria astillera.

Por tanto como referente de aplicación se encuentran cuatro casos que permiten entender la aplicación conceptual a cada escenario de los buques navales como sería el concepto de MEKO generado por el astillero Blohrm & Voss shipyards en Alemania, Stand flex de la Marina Danesa, el Litoral Combat Ship (LCS) de Estados Unidos y el GCS “Global Combat Ship” de la Royal Navy.

La modularización en el diseño y la construcción de buques de superficie también ha sido estudiado en Japón y Corea, según Hyundai Heavy Industries (HHI), los astilleros han implementado con éxito esta metodología (Largiader, 2001).

MEKO (Multi-Purpose Combination)

Se refiere a una familia de buques que mediante el diseño y construcción de módulos de armamento, eléctricos y sistemas que tienen interfaces y conexiones estandarizadas, permiten intercambiar o instalar nuevas capacidades. La MEKO se ha convertido en referente de este concepto en la industria astillera, debido a que ha sido aplicada a diferentes tipos de embarcaciones, así como se ha usado en más de 43 fragatas y corbetas, de manera parcial o completa para construcción naval.

Cabe anotar que el concepto desarrollado por Blohrm & Voss Shipyards ha sido adoptado e implementado por Damen Group con la serie de buques conocida como clase

SIGMA, que actualmente se encuentra en funcionamiento en las Armadas de Indonesia y Marruecos en las diferentes variantes de Corbetas y Fragatas.



*Figura 2. Concepto Blohm + Voss MEKO
Fuente: Nato Naval Group 6, 2004*

Blohm&Voss ha declarado que los mayores beneficios obtenidos al implementar desarrollos modulares en la fase de construcción son (Largiader, 2001):

1. Reducción del tiempo de diseño mediante la reutilización de módulos / componentes comunes.
2. Flexibilidad de diseño.
3. Ahorro de tiempo y costos durante el proceso de producción.
4. Clara división de responsabilidades entre el astillero como contratista principal y el fabricante de armas, sistemas electrónicos y maquinaria.

El concepto principal de la modularidad, por configuración, consiste en que el casco, la maquinaria y cierto número de elementos instalados abordo pueden tener mayor tiempo de servicio que otros. Este es el caso de los equipamientos electrónicos y armamento que si se aplican de forma modular, se puede reducir la obsolescencia a un costo relativamente menor, puesto que, son fácilmente intercambiables y actualizables. Lo anterior puede lograrse si en etapas tempranas del diseño del buque se determinan los parámetros necesarios por medio de los márgenes de crecimiento de las capacidades de incorporar, modernizar y reemplazar los elementos y componentes que sean contemplados en la construcción.

Modularidad de Misión

“Standard Flex”

A principios de la década de los 80', la armada danesa se enfrentaba a una flota de superficie envejecida y cada vez más obsoleta, así como un presupuesto de defensa limitado, por tanto, tomaron la decisión de introducir el concepto de “Standard Flexibility”. Por tal razón, se implementa el concepto de módulos de misión, y así, se estandariza el diseño y se aplica la flexibilidad con la finalidad de suplir específicamente las necesidades operacionales, pero con el requisito de mantener el número existente de buques. De esta manera, se proyecta un realista y distante relevo de los buques, debido a las restricciones presupuestales ya indicadas. Como resultado a esta necesidad, se genera el concepto de diseñar un casco estándar con propulsión estándar que pudiera reconfigurarse para tomar una variedad de payload en contenedores y de esta manera adaptarse a diferentes roles operativos.

Los contenedores estandarizados y las interfaces asociadas, permitirían entonces, que el papel del buque pueda ser adaptado en un tiempo muy corto y poder así cumplir con las operaciones planeadas, optimizando la especialización de tareas a desempeñar y así, reducir los costos de mantenimiento en gran medida.

