



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

Diseño conceptual de un patrullero de altura.

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Mariano Ugarte Zarco

DIRECTORES: Pedro Jesús Carrasco Pena
Gerardo González-Cela Echevarría

CURSO ACADÉMICO: 2021-2022

Universida_{de}Vigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

Diseño conceptual de un patrullero de altura.

Grado en Ingeniería Mecánica
Intensificación en Tecnología Naval
Cuerpo General

Universida_deVigo

RESUMEN

El diseño conceptual de un buque de guerra es el primer escalón en el análisis industrial de una plataforma que sea capaz de cumplir con sus Objetivos Tácticos (ONST). Esta evaluación puede hacerse de distintas formas y sobre distintas herramientas de análisis entre las que se encuentran los métodos multicriterio, el análisis directo de plataformas o la evaluación de parámetros típicos de este tipo de buques.

Debido a los criterios actuales relativos a determinados conceptos como eficiencia energética, cuidado medioambiental, reducción de costes, etc., es necesario incluir, de forma paralela al diseño de las nuevas construcciones, un estudio relativo a los mismos, además de tener presentes las posibilidades que ofrece el mercado que puedan facilitar la obtención de la plataforma de forma más rápida.

El presente trabajo tiene como objetivo fundamental elaborar un estudio conceptual para valorar la posible plataforma o plataformas partiendo del necesario análisis de la base de datos creada a tal efecto que nos ayudará a obtener los datos necesarios para nuestra plataforma siguiendo los métodos tradicionalmente aceptados en ingeniería naval para esta etapa del proyecto.

PALABRAS CLAVE

Objetivos Tácticos, Diseño conceptual, Patrullero de altura, Buque de guerra, Dimensionamiento general.

AGRADECIMIENTOS

Mis primeras palabras de agradecimiento me gustaría dedicárselas a mi familia, mis padres, mis hermanos y mis abuelos, que siempre han estado apoyándome y pendientes de mí durante estos últimos 5 años en la Escuela Naval.

Agradecer también a todos mis compañeros de la promoción 422-152, con los cuales he compartido la mayor parte del tiempo durante los últimos 5 años de Escuela y siempre nos hemos apoyado unos a otros tanto en los buenos como en los malos momentos.

Agradecer también a mis directores del TFG, al TN Pedro Jesús Carrasco Pena y al CF Gerardo González-Cela Echevarría, que no hubiese sido posible la realización de este trabajo sin su ayuda, y a todos los profesores de la carrera que me han enseñado todos los conocimientos necesarios para la elaboración de este trabajo.

Por último, me gustaría agradecer al astillero Rodman las facilidades que nos ha dado su personal para visitar su astillero, enseñarnos sus procedimientos de trabajo y contestar a todas las dudas que se nos plantearon. De igual forma agradecemos a la dotación del patrullero de Vigilancia Aduanera “Condor” la facilidad que nos dieron para visitar este patrullero y las explicaciones que sobre su funcionamiento nos dieron.

Gracias.

CONTENIDO

Contenido	1
Índice de Figuras	4
Índice de Tablas.....	6
Índice de Gráficos	7
Acrónimos	8
1 Introducción y objetivos	9
1.1 Motivación del trabajo	9
1.2 Caracterización del problema.....	10
1.3 Objetivos	10
1.4 Metodología	10
2 Estado del arte	13
2.1 Buques de guerra.....	13
2.1.1 Definición	13
2.1.2 Tipos de buques de guerra	13
2.2 Objetivos Tácticos Generales (ONST)	13
2.3 Normativa de Aplicación	14
2.4 El proyecto de buques de guerra	14
2.4.1 Primera Fase: Estudios de pre-viabilidad y diseño conceptual.....	15
2.4.2 Segunda Fase: Estudios de viabilidad y diseño preliminar	15
2.4.3 Tercera Fase: Definición del proyecto y proyecto de contrato	18
2.4.4 Cuarta Fase: Proyecto de detalle y construcción del buque prototipo.....	19
2.5 Buques patrulleros.....	20
2.5.1 Patrulleros de altura (OPV)	20
2.5.2 Patrulleros interiores (IPV).....	20
2.6 Fundamentos básicos de diseño naval	21
2.6.1 Planos de formas y cartilla de trazado	21
2.6.2 Dimensiones principales	22
2.6.3 Coeficientes de forma	22
2.6.4 Principios básicos de estabilidad	22
2.7 Sistemas embarcados	23
2.7.1 Sistemas de propulsión	23
2.7.2 Sistemas de Armas en buques de la Armada	27
2.7.3 Sistemas de navegación, mando y control y comunicaciones	29

2.8 Astilleros nacionales	30
2.8.1 Gondán.....	30
2.8.2 Rodman.....	30
2.8.3 Nodosa	30
2.8.4 Freire.....	30
3 Desarrollo	31
3.1 Misiones	31
3.2 Juego de dimensiones y coeficientes	31
3.2.1 Juego de dimensiones	32
3.2.2 Juego de coeficientes	35
3.2.3 Pesos y centros de gravedad	36
3.3 Estudio de potencia	38
3.4 Generación de formas	41
3.5 Disposición general.....	42
3.6 Equipamiento del buque.....	44
3.6.1 Planta propulsora	44
3.6.2 Navegación	44
3.6.3 Comunicaciones.....	45
3.6.4 Guerra electrónica.....	45
3.6.5 Armamento	45
3.6.6 Embarcaciones auxiliares (SAR/USV).....	45
3.7 Dimensionamiento de tanques y capacidades	46
3.8 Presupuesto del proyecto	47
4 Resultados y análisis	49
4.1 Características finales de la plataforma	49
4.2 Elección de sistemas y presupuesto	51
5 Conclusiones y líneas futuras	53
5.1 Conclusiones	53
5.1.1 Conclusiones del TFG	53
5.1.2 Conclusión personal.....	53
5.2 Líneas futuras	54
6 Bibliografía.....	55
Anexo I.....	59
Anexo II.....	60
Anexo III	61

Anexo IV	62
Anexo V	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Proceso de diseño conceptual [4]	11
Figura 2-1: Sociedades de clasificación [9].....	14
Figura 2-2: Espiral de diseño de un buque de guerra [4]	15
Figura 2-3: Sección longitudinal por crujía de un BAM [13]	16
Figura 2-4: Obtención del modelo físico durante la segunda fase (Fuente propia basada en [15]).	17
Figura 2-5: Disposición esquemática de un SC (Fuente propia basada en [15]).	18
Figura 2-6: Diagrama de un SICP [17]	19
Figura 2-7: Perfil de un patrullero de altura [20]	20
Figura 2-8: Perfil de un patrullero interior [21]	21
Figura 2-9: Plano de líneas de un buque [23].....	21
Figura 2-10: Dimensiones principales de un buque [24].....	22
Figura 2-11: Diagramas de estabilidad transversal y longitudinal [23]	23
Figura 2-12: Esquema de un sistema de propulsión CODOG [26].....	24
Figura 2-13: Esquema de un sistema de propulsión CODAG [26].....	24
Figura 2-14: Esquema de un sistema de propulsión CODAD [26].....	25
Figura 2-15: Esquema de un sistema de propulsión COGOG [26].....	25
Figura 2-16: Esquema de sistema de propulsión COGAG [26].....	25
Figura 2-17: Esquema de sistema de propulsión CODLAG [26]	26
Figura 2-18: Esquema de sistema de propulsión CODOE [27]	26
Figura 2-19: Montajes Mk-45 y Oto Melara 76/62 [28]	27
Figura 2-20: Montaje Mk-38 de los BAM de la Armada Española [32].....	28
Figura 2-21: Montaje Sentinel 20 [20]	28
Figura 2-22: Montaje Sentinel 30 [21]	29
Figura 2-23: Montaje ASPIS [22]	29
Figura 3-1: Curva de áreas seccionales mediante triangulo (Fuente propia basada [43]).....	41
Figura 3-2: Plano longitudinal de formas (Fuente propia)	41
Figura 3-3: Plano transversal de formas (Fuente propia)	42
Figura 3-4: Plano horizontal de formas (Fuente propia)	42
Figura 3-5: Vista de costado (Fuente propia).....	43
Figura 3-6: Plano longitudinal de compartimentación (Fuente propia)	43
Figura 3-7: Plano horizontal de compartimentación (Fuente propia)	43
Figura 3-8: Distribución cámara de máquinas (Fuente propia).....	44
Figura 3-9: Techo de tanques (Fuente propia)	47
Figura 4-1: Casco de popa preliminar (Fuente propia)	50

Figura 4-2: Posible modificación al casco en popa (Fuente propia)	51
---	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1: Rango de dimensiones (Fuente propia)	32
Tabla 3-2: Tabla de referencia para velocidad en función de eslora y desplazamientos [14].....	35
Tabla 3-3: Dimensiones principales del buque (Fuente propia).....	38
Tabla 3-4: Dimensiones Sead 23 [52]	46
Tabla 3-5: Presupuesto de construcción (Fuente propia)	47
Tabla 3-6: Coste del ciclo de vida (Fuente propia basado en [54]).....	48
Tabla 4-1: Características finales (Fuente propia).....	49
Tabla 4-2: Sistemas escogidos (Fuente propia).....	51

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3-1: Eslora en función del desplazamiento	32
Gráfico 3-2: Manga en función del desplazamiento.....	33
Gráfico 3-3: LBD en función del desplazamiento.....	33
Gráfico 3-4: Calado en función del desplazamiento	34
Gráfico 3-5: Velocidad en función de la eslora.....	35
Gráfico 3-6: Potencia en función del desplazamiento.....	40
Gráfico 4-1: Comparativa esloras máximas en metros (m) de los astilleros.....	50

ACRÓNIMOS

AAW. <i>Anti-Air Warfare</i>	LC. <i>Línea de crujía</i>
AIP. <i>Air Independent Propulsion</i>	LCG. <i>Longitudinal Centre of Gravity</i>
ALI. <i>Apoyo Logístico Integrado</i>	LCP. <i>Longitudinal-centre plane</i>
ASUW. <i>Anti-Surface Warfare</i>	LS. <i>Light Ship</i>
ASW. <i>Anti-Submarine Warfare</i>	NSR. <i>Nato Staff Requirement</i>
BLP. <i>Base line plane</i>	NST. <i>Nato Staff Target</i>
CCSS. <i>Classification Societies</i>	ONST. <i>Outline NATO Staff target</i>
CIC. <i>Centro de información de combate</i>	ONU. <i>Organización de las Naciones Unidas</i>
CODAD. <i>Combined Diesel and Diesel</i>	OPV. <i>Off-Shore Patrol Vessel</i>
CODAG. <i>Combined Diesel and Gas</i>	OTAN. <i>Organización del Tratado del Atlántico Norte</i>
CODLAG. <i>Combined Diesel-Electric and Gas</i>	PL. <i>Plano Longitudinal</i>
CODOE. <i>Combined Diesel or Electric</i>	Ppp. <i>Perpendicular de popa</i>
CODOG. <i>Combined Diesel or Gas</i>	Ppr. <i>Perpendicular de proa</i>
COGAG. <i>Combined Gas and Gas</i>	PRFV. <i>Poliéster reforzado con fibra de vidrio</i>
COGOG. <i>Combined Gas or Gas</i>	SAR. <i>Search and Rescue</i>
DDN. <i>Directiva de Defensa Nacional</i>	SICP. <i>Sistema Integrado de Control de Plataforma</i>
DPD. <i>Directivas de Política de Defensa</i>	TP. <i>Transverse Plane</i>
DPM. <i>Directivas de Planeamiento Militar</i>	UEO. <i>Unión Europea Occidental</i>
DW. <i>Dead Weight</i>	USV. <i>Unmanned Surface vehicle</i>
ESM. <i>Electronic Warfare Support Measure</i>	WECDIS. <i>Warship electronic chart display and information system</i>
EW. <i>Electronic Warfare</i>	ZEE. <i>Zona Económica Exclusiva</i>
INSA. <i>International Naval Safety Association</i>	
IPV. <i>Inshore Patrol Vessel</i>	
L.A. <i>Lineas de agua</i>	
L.B. <i>Línea de base</i>	

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Motivación del trabajo

La Armada participa en numerosas misiones internacionales como parte de los compromisos que España tiene adquiridos con organismos como la OTAN la ONU o la UEO. Además de estas misiones, existen otras dentro de sus espacios marítimos soberanos. Para cumplir estas misiones tanto internacionales como nacionales, cuenta con buques de distintos tipos, clases y capacidades.

Al igual que cualquier otro sistema, un buque tiene un ciclo de vida en el cual, con el paso del tiempo, se ven recortadas su eficacia y eficiencia por muchos factores como las obsolescencias, la fatiga de los materiales o la pérdida de entidad en el escenario táctico. Así, en la Armada hay buques que, debido a su edad u obsolescencias de sus sistemas o equipos, han pasado a reclasificarse para misiones diferentes a las que tenían al comienzo de su vida operativa como ha sido el caso de las corbetas de la clase “Descubierta” de los años 70 del siglo XX, las cuales, pasaron de buques puramente de combate a cubrir funciones de apoyo como salvamento o patrulla de aguas nacionales.