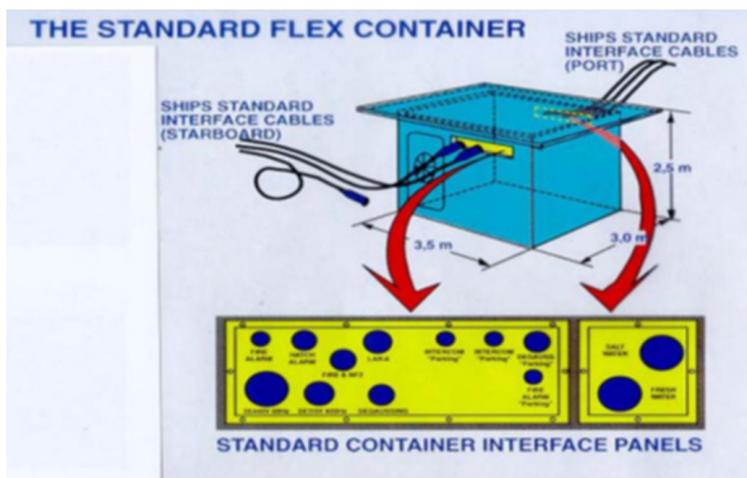
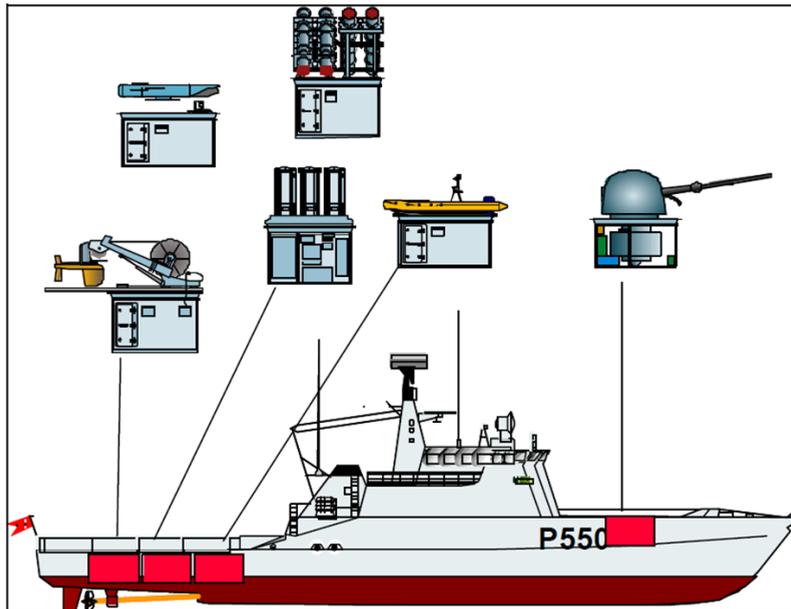


Figura 3. Panel de interface estándar para el módulo “Standardflex”
Fuente: Nato Naval Group 6, 2004

Los estudios de viabilidad indicaron que 16 buques STANFLEX 300 serían suficientes para reemplazar los 22 buques existentes especializados en tres tipos diferentes y que serían retirados del servicio. Como resultado, se reducirían los costos iniciales, costos de mantenimiento y del ciclo de vida. Además, los módulos no embarcados podrían

almacenarse en tierra en condiciones ideales y con un mantenimiento reducido, así mismo con mejoras para los sistemas modulares independientes al de las plataformas (Largiader, 2001).



*Figura 4. Concepto STANFLEX para buques menores
Fuente: Nato Naval Group 6, 2004*

A pesar de que el concepto de stanflex fue considerado para el diseño de variados buques e incluso en los buques de apoyo clase Absalón, debe declararse que la dificultad que se tiene en la aplicación real de este concepto, se refiere a que a pesar de cumplir con los principios de estandarización, la cantidad de posibles módulos con un nivel alto de complejidad, no permite la reconfiguración rápida de estos módulos. De este modo, esto, no debería considerarse como una modularidad de misión, debido a que por su complejidad, emplearía un mayor tiempo de reconfiguración, que el empleado en otros conceptos de diseño como por ejemplo el de las GCS o LCS.

Global Combat Ship (GCS)

Este mismo concepto ha sido evaluado por otras marinas como la US Navy y la Royal Navy (RN). La RN, apostó con el concepto de modularidad en su nuevo proyecto de buques de combate global, clase 26 (GCS “Global Combat Ship”); en este proyecto una bahía de misión situada a popa del hangar de helicópteros que puede albergar y desplegar botes adicionales, vehículos no tripulados (aéreos, de superficie o subacuáticos) o un máximo de diez contenedores de ayuda humanitaria.

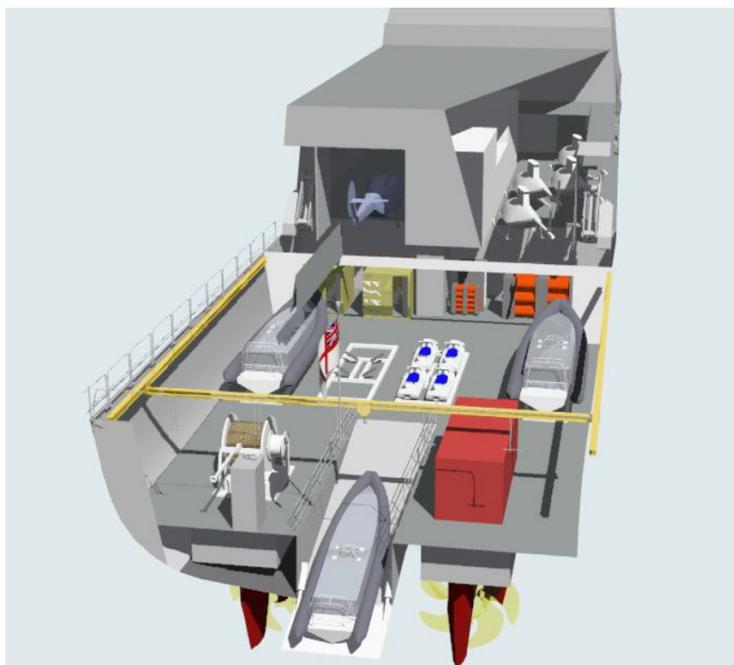


Figura 5. Bahía de misión Fragata tipo 26 (Global Combat Ship)

Fuente: www.defenseindustrydaily.com

El concepto “Flex” para la RN es tenido en cuenta con el fin de adaptar el diseño para aumentar el ciclo de vida, para no caer en la obsolescencia. De esta manera, teniendo en cuenta que, a pesar que, para el diseño clase 23 se realizó un mayor esfuerzo para poder evolucionar y mejorar la plataforma y sistemas de combate, fue inevitable encontrarse con que éste llegó a los límites en su margen de crecimiento por diseño. Así, se genera el impulso para que el Ministerio de Defensa y a la Marina desarrolle un proyecto flexible y modular, que permitiera un alto nivel de reconfiguración y adaptabilidad.

Littoral Combatant Ship (LCS)

La Marina de los Estados Unidos ha utilizado la modularidad en sus nuevos buques como el LCS y en el programa Deepwater de Guardacostas. Esta situación, ha permitido la ampliación del concepto de modularidad, enfatizando, en este caso, en los sistemas externos tripulados y no tripulados. Asimismo, sensores y armas conforman lo que denominaron paquetes de misión con una excepcional explotación de la flexibilidad, logrando que el casco pueda separarse de la capacidad hasta el punto en el que los buques llegan a ser configurados en un tiempo de 48 horas de una misión a otra.



*Figura 6. Littoral Combatant Ship U.S Navy (SLC 1&2)
Fuente: defense-update.com*

Como concepto complementario, pero de especial consideración, se encuentra la aplicación de la modularidad de misión para buques de menor desplazamiento. Dicho concepto, hace que sea necesario tomar con mayor importancia la posibilidad de contar con buques más versátiles, que puedan reconfigurarse y que consideren la modularidad de misión, desde el aspecto de la flexibilidad operativa, durante la misión, incluido el tiempo y la logística necesarios para el empleo del buque en la misión. De este modo, en general, los grandes buques como fragatas, destructores y cruceros, están diseñados para misiones múltiples y en escenarios de amenaza media o alta, volviéndose altamente sofisticados y por lo tanto extremadamente costosos para el apoyo y ejecución de operaciones de paz. Estas, además, son tareas predominantes en el entorno actual de las Armadas y en el que, el uso de tales buques puede ser ineficiente, pero si se puede considerar el empleo de embarcaciones más pequeñas, que aunque tengan limitaciones pueden ser más específicas en sus capacidades, esta podría ser una solución más rentable a la problemática presupuestal latente.