Debido a la necesidad de renovación de las unidades navales, la Armada mantiene una actividad continua en el estudio y renovación de sus buques con nuevas construcciones o mediante procesos de modernización de estos y de sus sistemas. Un ejemplo de renovación de sus unidades es el caso de las fragatas F-110, que permitirá a España mantener sus capacidades actualizadas ya que estas se han visto modificadas con el paso del tiempo [1].

En el caso de los buques de la Armada que se dedican a cubrir misiones de carácter nacional se encuentran unidades tipo patrullero como los de la clase “Anaga” y los patrulleros de altura de la clase “Serviola”. De estas dos clases existen 3 patrulleros en activo de la primera de ellas y 4 de la segunda de las que, sus entradas en servicio respectivamente, de 1980 y 1991. Han transcurrido desde entonces 40 y 30 años respectivamente esto es un evidente indicador de la necesidad de proceder a su sustitución con buques modernos y actualizados tecnológicamente a los requisitos actuales, así como a las misiones que hoy en día se le pueden exigir a este tipo de buques en la Armada ya que han superado, o están próximos a superar, el periodo de vida útil para un buque de estas características que se suele cifrar en 35 años [2].

Este TFG es una propuesta para la renovación y mejora de las capacidades operativas para los patrulleros como los de la clase “Serviola”, basando este análisis y posterior proyecto conceptual en las capacidades existentes en astilleros nacionales que han demostrado ser capaces de construir este tipo de unidades para otras naciones y con experiencia también en buques de alto valor añadido. De igual forma, se adaptarán a las capacidades del buque sistemas electrónicos y de armas de producción nacional.

1.2 Caracterización del problema

En España la construcción naval es una industria en continuo desarrollo que cuenta con numerosos astilleros para buques de todo tipo y clase, con dimensiones de eslora desde los 300 metros hasta los 12 metros. La construcción naval española nos sitúa como segundo país de la Unión Europea y décimo en el mundo en unidades contratadas o entregadas [3].

En España existen grandes astilleros especializados en la construcción de buques de guerra. Sin embargo, debido a la entidad de sus medios se hace económicamente inviable la construcción de series cortas de patrulleros de entre 30 y 60 metros de eslora, ya que utilizar este tipo de mega instalaciones conlleva un encarecimiento para la construcción de buques menores y más en cantidad limitada. El coste final puede ser inasumible para el Estado en caso de querer hacer una renovación escalonada de estas unidades.

No obstante, hay astilleros más pequeños con capacidad para barcos entre 40 y 90 metros de eslora con experiencia en la construcción de barcos militares o paramilitares como los utilizados por la Guardia Civil, Aduanas y otras naciones como Marruecos, Kenia, o Arabia saudí entre otras.

El contexto económico nacional actual no ofrece un entorno favorable para una inmediata renovación de buques que están llegando al final de su ciclo de vida y, por tanto, debemos buscar alternativas que nos permitan cumplir las obligaciones en nuestras aguas de responsabilidad. Por ello, no solo es necesario actualizar los sistemas que queremos integrar en estas plataformas, sino que se hace necesario analizar las dimensiones de esta y ver las capacidades que ofrecen astilleros y empresas nacionales para la construcción de nuevas plataformas sobre este proyecto preliminar que se presenta en este TFG.

1.3 Objetivos

Este TFG tiene como objetivo principal definir el proyecto conceptual de un patrullero de manera que, permita cumplir de forma eficaz y eficiente las misiones que en estos momentos están encomendadas a buques que se encuentran en su último tercio de vida. Para definir los elementos necesarios en cualquier proyecto conceptual, marcamos los siguientes objetivos intermedios:

1. Conocer el estado del arte en materia de construcción naval, investigando, estudiando y analizando la bibliografía existente sobre esta materia.
2. Obtener, a partir de una base de datos de diferentes buques con capacidades similares a las buscadas, las dimensiones óptimas para la futura plataforma y definir los documentos básicos en esta fase del proyecto.
3. Efectuar un análisis de los astilleros nacionales que podrían ejecutar su construcción en base a las características del buque definido y de las empresas que pueden suministrar los sistemas embarcados.
4. Elaborar la documentación básica de un proyecto conceptual.

1.4 Metodología

La metodología del proyecto está basada en la espiral de Evans, la cual consiste en cumplir una serie de hitos que componen el proyecto. Así [4]:

1. Para definir las misiones asignadas al patrullero a través de los Objetivos tácticos generales (ONST) de la OTAN. Investigando, analizando y estudiando proyectos y bibliografía reciente.
2. Analizaremos la base de datos creada de buques actuales similares y a partir de estos conseguir un modelo inicial de la Plataforma en base a las herramientas tradicionalmente empleadas en ingeniería naval.
3. Para determinar sistemas que sean capaces de cumplir con las necesidades de los puntos anteriores sobre la base de modernidad y sencillez conociendo sus capacidades.

4. Elaborar la disposición e integración de sistemas en el buque sobre la base de una disposición general del mismo que nos permita evaluar económicamente el mismo en el que el plano del mismo nombre es el elemento fundamental.
5. Calcular el coste de obtención y del ciclo de vida del patrullero mediante la definición de una cifra de mérito.
6. Componiendo los valores anteriores obtener un presupuesto final.

En la Figura 1-1 se esquematiza el proceso que se ha seguido a la hora de realizar este TFG.

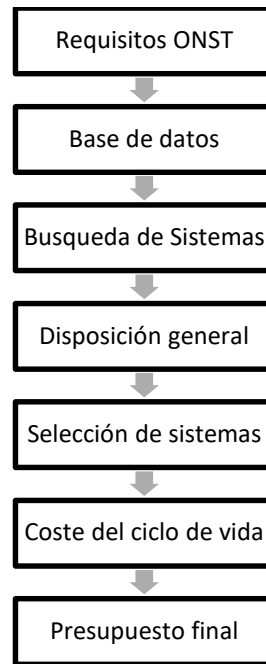


Figura 1-1: Proceso de diseño conceptual [4]

2 ESTADO DEL ARTE

2.1 Buques de guerra

2.1.1 Definición

Un buque de guerra es un conjunto de sistemas en el que se exige una completa integración de estos. Para el desarrollo de este TFG consideramos al buque de guerra como la combinación de dos partes fundamentales: el Sistema de combate y la Plataforma. El Sistema de combate, diseñado para desenvolverse en un enfrentamiento bélico, se compone de todos los sistemas con los que cuenta el buque; la plataforma, reforzada para tolerar un ataque, es la estructura en la cual se instalan todos los equipos y sistemas, así como los compartimentos donde hace vida la dotación [5].

Esta división del buque en dos partes nos ayuda a discriminar los dos elementos fundamentales de este trabajo, la definición de una plataforma y la selección de los sistemas que embarcaremos en ella.

2.1.2 Tipos de buques de guerra

Los buques se pueden clasificar en combatientes, incluyendo todos los buques que tengan capacidad para el combate ofensivo y defensa del propio buque, y no combatientes, donde se incluyen buques auxiliares, marina mercante, etc., y que pueden portar armas y tener ciertas capacidades de combate, pero solo para defensa propia [6].

En general los buques de guerra se pueden clasificar de forma simple en buques de superficie y buques submarinos. Los primeros, que tradicionalmente conocemos como buques de guerra, incluyen los combatientes, los patrulleros y los auxiliares. Los buques submarinos se pueden clasificar en base a sus sistemas de propulsión: convencionales y nucleares. En la actualidad existe un tipo de propulsión denominada AIP que pretende sustituir los convencionales basados en propulsión diésel y eléctrica con bancos de baterías [6].

2.2 Objetivos Tácticos Generales (ONST)

La planificación a largo plazo se orienta en la Directiva de defensa nacional (DDN) y se materializa en las Directivas de política de defensa (DPD) y de Planeamiento militar (DPM). La Directiva de planeamiento militar considera las diferentes capacidades necesarias recogidas en el Objetivo de capacidades militares [7].

En función de los ONST, la fuerza naval básica se puede dividir en [7]:

- Brown-Waters Navy, se encargan de labores de seguridad marítima en aguas territoriales con capacidad de disuasión y defensa.

- Green-Waters Navy, tienen más capacidades de disuasión y defensa que les permite ampliar sus áreas de operaciones y las misiones que desempeñan. Todo ello con el fin de proteger los intereses nacionales más allá de las aguas nacionales.
- Blue-Waters Navy, se compondría de la Fuerza naval con capacidad de operar alejados de sus bases, con independencia de apoyo de otros países.

Además de estas máximas, hay capacidades que todos los buques comparten en mayor o menor medida, como son las referidas a habitabilidad, navegación, maniobra, etc. Hay otras capacidades, ya enfocadas a buques de guerra, que también comparten los buques de una misma fuerza naval, las cuales son seguridad interior, sanidad, seguridad física, medidas contra minas y protección a amenazas no convencionales. Por último, faltaría tener en cuenta el empleo táctico que se le quiere dar a los buques de guerra, siendo estos: mando y control, comunicaciones, guerra antiaérea (AAW), guerra anti superficie (ASUW), guerra antisubmarina (ASW), guerra electrónica (EW), etc. [7].

Cuando se diseña una unidad, se establecen, sobre lo anterior, sus requisitos y capacidades. En el caso que nos ocupa, un patrullero de altura, tienen como misión principal la seguridad marítima y todo lo que ello conlleva, pero, además, debe cumplir con normativas de carácter nacional e internacional en su construcción y servicio que tratamos ahora [7].

2.3 Normativa de Aplicación

El análisis del entorno normativo para cualquier buque es fundamental hoy en día debido, entre otras razones, a las exigencias que terceros pueden presentar a la hora de asegurar el buque, autorizar su navegación, permitir el paso por canales, dar amarre o, como en el caso de los buques de guerra, poder integrarse en dispositivos compuestos por marinas de distintas naciones.

Todos los buques de la Armada deben cumplimentar una serie de normativas, entre ellas se encuentra el Naval Ship Code, el cual es un código que proporciona unos objetivos que permiten certificar los buques como seguros para operar [8].

Este código es publicado por la OTAN, pero su redacción recae en la Asociación internacional de seguridad naval (INSA), diferentes armadas y Sociedades de clasificación (CCSS). La Figura 2-1 representa las distintas compañías que se encargan de esta normativa [8].



Figura 2-1: Sociedades de clasificación [9]

2.4 El proyecto de buques de guerra

El objetivo principal de este tipo de proyectos es la obtención de un buque prototipo para una serie, que esté configurado para hacer frente a la amenaza de los ONST. El proyecto de un buque se divide en diferentes fases, y cada fase tiene una serie de objetivos [10]

En la Figura 2-2 aparece la espiral de Evans utilizada para esquematizar el proyecto de buques en general y sus distintas fases, sucede lo mismo con los buques de guerra, pero con las particularidades que explicamos a continuación.

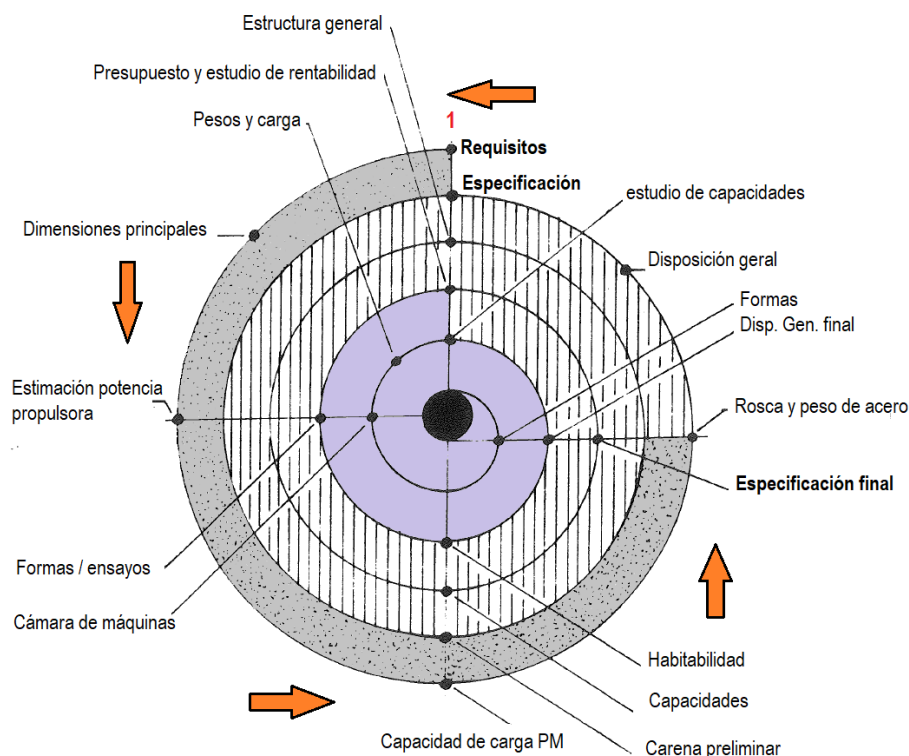


Figura 2-2: Espiral de diseño de un buque de guerra [4]

2.4.1 Primera Fase: Estudios de pre-viabilidad y diseño conceptual

El objetivo de esta fase es obtener el análisis industrial de las alternativas de buques compatibles con los ONST y alcanzar un primer valor del presupuesto del proyecto y de los buques que se quiere construir [11].

Nuestro proyecto consiste en completar esta primera fase, cuyos objetivos ya han sido expuestos previamente en el apartado de Metodología [11].

2.4.2 Segunda Fase: Estudios de viabilidad y diseño preliminar

Esta fase se inicia con la firma de contratos con las industrias y organismos participantes, en los que se establece el costo de la fase de ejecución y los plazos en los que se deben completar los documentos con conclusiones. El objetivo de esta fase es que la industria proponga opciones viables para cumplir con los Objetivos tácticos consolidados (NST) [12].

Las características básicas dimensionales ya serán invariables. Del proyecto de construcción de un buque al final de la fase de viabilidad se deben alcanzar los siguientes objetivos [12]:

1. Un plano exterior donde se sitúen sensores, armas, aeronaves, ejes, etc.
2. Configuración de los sistemas de combate, mando y control, de comunicaciones y sistemas propios del barco.
3. Un plano interior del buque dividido por cubiertas y mamparos estancos, además de la función y destino de cada compartimento. En la Figura 2-3 se puede observar un ejemplo de plano de disposición general de una vista longitudinal en el que se aprecian cubiertas y locales de un Buque de acción marítima de la Armada Española.

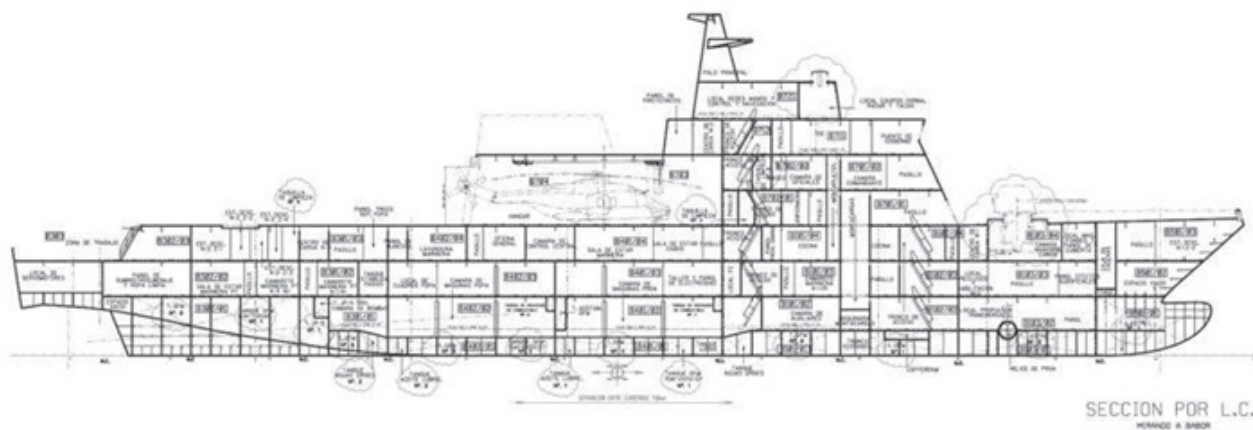


Figura 2-3: Sección longitudinal por crujía de un BAM [13]

4. Realizar un estudio de los costes del ciclo de vida, el apoyo logístico integrado, coste de adquisición y pruebas de sistemas y equipos prototipo.
5. Desarrollar una memoria explicativa donde se incluyan las misiones principales, secundarias y las características principales de la plataforma.
6. Realizar un análisis estructural para obtener la distribución de temperaturas, esfuerzos estructurales y vibraciones.
7. Realizar estudios sobre la estabilidad del buque intacto y después de averías.
8. Estudiar la previsión del comportamiento del buque en la mar en función de la meteorología prevista para las zonas de operación.
9. Realizar una estimación de pesos con cifras globales.
10. A partir de un estudio de buques similares realizar una extrapolación del coste estimado.
11. Estudiar la vulnerabilidad, supervivencia y compatibilidad.

Hay países que no cuentan con independencia tecnológica, es decir, que muchos de los elementos con los que contará el buque tendrán que ser adquiridos de otros países. Por ello, es importante la realización de un plan para la obtención de sistemas y equipos. Para ello, los documentos necesarios para la adquisición de equipos son muy importantes. Entre estos documentos destacan [12]:

- Requerimientos técnicos de los equipos.
- Análisis técnico de las respuestas obtenidas para poder ajustar los presupuestos y el cumplimiento de requisitos adicionales.
- Cláusulas de garantías teniendo en cuenta el momento en el que comenzará a contarse el tiempo de vigencia y la asignación de responsabilidades entre suministradores.
- Tiempo en que los suministradores se comprometen a entregar repuestos para poder planificar el apoyo logístico integrado.

Otra parte importante de esta fase es comenzar a hacer frente al problema de la integración de sistemas, comenzando a nivel de subsistemas y finalizando a nivel buque [12].

Se realiza una nueva aproximación al dimensionamiento del buque. El punto de partida para este dimensionamiento está en los NST. En función de las capacidades definidas en los NST que vaya a tener el buque es suficiente para estimar con poco error los volúmenes, las áreas y el desplazamiento [14].

En este punto, al contar con una base de datos de buques similares se puede llevar a cabo una distribución de masas principales, volúmenes y áreas mínimas necesarias para los diferentes sistemas. Es importante tener en cuenta una serie de márgenes. Los principales factores para considerar en el cálculo de volúmenes, desplazamiento y áreas son [14]:

- Las masas de los sistemas.
- Volúmenes y áreas de equipos, de accesos, de zonas de habitabilidad, etc.

Los buques de guerra tienen características muy diferentes a las de buques convencionales.

Por ejemplo, un requisito importante de los buques de guerra es que puedan alcanzar una determinada velocidad de acuerdo a las necesidades de la misión. Para conseguir esta velocidad hace falta que la eslora del barco sobrepase considerablemente los criterios de carácter general de otros buques. Así, la eslora mínima necesaria de la cubierta principal se determina mediante la suma de longitudes mínimas ocupadas por equipos, sistemas y superestructura [14].

Por otro lado, hay que tener en cuenta una serie de restricciones para la eslora, como puede ser las dimensiones de las gradas de construcción. De la misma forma que la eslora, en un buque de guerra la manga se ve condicionada tanto por necesidades de estabilidad inicial del buque como por el tamaño y espacio de la maquinaria principal [14].

Durante esta fase se calculan también los coeficientes de formas del buque y el francobordo del buque.

Mediante los estudios de pre-viabilidad se establecieron los objetivos funcionales del sistema de combate. Además, se realiza un análisis en profundidad de los “software” desarrollados. A partir de esto, se consigue obtener un modelo físico, el cuál sigue el siguiente proceso [15]:

1. Revisión de los requisitos operativos del buque.
2. Se establecen las funciones técnicas a partir del lenguaje técnico obtenido en el punto anterior.
3. Las funciones relacionadas en los puntos anteriores y sus interfaces constituyen ahora el modelo lógico de funciones.
4. Se realiza la asignación de las funciones especificando si se realizarán por “hardware” o por “software”, así como analizar y resolver las interfaces.
5. Elaboración del modelo físico donde se especificarán los sistemas y equipos que compondrían el sistema de combate.
6. Realizar un nuevo recorrido por todo el proceso, hasta alcanzar el modelo físico definitivo.

En la Figura 2-4 se puede observar un diagrama que representa el proceso de obtención del modelo físico asociado a un ciclo iterativo y del que nacen los esquemas en espiral de diseño.

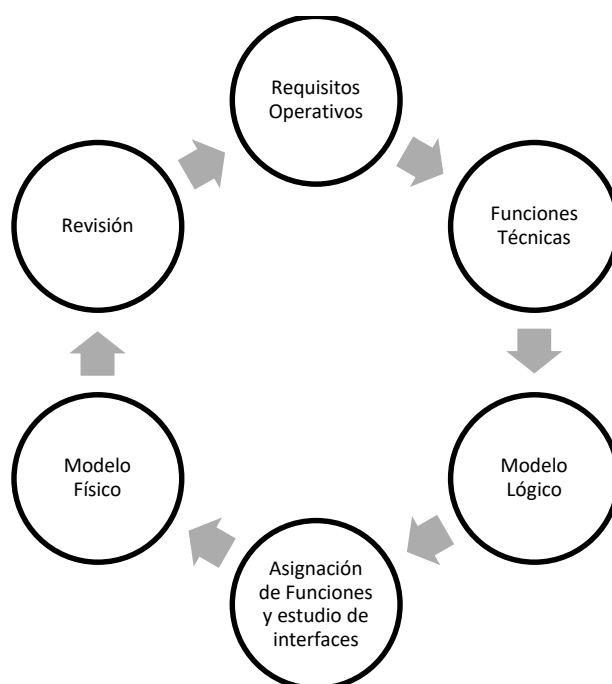


Figura 2-4: Obtención del modelo físico durante la segunda fase (Fuente propia basada en [15])

La arquitectura del sistema de combate ha variado mucho a medida que la tecnología avanza, inicialmente las capacidades de los buques eran menos exigentes, y por ello que la arquitectura del sistema de combate era más sencilla que la de hoy en día. A medida que las amenazas evolucionan, hace falta ir desarrollando nuevas capacidades lo que conlleva a una distribución más compleja del sistema de combate [15].

En la Figura 2-5 se aprecia la disposición esquemática general de la arquitectura distribuida de un sistema de combate.

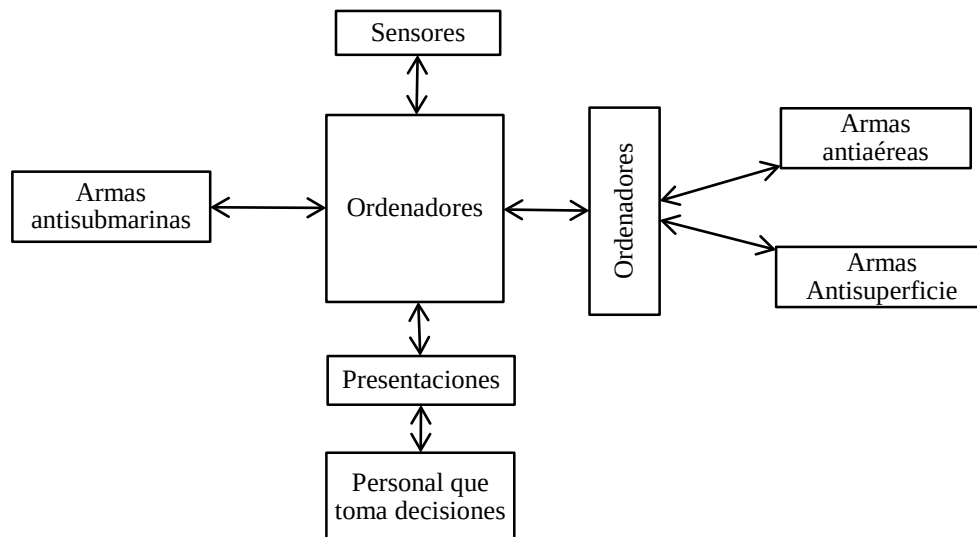


Figura 2-5: Disposición esquemática de un SC (Fuente propia basada en [15])

2.4.3 Tercera Fase: Definición del proyecto y proyecto de contrato

El objetivo de esta fase es la obtención de los documentos definitivos del proyecto referidos a una de las opciones, de la fase anterior, consistentes en estudios necesarios para obtener como mínimo [16]:

- Las dimensiones definitivas.
- Materiales adecuados para la construcción.
- La distribución de compartimentos.
- Los esquemas de los servicios.
- La definición de las armas y los sensores.
- El desarrollo de programación informática (software) táctica, de gestión, la integración y la arquitectura de los subsistemas del sistema de combate.

Todo esto, se puede definir como los Requerimientos tácticos finales (NSR). Esta fase consiste también en un proceso iterativo en el cual hay que llevar a cabo una serie de documentación, estudios y ensayos a realizar. Que son los siguientes [16]:

1. Requerimientos tácticos finales.
2. Dimensionamiento.
3. Ensayos de canal.
4. Diagramas del sistema de combate, incluyendo mando y control y diagramas del SICP.
5. Disposición general de la maquinaria, CIC, etc.
6. Estudios de disponibilidad, fiabilidad y mantenimiento de equipos y sistemas.
7. Desarrollo del plan de apoyo logístico integrado (ALI).
8. Disposición general del buque.
9. Estudios de interferencias electromagnéticas.
10. Estudios de la capacidad de combate, de las firmas del buque y de supervivencia.
11. Identificación de incompatibilidades y de interfaces.

12. Selección de equipos.
13. Presentación para aprobación del Gobierno.

En la Figura 2-6 se puede observar un esquema de la propulsión de un buque desde su visualización en el sistema integrado de control de plataforma SICP. En este caso el del LHD “Juan Carlos I”.