La guerra asimétrica en un ambiente litoral también está siendo considerada, y esto, abre el camino para que las buques menores de combate litoral (SLC) Small Littoral Combatant, por sus siglas en inglés, lleguen a desempeñar un papel clave como nodos

en un más amplio y especializado concepto de la guerra. (NATO NAVAL GROUP 6, 2004).

Programa F110

En los años 70 y 80 Navantia (entonces Bazán) construyó dos clases de fragatas para la Armada, las Clase Baleares (F-70) y la Clase Santa María (F-80) ambas con diseño y tecnología estadounidense derivado de las DE Clase Knox y FFG clase Oliver Hazard Perry respectivamente, adaptados por Navantia a los requisitos de la armada Española. Posteriormente, a comienzo de los 90' Navantia participó junto con otros 8 países en el programa de cooperación europeo NFR90 que sirvió como base para el diseño de una nueva fragata: la F-100 Clase Álvaro de Bazán para la Armada Española.

Estos programas fueron bases para el programa de la futura fragata F 110, la cual incorporará conceptos de modularidad de misión, con la idea de trabajar en un espacio multimisión en su costado alojando el bote (RHIB rigid-hulled inflatable boat por su sigla en inglés) de 11 m, VDS, módulos contenedores estandarizados y vehículos no tripulados (USV y UUV).

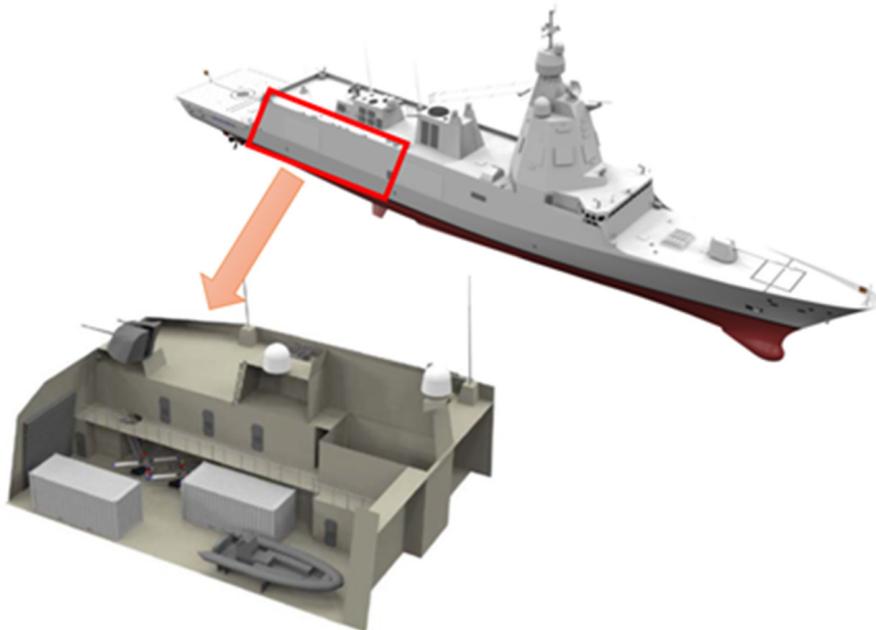


Figura 7. Modularidad Programa F 110
Fuente:: Elaboración Riola Rodríguez José M

Consideraciones para la Implementación de la Modularidad

Después de la exploración conceptual y conociendo los diferentes casos reales de aplicación, se abordan las características de diseño y las posibilidades que provee el adoptar este tipo de metodología.

Como primer argumento debe considerarse que para la aplicación de los módulos de misión en un buque, este debe contar con sistemas compatibles a cada elemento configurable, puesto que debe ser fácilmente adaptable y con la capacidad de ágil integración para la navegación y operación segura de los módulos durante el cumplimiento de la misión que deba realizar, por lo cual debe contar con un sistema de integración que sea capaz de comunicarse con estos módulos y en caso de ser ya buques con mayores requisitos tecnológicos debe poder ser integrado al sistema de combate con el que cuente o en términos más prácticos (C4I) el cual debe ser muy abierto y flexible para su adaptación tanto en hardware como software de manera robusta y confiable.

Adicionalmente los módulos deben estar diseñados de manera que no interfieran en ningún caso con las funciones básicas del buque, teniendo en cuenta sus requisitos de conexión, potencia, refrigeración, estabilidad y demás, de acuerdo con el tipo de misión definido durante el diseño conceptual. En la Ilustración 8, se observa como puede ser configurado un buque menor incrementando las capacidades requeridas para la misión por medio del diseño modular requerido.

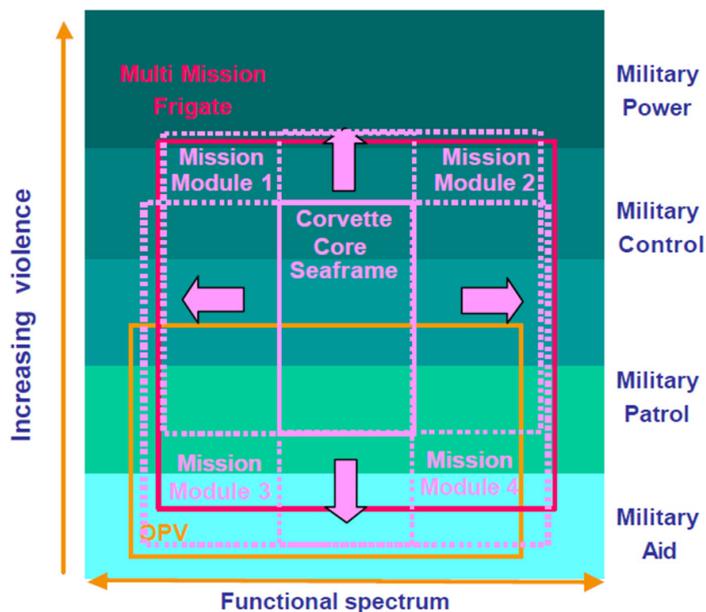


Figura 8. Tareas de una fragata multimisión y una OPV ejecutadas por una corbeta usando la modularidad de misión.

Fuente: Nato Naval Group 6, 2004

Ahora bien, es de notar cómo por medio de la modularidad de misión se puede abordar el dilema de suplir necesidades y requisitos institucionales con buques de menor complejidad. Sin embargo, la necesidad es la de alcanzar la totalidad de las capacidades requeridas por una nación para el defensa de su soberanía y la proyección de sus intereses marítimos con un presupuesto reducido y con la posibilidad de proporcionar a estos buques multimisión una configuración que haga más robustos los buques pero también más específicas en cada misión.

De este modo, se debe tener en cuenta que los países con Armadas intermedias no solo debe considerarse la dotación de cierto buques menores que solo tengan capacidad para realizar tareas complementarias. Por el contrario, se debe propender por la optimización de recursos con respecto a las unidades mayores o buques estratégicos. Es en este específico caso en el que debe ser considerada la posibilidad de implementar la metodología de modularidad en el directo ejercicio de la construcción de buques, en el cual es claro que la modularidad es la medida preponderante para la optimización de recursos y tiempo, y con la que se da un decisivo impulso a la industria astillera.

También debe sopesar en este evento la posibilidad del diseño de este tipo de buques de alta complejidad, con módulos de misión que los hagan más versátiles y que puedan en caso dado contener las capacidades apropiadas para afrontar las necesidades estratégicas. Asimismo, no debe olvidarse que no es posible dotar a una fuerza completa de estos países, con proyección regional de los equipos necesarios para cumplir con las tareas asignadas.