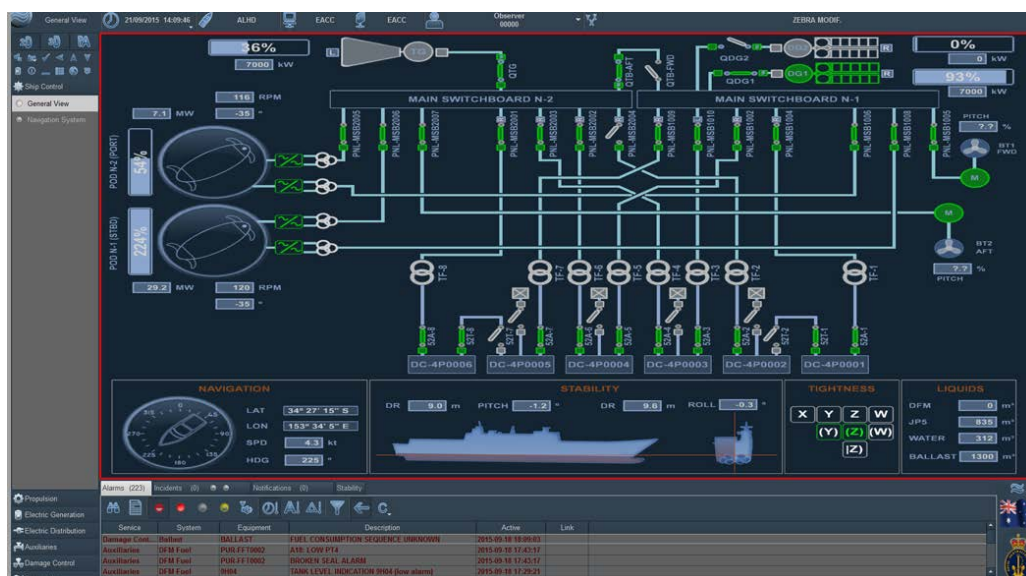


Figura 2-6: Diagrama de un SICP [17]

En esta fase hace falta tener en cuenta también una serie de consideraciones respecto al dimensionamiento calculado en anteriores fases. Hay que comprobar el francobordo calculado anteriormente mediante la introducción de nuevos datos obtenidos de estudios realizados a buques similares [16].

2.4.4 Cuarta Fase: Proyecto de detalle y construcción del buque prototipo

Esta fase comienza con la firma del contrato entre el Gobierno y el astillero seleccionado. Las distintas secciones del astillero constructor van entrando ordenada y sucesivamente en el desarrollo del proyecto, para que, una vez iniciada su participación ya continúan integradas con el resto de las secciones hasta que se acabe el periodo de garantía, un año después de la entrega a la Armada [18].

A partir de la documentación elaborada en la fase anterior, la sección técnica del astillero va iniciando el desarrollo del proyecto, en el siguiente orden:

1. Elaborar programas detallados de producción de los planos de trabajo, la tramitación de pedidos, los de aplicación de mano de obra y el programa secuencial de los hitos principales. Entre estos hitos destacan la botadura, arranque de generadores, etc.
2. Desarrollar la estrategia constructiva que va a consistir en dividir el buque en bloques y subbloques y planificar la introducción de los equipos en esos bloques antes de la botadura.
3. Elaborar toda la documentación para la construcción y apoyará al buque en su ciclo de vida inmediato.
4. Elaborar planes de trabajo compuestos por la disposición de equipos y sistemas y por la hoja de materiales.
5. Crear planos específicos, por ejemplo, los de varada en dique.
6. Creación de la documentación de pruebas en fábrica, recepción en astillero, etc.
7. Especificaciones de compra de equipos principales.
8. Se realiza los pedidos de todos los componentes del buque, editados con la secuencia reflejada en el programa de pedidos.
9. Documentación correspondiente que garantice la calidad.

10. Cualquier cambio al proyecto en esta fase, independientemente de la procedencia, se debe recoger en la documentación respectiva.

Durante esta fase se podrán llevar a cabo modelos a escala real, mediante programas de ordenador. La construcción del prototipo se inicia con el corte del acero del casco para la fabricación del primer bloque que se colocará en la grada, pero no se puede iniciar hasta que se tenga toda la documentación necesaria. En nuestro caso, vamos a quedarnos en la primera fase para enmarcar un proyecto conceptual de un patrullero tipo de buques que definiremos a continuación y que marcará los siguientes pasos [18].

2.5 Buques patrulleros

Todos los países del mundo tienen como misión principal controlar sus aguas territoriales y jurisdiccionales y hacer frente a cualquier amenaza para defender su territorio. Las actividades ilegales cada vez son más numerosas y cada día aparecen nuevas amenazas.

Son barcos relativamente pequeños, generalmente diseñados para defensa de aguas territoriales, protección de fronteras, control de la inmigración ilegal y tareas de salvamento y rescate. Todo ello mediante el control del tráfico marítimo, tanto inspeccionando buques como defendiendo a otros buques frente a piratería [19].

2.5.1 Patrulleros de altura (OPV)

Los patrulleros de altura son las unidades más pequeñas capaces de operar alejados del territorio nacional. Normalmente son de menor tamaño que las corbetas. Por armamento también tienen menores capacidades que las corbetas o las fragatas, aunque a medida que se va innovando en tecnología y sistemas se pueden ver patrulleros de altura armados con misiles o torpedos.

En la Armada actualmente contamos con dos patrulleros de la clase “Descubierta”, los buques de acción marítima de la clase “Meteoro”, cuatro patrulleros de la clase “Serviola” y tres patrulleros de la clase “Chilreu” [2].

En la Figura 2-7 se puede observar el perfil de un tipo de patrullero de altura de la clase “Holland”.

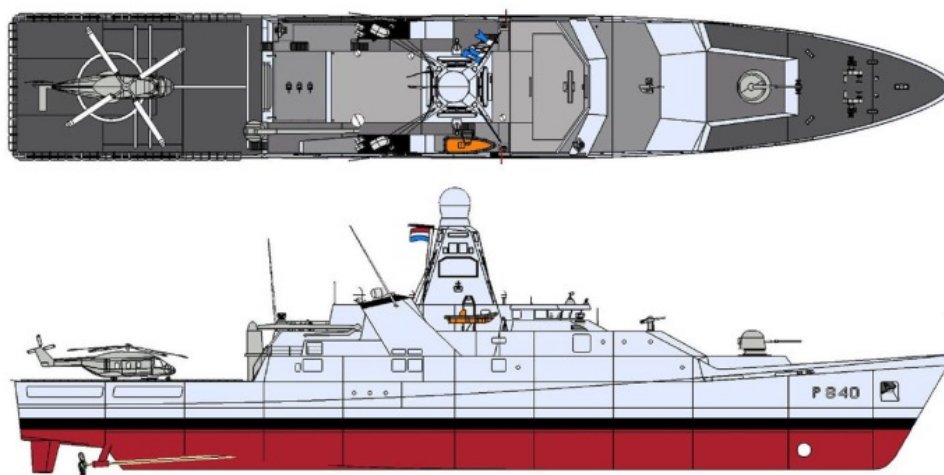


Figura 2-7: Perfil de un patrullero de altura [20]

2.5.2 Patrulleros interiores (IPV)

Este tipo de patrulleros también conocidos como patrulleros de costa, son los encargados de controlar las aguas interiores. Este tipo de patrulleros también se utilizan en ríos.

En España la Armada cuenta con dos patrulleros de la clase “Toralla”, tres patrulleros de la clase “Anaga”, dos patrulleros de vigilancia costera y un patrullero de vigilancia interior. Además de los

mencionados, cuenta con todos los patrulleros de otros cuerpos del Estado, como la Guardia Civil o Aduanas [2].

En la Figura 2-8 se puede observar un perfil de patrullero interior, más concretamente el perfil del patrullero Cabo Fradera.

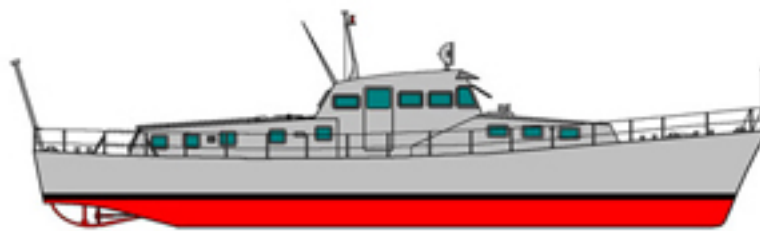


Figura 2-8: Perfil de un patrullero interior [21]

Veremos ahora, de forma muy resumida, cuales son los elementos empleados en el diseño naval como clave de partida para la obtención de una plataforma.

2.6 Fundamentos básicos de diseño naval

La forma del casco determina la flotabilidad y estabilidad de un buque. Al ser un buque un objeto tridimensional es necesario representar este mediante tres vistas ortogonales que nos permitan conocer su geometría para efectuar los cálculos de arquitectura naval.

2.6.1 Planos de formas y cartilla de trazado

El plano de formas de un buque, es una representación de líneas que describe las formas del casco. Los puntos que representan las formas, son las intersecciones entre el casco y las familias de planos que se dibujan paralelos a tres planos centrales de referencia orientados según los ejes XY, XZ y YZ. Representados en la Figura 2-9 [22]:

- TP: plano transversal
- LCP: plano diametral
- BLP: plano de línea de base

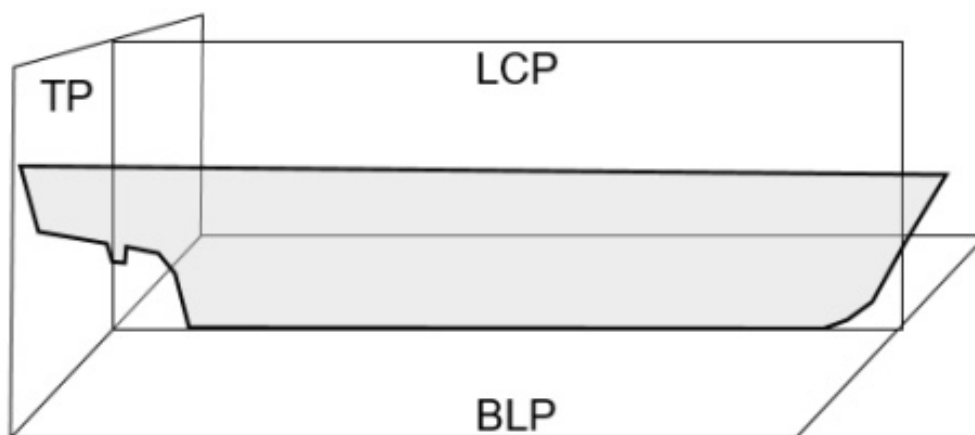


Figura 2-9: Plano de líneas de un buque [23]

Con todos los puntos de intersección entre las tres familias de planos paralelos, se elabora un documento en el que se representan numéricamente todos estos. Es una pieza fundamental en las fases siguientes a la conceptual.

2.6.2 Dimensiones principales

Las dimensiones principales de un buque de guerra se pueden observar en la Figura 2-10. Las principales son la eslora, la manga, el puntal, el calado y, en base a estos se pueden realizar cálculos de volúmenes, pesos desplazados de agua, y lo más importante, los coeficientes de formas que nos dan información importante sobre las relaciones entre las dimensiones del buque.

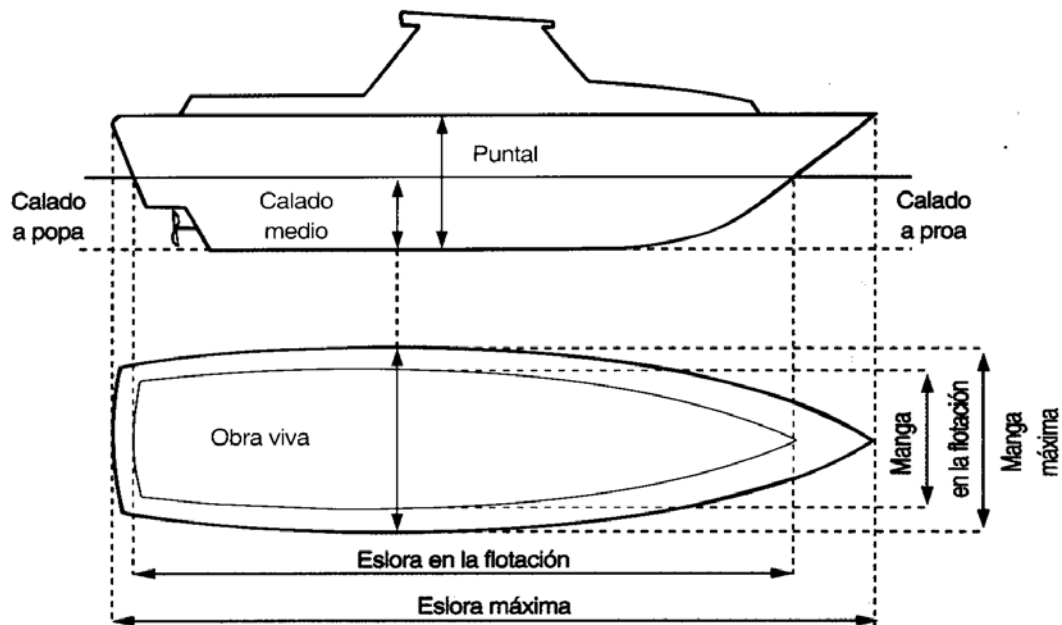


Figura 2-10: Dimensiones principales de un buque [24]

2.6.3 Coeficientes de forma

A la hora de hablar de herramientas de diseño naval, se debe hablar de los coeficientes de forma del buque que como ya hemos dicho, son un parámetro fundamental en el diseño. Los más destacables son [22]:

- **Coeficiente de bloque:** proporciona la relación entre el volumen desplazado y el volumen del paralelepípedo formado por la eslora, la manga y el calado. Este coeficiente se utiliza para representar las formas del buque.
- **Coeficiente de la maestra:** es la relación entre el área sumergida en la cuaderna maestra para un calado determinado y el área del rectángulo formado por ese calado y la manga.
- **Coeficiente prismático longitudinal:** este coeficiente está relacionado a la velocidad del buque en los diferentes modos de operación para los cuales ha sido diseñado. Este coeficiente ayuda a describir como se distribuye la flotabilidad a lo largo de la eslora del buque.
- **Coeficiente de superficie del plano de agua:** relaciona la superficie del plano del agua y el producto de manga y eslora.
- **Coeficiente volumétrico:** relaciona el volumen de desplazamiento con un décimo de la eslora del buque al cubo.