De esta manera y para tener una referencia de la óptima aplicación en buques de alta intensidad y de decisivo impacto es como aparece el programa de diseño DDG-51 que es una iniciativa de aplicación del concepto de modularidad y flexibilidad a los destructores clase Arleigh Burke de la Armada de Estados Unidos. Este programa a su vez se subdivide en el programa SSES el cual explora el concepto para buques multimisión y el Aegis Combat System (Schank, 2016).

Ahora bien, es necesario entender qué sigue y cuál es la proyección que se debe alcanzar y, en este caso, es inevitable mencionar cuál es el futuro de las Armadas referentes al área tecnológica, en su impacto económico y geopolítico, que lleva a una nación a requerir el mantenimiento de una posición de suficiencia soberana o utilizando un término de amplia difusión en el ámbito naval “una estatura Estratégica”. De esta manera, se observa una inequívoca tendencia a requerir la habilidad de adaptarse a los cambios en las condiciones en tiempo de paz y la planeación, especialmente en tiempo de guerra para potencializar las capacidades armadas de la Flota.

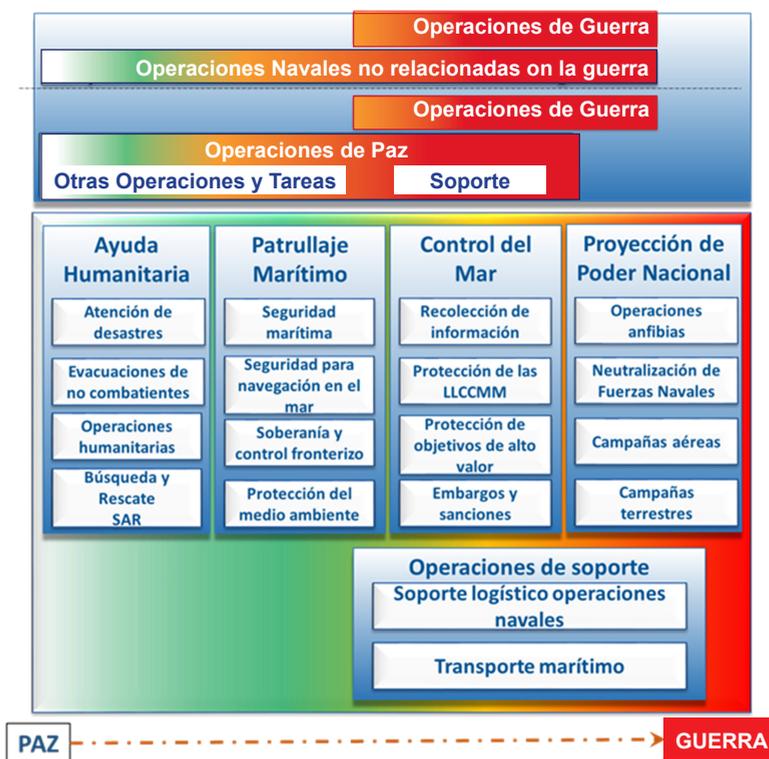


Figura 9. Operaciones de y tareas de la Armada Nacional Fuente: Elaboración propia programa PES, a partir de la Directiva 003/09 (Nato Naval Group 6, 2004)

Diseñar características modulares y adaptables en respuesta a las cambiantes e impredecibles necesidades de seguridad nacional, que puede permitir a las Armadas evitar las dos alternativas poco atractivas de corta vida útil o modernización extremadamente costosa. Sin embargo, hay un problema: debe existir un compromiso entre estas características de diseño, en las que se cumplan las necesidades con el uso más eficiente del presupuesto asignado (Doerry & Koeing, 2017):

1. Mayor esfuerzo de diseño inicial.
2. Reducción de la libertad de diseño (posiblemente retardando el progreso tecnológico).
3. Por lo general mayor desplazamiento.
4. Usualmente mayor espacio requerido.

De acuerdo con estas premisas se puede establecer que el verdadero inconveniente es el de establecer qué tipo de características de modularidad incorporar en el diseño de un buque de guerra, para permitir que siga siendo operacionalmente relevante durante la vida útil, teniendo en cuenta la premisa de las operaciones y tareas que desempeñará de acuerdo con el concepto operacional para el que fue diseñado.



Figura 10. Operaciones Navales ARC y la proyección de Buque requerido
Fuente: Elaboración propia programa PES, a partir de la Directiva 003/09 (Nato Naval Group 6, 2004)

Por tanto la modularidad para una armada mediana con proyección regional como la Colombiana podría indicar unos puntos específicos de mayor aplicabilidad (Doerry & Koeing, 2017):

a) Prestaciones de vida útil; consiste en un método tradicional para instalar una capacidad distribuida en el sistema. Por lo cual, elementos como componentes eléctricos, cableado y accesorios, son fácilmente intercambiados, maximizando la vida útil en componentes básicos del buque.

b) Rutas de acceso planificadas; debe contemplar en el diseño rutas de acceso y tránsito suficientes y de dimensiones adecuadas con la finalidad de prever instalaciones posteriores a la construcción del buque.

c) Paquetes de misión; como se ha tratado a lo largo del texto este es el elemento preponderante en el diseño del (LCS) en el que se contemplan módulos principales o

paquetes de misión como son el de guerra antisubmarina, guerra de minas, guerra de superficie (principalmente en contra de blancos pequeños). Estos módulos se albergan en contenedores estándar siguiendo el principio de arquitectura abierta de fácil configuración.

d) Interfaces estándar; básicamente es un principio adelantado en el documento como prioritario para la fácil instalación y configuración de los módulos.

e) Módulos de armas; con la referencia de tener una capacidad altamente configurable para las misiones propuestas y las características específicas de la amenaza, como ejemplo el Vertical Launch System (VLS) instalado en las DDG 51.

f) Compatibilidad electromagnética (EMC); este es un desafío para el diseño de cualquier buque de guerra y más comprendiendo la cantidad de sistemas que interactúan durante la operación y explotación de los sistemas de comunicación y RF de abordó. Por tanto, debe ser considerado en las posibles actualizaciones de los sistemas durante la vida útil del buque y su fácil reemplazo, instalación, integración y mitigando las interferencias electromagnéticas (EMI).

g) Vehículos fuera de borda; en todo buque de guerra o defensa es necesario un bote que cumpla con las especificaciones necesarias para garantizar la seguridad propia o en caso determinado servir como despliegue de operaciones. Por tal motivo, al tener la posibilidad de reconfigurar los botes a través de la modularidad al más apropiado para la misión es una capacidad suficientemente considerable.

h) Infraestructura flexible; consistente en la reconfiguración rápida y económica de los buques, contemplando componentes básicos de fácil acceso y reemplazo, en los que se puede mencionar una estructura abierta, alimentación y potencia de fácil acceso y conexión, HVAC abierto, interconexión para transferencia de datos compatible, sistema de iluminación compatible y capacidad de equipamiento.

Conclusiones

La modularidad en la industria astillera es una tendencia creciente, que se ha implementado con éxito desde fases tempranas del diseño. A lo largo de esta investigación se ha podido puntualizar el concepto de modularidad, entendida de manera transversal a la flexibilidad; esto es posible al derivar a su vez de la adaptabilidad, tema para el cual es determinante establecer los requisitos de desempeño, las restricciones al diseño y los márgenes de crecimiento adecuados desde la fase inicial de cada proyecto buque.

Cada uno de los diferentes tipos de modularidad aporta atributos diferenciadores tanto en el diseño y construcción naval, como en el desempeño operacional de cada plataforma. Es así como el primer tipo, asociado al concepto de módulos constructivos en astillero, optimiza los tiempos y recursos en la construcción, puesto que permite

desarrollar diferentes módulos en paralelo para llegar a una integración final de la estructura completa del buque; el segundo tipo asociado al desempeño operacional a través del concepto de módulos de misión, que si bien debe ser interpretado y aplicado desde la misma fase de diseño, incorpora un factor adicional que habilita la posibilidad de una configuración dinámica de los buques, para poder suplir las necesidades de una Armada con diversos ámbitos de operación y sus consecuentes tareas asignadas. Sin embargo, que debe ser versátil, optimizando a su vez los limitados recursos con los que cuenta y determinando una rapidez en la reconfiguración que hace de este concepto un factor diferenciador en el desempeño operacional de los buques.