2.6.4 Principios básicos de estabilidad

A la hora de hablar de estabilidad, hay que tener en cuenta una serie de elementos fundamentales que son [22]:

- K: punto más bajo de la quilla.
- B: punto del centro de flotación.
- G: punto del centro de gravedad.

- M: punto del metacentro, que es el punto con respecto al cual el buque balancea y cabecea.

Todos estos puntos clave en la estabilidad del buque se pueden apreciar en la Figura 2-11. Todos los movimientos el buque ocurren con respecto al punto M, tanto transversales como longitudinales. En caso de encontrarse en equilibrio, habría una única línea y no se vería desplazado el punto B.

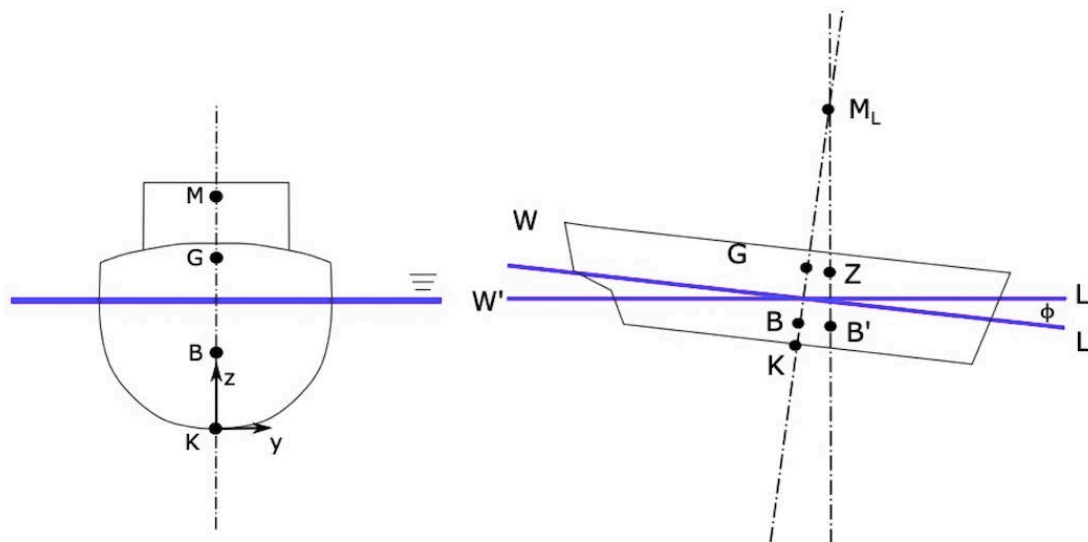


Figura 2-11: Diagramas de estabilidad transversal y longitudinal [23]

2.7 Sistemas embarcados

Un elemento fundamental que definiera nuestra plataforma serán los sistemas que embarquemos de los que consideramos especialmente de influencia los siguientes:

- Sistemas de propulsión
- Sistemas de Armas
- Sistemas de navegación, mando y control y comunicaciones

2.7.1 Sistemas de propulsión

Las misiones y ambientes en los que vaya a operar un buque de guerra son los que van a diferenciar a estos de los mercantes a la hora de escoger su tipo de propulsión. Por lo general, a un buque de guerra se le va a exigir tener la capacidad de alcanzar una alta velocidad en determinadas ocasiones, lo que va a llevar a la necesidad de tener plantas propulsoras con alta densidad de potencia [25].

Las tendencias principales a día de hoy de los buques militares residen en los sistemas de propulsión combinados, ya que permiten cumplir con los requisitos especificados para un buque de guerra además de servir como elementos de mejora de su eficiencia y por lo tanto del compromiso que la Armada Española tiene con el cuidado medioambiental y el desarrollo sostenible. Los principales sistemas combinados son los siguientes:

1. CODOG (Combined Diesel or Gas)

Es un sistema de propulsión naval que proporciona una velocidad máxima, notablemente mayor a su velocidad de crucero. Cada eje cuenta con un motor diésel, el cual se utiliza para velocidad de crucero, y una turbina de gas con una caja reductora, para alcanzar velocidades mayores. Ambos propulsores están conectados al árbol mediante embragues [25].

En la Figura 2-12 se puede observar el esquema general de un sistema de propulsión CODOG.

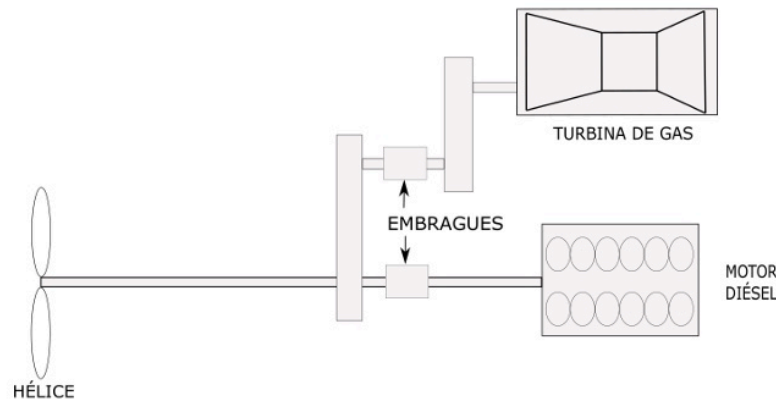


Figura 2-12: Esquema de un sistema de propulsión CODOG [26]

2. CODAG (Combined Diesel and Gas)

Es un sistema de propulsión que proporciona al igual que el CODOG velocidades máximas muy superiores a la velocidad de crucero. Consta de motores diésel para velocidad de crucero y turbina de gas para alcanzar mayores velocidades. Debido a las diferencias de potencia entre los motores diésel y la turbina hacen falta hélices de paso variable y unas cajas de transmisión multivelocidad. En este caso, el motor diésel y la turbina pueden operar a la vez gracias a las cajas de transmisión [25].

Este sistema de propulsión reduce el espacio ocupado que un sistema solo basado en diésel, con la misma capacidad de potencia máxima.

En la Figura 2-13 se observa el esquema general de un sistema de propulsión CODAG.

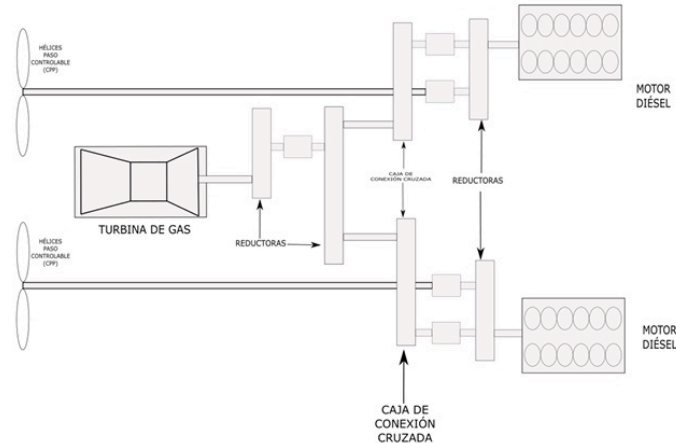


Figura 2-13: Esquema de un sistema de propulsión CODAG [26]

3. CODAD (Combined Diesel and Diesel)

Utiliza dos motores diésel en un mismo eje, los cuales pueden transmitir potencia al eje a la vez o separados entre sí. Utilizando ambos motores a la vez se puede conseguir una mayor potencia y nos daría velocidades mayores que utilizando un único motor diésel [25].

En la Figura 2-14 se puede apreciar un esquema de un eje impulsado por dos motores diésel.

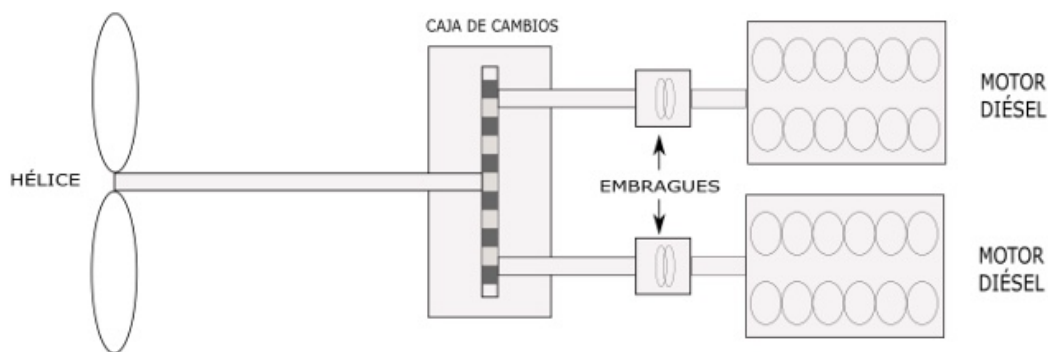


Figura 2-14: Esquema de un sistema de propulsión CODAD [26]

4. COGOG (Combined Gas or Gas)

Se utilizan dos turbinas, una de alta potencia para poder alcanzar grandes velocidades, y una de baja potencia para velocidades de crucero. Este sistema no cuenta con una caja de transmisión, por lo que no van a poder funcionar las dos turbinas a la vez para un mismo eje, que a su vez es una ventaja, ya que las cajas de transmisión son caras, pesadas y suelen dar bastantes fallos [25].

En la Figura 2-15 se muestra una representación de un eje impulsado por propulsión COGOG.

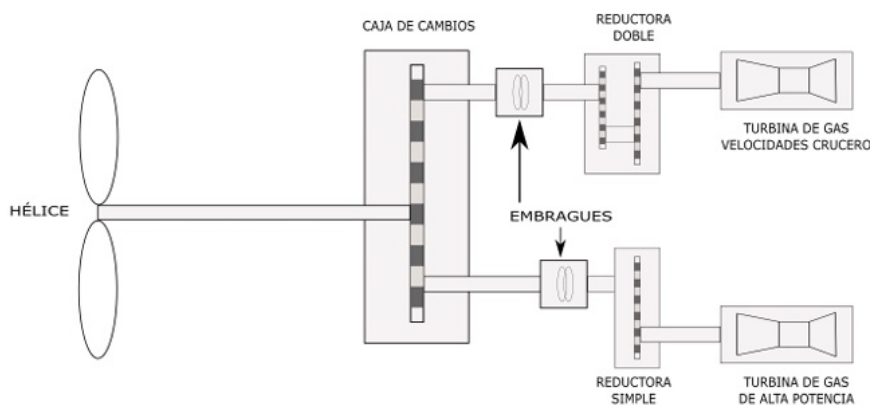


Figura 2-15: Esquema de un sistema de propulsión COGOG [26]

5. COGAG (Combined Gas and Gas)

Se diferencia del COGOG en que ahora ambas turbinas pueden impulsar el mismo árbol de manera simultánea. Las turbinas de gas son eficientes a carga máxima, pero son muy poco eficientes en regímenes bajos y por tanto grandes consumidoras de energía. Este sistema de propulsión ocupa menos espacio que los sistemas CODAG o CODOG, pero pierden en eficiencia a velocidad de crucero y menos eficiente que los CODAG a altas velocidades [25].

En la Figura 2-16 se ve el esquema de un sistema de propulsión COGAG.

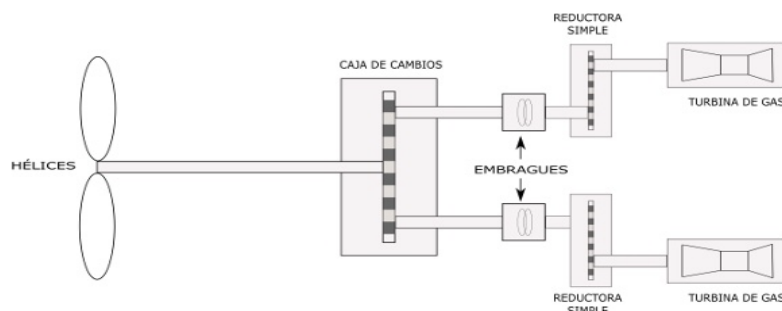


Figura 2-16: Esquema de sistema de propulsión COGAG [26]

6. CODLAG (Combined Diesel-Electric and Gas)

Utiliza motores diésel para propulsión y para generar potencia eléctrica para impulsar motores eléctricos. En este sistema, para velocidades de crucero se utilizan los motores diésel-eléctricos y para altas velocidades se acoplaría la turbina. En este sistema la turbina de gas y el motor diésel-eléctrico pueden transmitir simultáneamente potencia al árbol [27].