Estos dos conceptos son una tendencia altamente complementaria, debido a que con ellos, se optimiza el tiempo y recurso en la construcción, y a su vez se cuenta con unidades configurables que suplen los desafíos de defensa modernos. Ahora bien, es relevante concluir los parámetros y atributos comunes que hacen que la modularidad sea posible de implementar. Como es el caso del diseño, en el que debe contemplarse el flujo de los módulos constructivos o estrategia constructiva y sus tareas en paralelo y predecesoras para optimizar el tiempo de construcción y reducir los costos en esta fase. También, en la estandarización en los componentes que se usarán tanto en módulos constructivos como en módulos de misión, puesto que deben cumplir con los requisitos de conexión, conectividad, potencia, refrigeración necesaria para su implementación, bien sea en el momento de la integración como en los cambios de configuración y posteriormente en el mantenimiento durante el ciclo de vida de los buques. Nuevamente se aborda el tema de márgenes de crecimiento que deben ser declarados desde la fase conceptual y fases futuras, en los cuales se debe considerar el espacio disponible para la configuración, así como el que se deba contemplar para futuras adaptaciones en tres importantes aristas las que serían incorporación, modernización o el remplazo de sistemas, elementos o componentes nuevos o ya existentes sin afectar las características de los buques. Estos atributos en la industria se ha convertido en un lineamiento transversal para mejorar las condiciones y, de esta manera, potencializar la productividad, no siendo la excepción Cotecmar en un concepto de amplia aplicación, que bien ha demostrado su influencia en el entorno nacional y regional y que abre el camino para abordar los demás conceptos de modularidad.

Por último, en el específico concepto de la modularidad de misión que puede mejorar las capacidades de una Armada con proyección de crecimiento tecnológico como la Colombiana y que a su vez se enfrenta a desafíos propios y regionales que exigen el mantenimiento de capacidades estratégicas, las cuales son precisamente un punto de inflexión y que se viene considerando en el programa PES, igualmente debe ser tenida en cuenta esta posibilidad dentro de las iniciativas para la adquisición de las unidades de la armada nacional, propendiendo por el posicionamiento de las capacidades institucionales en un nivel tecnológico favorable dentro del entorno regional, a un costo completamente alcanzable y de esta forma garantizar la efectividad de la defensa soberana y el mandato constitucional.

Referencias

- Baldwin, C. Y., & Clark, K. B. (2004). *Modularity in the Design of Complex Engineering Systems*.
- Doerry, N., & Koeing, P. (2017). *Doerry Home Page*. Obtenido de <http://www.doerry.org/norbert/papers/20171010%20Doerry-Koenig%20Modularity%20distro%20A.pdf>.
- Hurtado de Barrera, J. (2000). *Metodología de Investigación Holística*. Caracas: SYPAL.
- Largiader, C. A. (2001). *Modular Platform Based Surface Ship Design*. Cambridge MA : MIT Libraries Document services.
- Majchrzak, L. B. (2017). *Real Options Valuation in the desing of future surface combatants*. NAVAL POSTGRADUATE SCHOOL. Monterrey, california: Dudley Knox Library.
- NATO NAVAL GROUP 6. (2004). *NATO/PfP WORKING PAPER ON SMALL SHIP DESIGN*.
- Schank, J. F., Savitz, S., Munson, K., Perkinson, B., McGee, J., & Sollinger, J. M. (2016). *Desing Adaptable Ships*. Santa Monica, California : RAND Corporation.



Instrucción y entrenamiento de maniobras navales abordo del simulador de Puente Full Mission.



Imposición del distintivo a la excelencia física.