En la Figura 2-17 se puede ver una imagen esquematizada de un sistema de propulsión CODLAG.

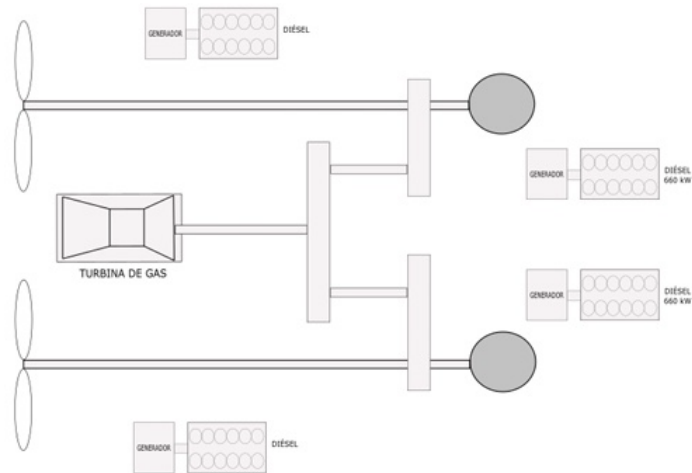


Figura 2-17: Esquema de sistema de propulsión CODLAG [26]

7. CODEO (Combined Diesel or Electric)

Utiliza dos motores diésel o eléctricos para transmitir potencia a un único árbol. En este sistema los motores diésel y los eléctricos no pueden transmitir potencia simultáneamente al eje. Hacen falta generadores diésel para suministrar a los motores eléctricos y estos son independientes de los motores diésel de propulsión. Este sistema ofrece un menor consumo de combustible y un menor peso del sistema de propulsión [27].

En la Figura 2-18 se observa una planta propulsora con sistema CODEO.

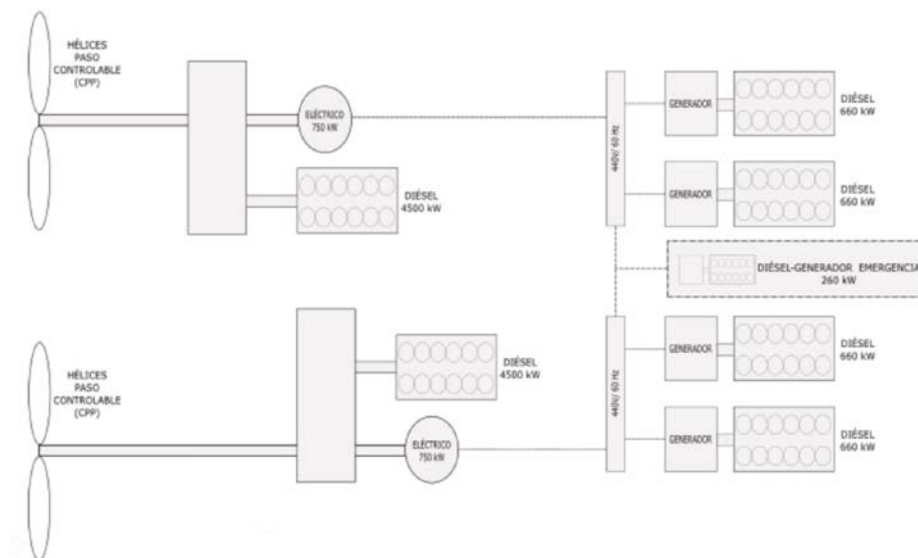


Figura 2-18: Esquema de sistema de propulsión CODEO [27]

2.7.2 Sistemas de Armas en buques de la Armada

En la Armada la gran variedad de clases de buques que tiene le permite tener un amplio abanico de Armas diferentes, desde misiles y montajes de artillería, hasta torpedos y armas portátiles. En nuestro caso por el tipo de buque nos interesa analizar y estudiar los elementos artilleros presentes en nuestras unidades y los posibles candidatos que los sustituyan.

1. Sistemas de artillería embarcados

En la Armada Española solo existen dos tipos de montajes de artillería en servicio, el cañón Oto Melara 76/62 y el cañón MK-45. El primero montado en las Fragatas de la clase F-80, en los BAM y en los patrulleros de la clase “Descubierta”. El Mk-45 lo montan únicamente las fragatas de la clase F-100 [28].

El Oto Melara 76/62 es un montaje de pequeño calibre que utiliza munición engarzada y cuya instalación ocupa 2 cubiertas diferentes. El Mk-45 es un montaje de mediano calibre que utiliza munición separada y cuya instalación ocupa 3 cubiertas [29].

En la Figura 2-19 se puede observar a la izquierda el montaje Mk-45 y a la derecha el montaje Oto Melara 76/62, en la imagen se puede observar la diferencia de espacio ocupado por cada montaje.

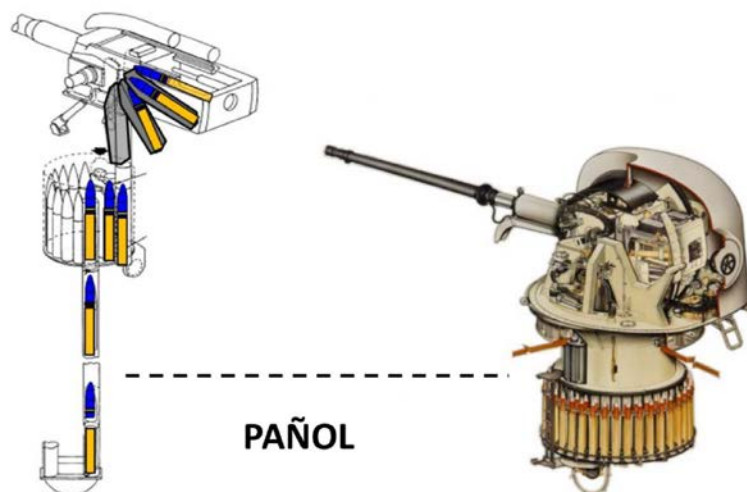


Figura 2-19: Montajes Mk-45 y Oto Melara 76/62 [28]

Además de los cañones, existen otro tipo de montajes de menor tamaño, montajes Oerlikon de 20 mm el cuál montan numerosos buques de la Armada, los Mk-38 de 25 mm que montan tanto los BAM como las fragatas F-100, cañones de 3"/50 como los de los patrulleros de la clase “Anaga”, ametralladoras MG de 7,62 mm que llevan también una gran variedad de buques de la Armada y ametralladoras Browning de 12,7 mm [30].

En la Figura 2-20 se puede observar un montaje Mk-38 a bordo de un BAM, arma que aumenta considerablemente el nivel de autodefensa de nuestro buque [31].



Figura 2-20: Montaje Mk-38 de los BAM de la Armada Española [32]

2. Sistemas de artillería recientes

Como ya se ha dicho previamente en este proyecto, todos los sistemas integrados en este buque van a ser todos de la industria nacional. En España contamos con la empresa Escribano que proporciona diferentes capacidades, tanto para el ejército de tierra, como para la Armada. Entre sus diferentes montajes vamos a destacar los montajes pensados específicamente para plataformas navales .

- **Sentinel 20**

Es una estación remotamente controlada, con capacidad de armas de 20 mm y 25 mm, el cual cuenta con un sensor electroóptico que tiene capacidad de seguimiento y fijado de blancos automático tanto de día como de noche. Este montaje se ve representado en la Figura 2-21 [33].

Tiene cuatro modos de operación: Combate, vigilancia, simulación y mantenimiento.

En cuanto a funcionalidades:

- Tiro a tiro, ráfaga o disparo continuo.
- Calculador balístico automático.
- Sistema optimizado de control de disparo.
- Modo manual de apoyo.



Figura 2-21: Montaje Sentinel 20 [20]

- **Sentinel 30**

Es una estación que mantiene las capacidades del Sentinel 20, pero con capacidad de armamento de 30 mm y hasta montajes de 40 mm. Este montaje se aprecia en la Figura 2-22 [34].

Cuenta con los mismos cuatro modos de operación que el Sentinel 20.

En cuanto a funcionalidades son las mismas que el Sentinel 20:

- Tiro a tiro, ráfaga o disparo continuo.
- Calculador balístico automático.
- Sistema optimizado de control de disparo.
- Modo manual de apoyo.



Figura 2-22: Montaje Sentinel 30 [21]

- **ASPIS**

Es una estación de armas con capacidad de montar ametralladoras automáticas de 7.62 mm y se puede ver la forma del montaje en la Figura 2-23 [35].

En cuanto a funcionalidades:

- Cuenta con un sistema de inhibición de fuego.
- Modo de entrenamiento.
- Sistema giro-estabilizado para aumentar la precisión de disparo.

Capacidad de disparo a más de 2 km de distancia y con capacidad de operar de noche y de día.



Figura 2-23: Montaje ASPIS [22]

2.7.3 Sistemas de navegación, mando y control y comunicaciones

Con el avance de la tecnología, este tipo de sistemas se han visto enormemente mejorados a lo largo de los años.

1. Sistemas de navegación

Todos los buques de la Armada cuentan a día de hoy con un sistema de cartografía digital WECDIS, que se encuentra conectado a su vez con el radar de navegación VisionMaster Sperry, el cual, es común a la mayoría de buques de la Armada [36].

2. Sistemas de mando y control y comunicaciones

Los sistemas de mando y control son los medios con los que cuenta la Armada, incluido personal, que sirven para mantener informado al mando superior en todo momento de la situación de una unidad, de personal, etc.

Hoy en día, las unidades de la Armada cuentan con muchos sistemas de comunicaciones de mando y control diferentes, en función de las misiones del buque [37].

2.8 Astilleros nacionales

En España existen grandes astilleros especializados en la construcción de buques de guerra. Sin embargo, debido a la entidad de sus medios se hace económicamente inviable la construcción de series cortas de patrulleros de entre 30 y 60 metros de eslora, ya que utilizar este tipo de mega instalaciones conlleva un encarecimiento para la construcción de buques menores y más en cantidad limitada.

El coste final puede ser inasumible para el Estado en caso de querer hacer una renovación escalonada de estas unidades y, la situación económica y social en nuestro país, hace inviable ejecutar un gran plan de modernización de la flota de patrulleros.

Existen astilleros más pequeños en nuestro país, que podrían ser una salida para una renovación unidad a unidad de la flota actual de patrulleros de la Armada. Algunos los veremos a continuación.

2.8.1 Gondán

Cuenta con dos instalaciones, una en el puerto de Figueras (Asturias), la cual tiene una capacidad de construcción de buques de hasta 100 metros de eslora y 22 metros de manga, utilizan el acero como material principal. La otra instalación es una instalación en planta en Castropol (Asturias) con una capacidad para buques de hasta 42 metros y utilizan como material principal resinas y fibras [38].

2.8.2 Rodman

Cuenta con dos instalaciones ambas en la Ría de Vigo, una en Moaña con una capacidad de construcción de buques de hasta 46 metros de eslora y utilizan resinas y fibras como material principal en sus buques [39]. Su otra instalación se encuentra en Vigo y tiene una capacidad para buques de hasta 162 metros de eslora y fabricación en acero [40].

2.8.3 Nodosa

Su instalación localizada en el puerto de Marín (Pontevedra) tiene capacidad para construcción de buques de hasta 150 metros de eslora. Los principales materiales con los que se trabaja en este astillero son: aceros al carbono, aceros inoxidables, aluminios y diferentes aleaciones de metales [41].

2.8.4 Freire

Está localizado en Vigo (Pontevedra) y tiene una capacidad para construir buques de hasta 155 metros de eslora. Los principales materiales con los que trabajan son acero y aluminio [42].

A la vista del estado del arte, tenemos una visión centrada sobre qué es un buque de guerra, las características de un patrullero, la normativa que podemos aplicar en su construcción, el proceso que se sigue para su obtención además de, conocer elementos importantes como los sistemas de propulsión y de armas más actuales para considerarlos en nuestro proyecto.

3 DESARROLLO

3.1 Misiones

Las misiones principales de nuestro patrullero van a ser las mismas que las de esta clase de patrulleros actualizando los medios. La misión principal de esta clase de patrulleros es la de protección de espacios marítimos de soberanía e interés nacional, tanto Mar territorial como la Zona económica exclusiva ZEE, todo ello con capacitación para:

1. Vigilancia de estos espacios marítimos con el fin de prevenir, disuadir y detectar actividades delictivas.
2. Control del tráfico marítimo.
3. Capacidad de búsqueda y seguimiento de buques sospechosos de realizar actividades ilícitas.
4. Apoyar a otros organismos del Estado en misiones contra la inmigración ilegal, narcotráfico, etc.
5. Poder realizar operaciones de visita, registro y apresamiento de buques.
6. Misiones SAR.
7. Lucha contra la polución marina.

Sobre la base de estas misiones procederemos a obtener un juego de dimensiones fundamental en el que juega un papel importante la base de datos del Anexo I que se genera para este trabajo y su análisis.

3.2 Juego de dimensiones y coeficientes

Para efectuar esta parte del trabajo hemos procedido a efectuar un estudio exploratorio de patrulleros en servicio de distintas marinas del mundo.

Mediante el programa Excel creamos una base de datos con estos buques que cumplen misiones similares a las de nuestro patrullero que se puede observar en el Anexo I

Esta base de datos nos permite un abanico amplio de opciones de patrulleros que nos servirán para establecer unas dimensiones aproximadas iniciales.

Es necesario tener en cuenta, además de las dimensiones de estos buques, las características principales de los mismos. Este proceso de dimensionamiento es una de las tareas principales a la hora de empezar un nuevo proyecto. Conseguir establecer unas primeras dimensiones, es primordial para empezar a ver cómo va tomando forma el proyecto sobre todo en el caso de buques de guerra donde la documentación es limitada y escasa.

Para hacer la recopilación de unidades, se puede obtener información facilitada por Armadas de otros países, e incluso los propios astilleros proporcionan información sobre buques ya construidos.

Todos los cálculos y números de este apartado utilizan notación inglesa, es decir, los decimales representados por puntos y los millares representados con coma.

Hemos obtenido una muestra suficientemente amplia para, mediante regresión estadística, lograr obtener los valores máximos y mínimos de las principales relaciones de dimensiones y, sus relaciones como se puede observar en la Tabla 3-1.

	L/B	B/D	T/D	L/D	L/V	L/Desp
MÁX	7.66	2.75	0.89	18.78	4.29	1.18
MÍN	3.49	0.43	0.12	2.90	0.89	0.04

Tabla 3-1: Rango de dimensiones (Fuente propia)

3.2.1 Juego de dimensiones

Aunque no todos los valores de la Tabla 3-1 son valores adimensionales, unos nos sirven para poder obtener una primera estimación del dimensionamiento del proyecto, por métodos tradicionalmente aceptados en construcción naval en esta fase del proyecto general del buque y otros como base de referencia entre magnitudes que nos permitan mediante los cálculos posteriores cotejar la calidad de los resultados y su ajuste.

Utilizamos la ecuación del Gráfico 3-1 para poder calcular la eslora en función del desplazamiento sacamos la fórmula (3-1)

$$L = 0.0225 * \Delta + 43.11 \quad (3-1)$$

Donde:

Δ : desplazamiento en t.

L: eslora en m.

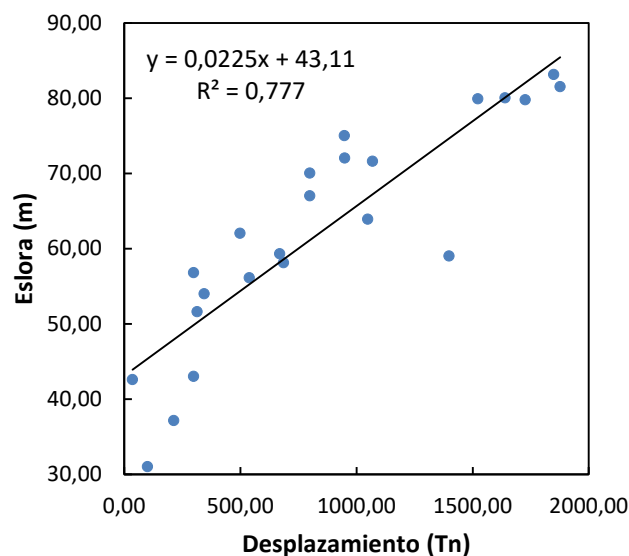


Gráfico 3-1: Eslora en función del desplazamiento

Realizando el mismo proceso, del Gráfico 3-2 obtenemos una ecuación (3-2) para la manga en función del desplazamiento.

$$B = 0.0029 * \Delta + 8.3137 \quad (3-2)$$

Donde:

B: manga en m.

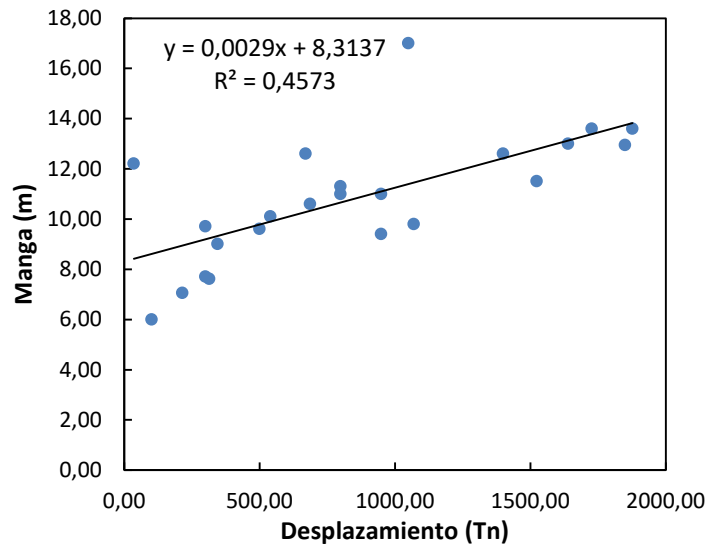


Gráfico 3-2: Manga en función del desplazamiento

Para poder obtener un valor inicial de puntal, obtenemos la relación entre el desplazamiento del buque y el puntal. Nuestra evaluación en este caso tendrá mayor sesgo que las vistas anteriormente al no disponer de una muestra del mismo tamaño, pero nos sirve para obtener un valor inicial de desplazamiento. En este caso como se puede observar en el Gráfico 3-3 vamos a utilizar una función exponencial (3-3).

$$L * B * D = 83.81 * \Delta^{0.5711} \quad (3-3)$$

Donde:

D: puntal en m.

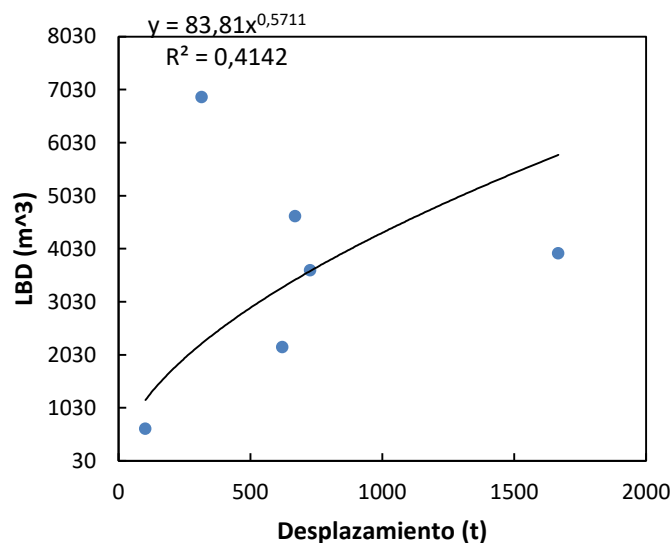


Gráfico 3-3: LBD en función del desplazamiento

Contando ya con las relaciones principales podemos comenzar a obtener las primeras dimensiones. Vamos a partir de un valor de desplazamiento (3-4), este valor va a ser la media de todos los valores de desplazamiento de la base de datos creada, estableciéndose redondeo a la decena.

$$\Delta = 870 \text{ t} \quad (3-4)$$

Con este valor aproximado y las rectas de regresión obtenemos los valores de eslora (3-5), manga (3-6) y puntal (3-7).

$$L = 0.0225 * 870 + 43.11 = 62.69 \text{ m} \approx 63 \text{ m} \quad (3-5)$$

$$B = 0.0029 * 870 + 8.3137 = 10.84 \text{ m} \approx 11 \text{ m} \quad (3-6)$$

$$D = \frac{83.81 * 870^{0.5711}}{63 * 11} = 5.77 \text{ m} \approx 6 \text{ m} \quad (3-7)$$

Utilizando el Gráfico 3-4 calculamos el calado en función del desplazamiento calculado previamente (3-8).

$$T = 0.0011 * \Delta + 2.0932 = 3.05 \approx 3 \text{ m} \quad (3-8)$$

Donde:

T: calado en m.

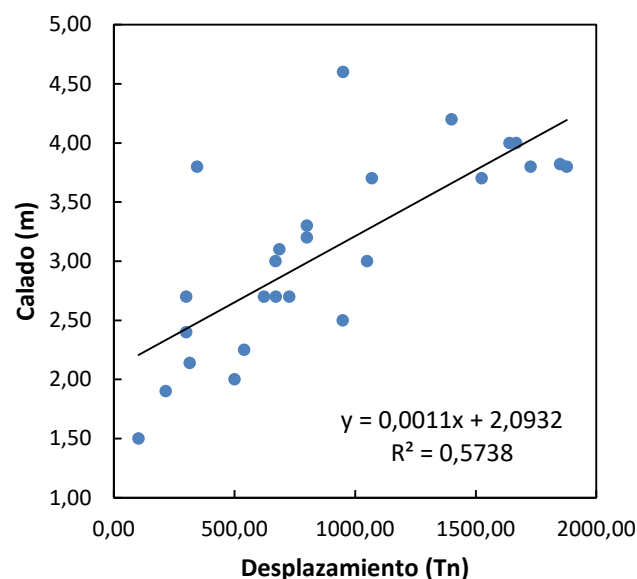


Gráfico 3-4: Calado en función del desplazamiento

La aproximación del valor de velocidad (3-9) de nuevo utilizando la regresión lineal del Gráfico 3-5.

$$V = -0.2035 * L + 39.702 = 26.88 \text{ kn} \approx 27 \text{ kn} \quad (3-9)$$

Donde:

V: velocidad en kn.

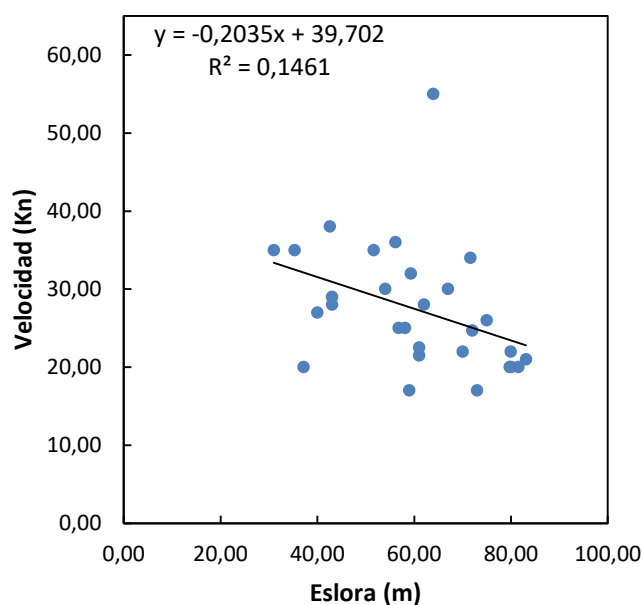


Gráfico 3-5: Velocidad en función de la eslora

Contrastando los resultados con la Tabla 3-2 obtendremos otra aproximación de velocidad (3-10), debido a que esta está más enfocada en los diferentes tipos de buques de guerra.

Desplazamiento (t)	Tipo de Buque	V (nudos)	V/ $\sqrt{L}$
> 4,000	Destructor	> 30	2.52-2.85
> 2,500	Fragata	> 26	2.50-2.85
> 800	Corbeta	> 20	2.25-2.38
> 300	Patrullero	> 35	4.65-4.80
> 300	Patrullero	> 20	2.85-3.00

Tabla 3-2: Tabla de referencia para velocidad en función de eslora y desplazamientos [14].

$$V = 3 * \sqrt{63} = 23.81 \text{ kn} \approx 24 \text{ kn} \quad (3-10)$$

Este valor será el que consideraremos para nuestro patrullero ya que es un valor que permite cumplir con los requerimientos operacionales que nos hemos marcado en principio.

3.2.2 Juego de coeficientes

Habiendo obtenido las dimensiones principales, pasamos a calcular los diferentes coeficientes de forma del buque, comenzando el coeficiente de bloque (3-11) [43].

$$Cb = \frac{\Delta}{B * L * T * 1.025} = \frac{870}{11 * 63 * 3 * 1.025} = 0.41 \quad (3-11)$$

Donde:

Cb: coeficiente de bloque.

Calculamos el número de Froude a partir de la fórmula de Alexander (3-12) [43].

$$Fn = \frac{v}{\sqrt{(g * L)}} = \frac{12.35}{\sqrt{(9.81 * 63)}} = 0.50 \quad (3-12)$$

Donde:

Fn: número de Froude.

g: aceleración de la gravedad en m/s².

Con el número de Froude calculamos el coeficiente de la maestra mediante la ecuación (3-13) [43].

$$Cm = 0.75 + (1 - Fn)^4 = 0.75 + (1 - 0.5)^4 = 0.81 \quad (3-13)$$

Donde:

Cm: coeficiente de la maestra.

Teniendo coeficiente de la maestra y el coeficiente de bloque podemos calcular el coeficiente prismático (3-14) ya que es una relación de los mismos [43].

$$Cp = \frac{Cb}{Cm} = \frac{0.41}{0.81} = 0.51 \quad (3-14)$$

Donde:

Cp: coeficiente prismático.

Calculado el coeficiente prismático, obtenemos el coeficiente de flotación mediante la fórmula (3-15) [43].

$$Cf = 1 - 0.3 * (1 - Cp) = 1 - 0.3 * (1 - 0.51) = 0.85 \quad (3-15)$$

Donde:

Cf: coeficiente de flotación.

3.2.3 Pesos y centros de gravedad

Vamos a calcular ahora los diferentes pesos, tanto el peso muerto como el peso en rosca que están relacionados en base a la fórmula (3-16).

$$\Delta = DW + LS \quad (3-16)$$

Donde:

DW: Peso muerto en t

LS: Peso en rosca en t.

Para poder calcular el DW (3-18) y el LS (3-19), necesitamos el valor de Cd que es el coeficiente que representa la relación entre DW y Δ (3-17). Para ello vamos a utilizar una aproximación de Cd = 0.37, sacada de un documento en el que vienen diferentes valores para Cd en función de los distintos tipos de buques [44].

$$Cd = \frac{DW}{\Delta} \quad (3-17)$$

$$DW = 0.37 * 870 = 321.9 \text{ t} \approx 320 \text{ t} \quad (3-18)$$

$$LS = 870 - 320 = 550 \text{ t} \quad (3-19)$$

Para calcular la situación longitudinal del centro de carena utilizaremos la fórmula (3-20), y el resultado obtenido se puede ver en la ecuación (3-21) [44].

$$\frac{X_{cc}}{L} * 100 = 17.5 * C_p - 12.5 \quad (3-20)$$

$$X_{cc} = (17.5 * 0.51 - 12.5) * \frac{63}{100} = -2.15 \quad (3-21)$$

Donde:

Xcc: centro de carena referido a la semieslora del buque, positivo a proa de la cuaderna maestra en m.

Teniendo el Xcc, obtenemos el valor de LCG (3-22).

$$LCG = \frac{63}{2} - 2.15 = 29.35 \text{ m} \quad (3-22)$$

Donde:

LCG: centro de gravedad longitudinal en m.

Vamos a estimar también el KG utilizando una aproximación para nuestro buque en función del KG de un buque con características y dimensiones similares a las nuestras (3-23) [37].

$$KG = 4.5 \text{ m} \quad (3-23)$$

Donde:

KG: centro de gravedad en m.

Este buque por las misiones para las que va a ser empleado, su autonomía debe ser suficiente como para poder destacarse a cualquier punto de nuestras aguas de soberanía, el punto más alejado serán las islas canarias. Por ello, vamos a establecer una autonomía de 2500 mn, para poder realizar el trayecto de ida y vuelta desde cualquier punto de la península ibérica.

Como último parámetro vamos a calcular la eslora entre perpendiculares mediante la fórmula (3-24) [44].

$$L_{pp} = 13.4 * (DW)^{0.25} = 13.4 * 320^{0.25} = 56.68 \approx 57 \text{ m} \quad (3-24)$$

Donde:

Lpp: eslora entre perpendiculares en m.

Como resumen de todos los parámetros calculados hasta el momento construimos Tabla 3-3.

Dimensión	Valor
Eslora (L)	63 m
Eslora entre perpendiculares (Lpp)	57 m
Manga (B)	11 m
Calado (T)	3 m
Puntal (D)	6 m
Desplazamiento (Δ)	870 t
Velocidad (V)	24 kn
Autonomía (mn)	2,500 mn
Peso en rosca (LS)	550 t
Peso muerto (DW)	320 t

Tabla 3-3: Dimensiones principales del buque (Fuente propia)

3.3 Estudio de potencia

Para obtener una aproximación a la potencia deseada utilizaremos el método de Holtrop el cual nos sirve para calcular la resistencia total al avance (3-25). Al utilizar este método tendremos en cuenta una serie de simplificaciones. Todas las formulas utilizadas para calcular la resistencia son sacadas de la ITTC-57 [46].

$$R_t = R_v + R_{ap} + R_w + R_b + R_{tr} + R_a \quad (3-25)$$

Donde:

R_t : resistencia total.

R_v : resistencia viscosa.

R_{ap} : resistencia de los apéndices.

R_w : resistencia por formación de olas.

R_b : resistencia de presión por el bulbo.

R_{tr} : resistencia de presión de las popas de estampa cuando están sumergidas.

R_a : resistencia debida al coeficiente de correlación modelo-buque, C_a .

Simplificaciones:

- Al no contar con aletas estabilizadoras, el único apéndice que tendremos será el timón, el cual se encuentra en popa por lo que despreciamos el valor (3-26).

$$R_{ap} = 0 \quad (3-26)$$

- Nuestro buque tampoco contará con un bulbo de proa, por lo que también despreciaremos ese valor de resistencia (3-27).

$$R_b = 0 \quad (3-27)$$

- Nuestro espejo de popa no se encontrará sumergido por lo tanto su valor de resistencia también será despreciable (3-28).

$$R_{tr} = 0 \quad (3-28)$$

- Al estar haciendo el diseño conceptual del modelo, no tendremos en cuenta tampoco esa resistencia (3-29).

$$R_{tr} = 0 \quad (3-29)$$

- Además, como sabemos que la Resistencia Viscosa va a ser significativamente mayor que la resistencia por formación de olas, asumiremos lo siguiente (3-30).

$$R_w = 0.2 * R_v \quad (3-30)$$

Con todas las simplificaciones obtenemos la siguiente fórmula (3-31):

$$R_t = 1.2 * R_v \quad (3-31)$$

Para obtener el valor total de resistencia necesitamos obtener el valor de R_v mediante la ecuación (3-32), para ello utilizaremos las fórmulas (3-33), (3-34), (3-35) y (3-36) las cuales nos darán los diferentes valores para los parámetros de R_v .

$$R_v = \frac{1}{2} * \rho * S * V^2 * C_f * (1 + k_1) \quad (3-32)$$

$$C_f = \frac{0.075}{(\log(Re) - 2)^2} \quad (3-33)$$

$$(1 + k_1) = 0.93 + 0.487118 * \left(\frac{B}{L}\right)^{1.06806} * \left(\frac{T}{L}\right)^{0.46106} * \left(\frac{L}{L_r}\right)^{0.0121563} * \left(\frac{L^3}{\nabla}\right)^{0.36486} * (1 - C_p)^{-0.604247} \quad (3-34)$$

$$\frac{L_r}{L} = 1 - C_p + \frac{0.06 * C_p * LCB}{4 * C_p - 1} \quad (3-35)$$

$$Re = \frac{V * L}{\nu} \quad (3-36)$$

Donde:

V: velocidad en m/s.

C_f : coeficiente de resistencia de fricción del buque según la ITTC-57 [46].

Re: número de Reynolds.

ν : viscosidad cinemática en m^2/s .

Para realizar los cálculos vamos a tomar como valor de la viscosidad cinemática a 20 °C del agua de mar y a 1 atm de presión el representado en la ecuación (3-37).

$$\nu = 1.0634 * 10^{-6} m^2/s \quad (3-37)$$

Formula de Denny (3-38) para calcular la superficie mojada, la cual, es de las más empleadas en esta fase del proyecto.

$$S = 1.7 * L * T + \frac{\nabla}{T} \quad (3-38)$$

Ahora que tenemos todas las formulas necesarias, vamos despejando los diferentes valores de las ecuaciones vistas previamente y obteniendo los resultados representados en (3-39), (3-40), (3-41), (3-42) y (3-43) que utilizaremos para el calculo de resistencia viscosa.

$$Re = 7.31 * 10^8 \quad (3-39)$$

$$Cf = 0.00159178 \quad (3-40)$$

$$(1 + k1) = 0.94847199 \quad (3-41)$$

$$S = 27,6511.776 \text{ m}^2 \quad (3-42)$$

$$Rv = 32,614.7214 \text{ N} \quad (3-43)$$

Una vez obtenemos la resistencia viscosa, emplearemos la fórmula (3-44) para obtener la resistencia total.

$$Rt = 1.2 * Rv \approx 39,140 \text{ N} \quad (3-44)$$

Una vez determinada la resistencia total, podemos calcular la potencia necesaria de nuestro buque mediante la fórmula (3-45).

$$Pot = Rt * V = 805,370 \text{ W} \quad (3-45)$$

En general un patrullero necesita en ciertos momentos alcanzar velocidades máximas, es por ello que vamos a utilizar de nuevo regresión lineal con los valores de potencia de la base de datos del Anexo I para ajustarnos a un valor de potencia máximo que nos permita alcanzar estas velocidades altas, en caso de variar el criterio inicial de 24 nudos.

El valor de regresión obtenido del Gráfico 3-6 se aprecia en la ecuación (3-46).

$$Pot = 0.0014 * \Delta + 14.487 = 15,700 \text{ kW} \quad (3-46)$$

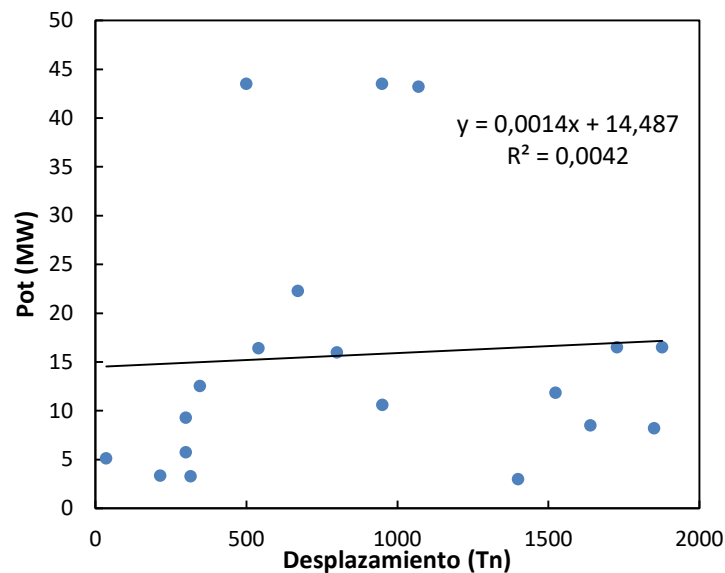


Gráfico 3-6: Potencia en función del desplazamiento

Este valor es significativamente mayor al calculado previamente, por lo tanto, vamos a tomarlo como un valor máximo de potencia para la hora de escoger los motores utilizados para propulsión. Los valores de Potencia final serán siempre superiores a 1,000 kW y no excederá los 16,000 kW. Este valor se ajustará posteriormente en fases más altas del diseño, pero sirve para nuestro propósito inicial.

3.4 Generación de formas

Una vez calculadas las dimensiones principales de nuestro buque y sus coeficientes creamos sus formas. Para dibujarlas utilizaremos la herramienta AutoCAD y el procedimiento seguido será el tradicional basado en la aproximación de una curva de áreas seccionales por trapecios.

Los planos de formas muestran las vistas del casco del buque (Anexo II). Las formas del casco, al tratarse de un diseño conceptual son una aproximación que se ajusta al dimensionamiento previo en función de las dimensiones y los coeficientes calculados previamente en este TFG.

La realización de los planos de formas, como ya se ha explicado, parte de un trapecio. Nuestro buque, al disponer de un cuerpo cilíndrico muy reducido, en lugar de usar el trapecio para la curva de áreas seccionales, tendrá aspecto de triángulo como se puede ver en la Figura 3-1.

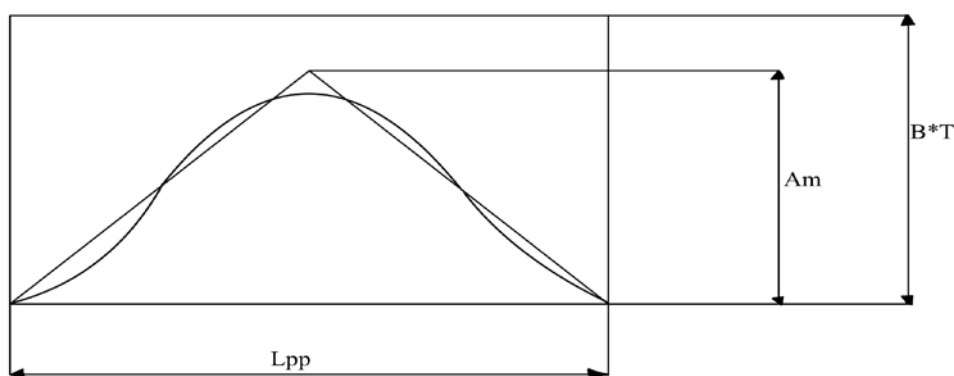


Figura 3-1: Curva de áreas seccionales mediante triángulo (Fuente propia basada [43])

Nuestras líneas de agua (L.A) se ajustarán a esta curva de áreas seccionales, sobre la base de la Lpp que es de 57 m. Tenemos tres vistas donde se ven representados la línea de base (L.B) y, los piques de proa y popa (Ppp, Ppr) Encajan la vista de la Figura 3-2 donde se puede observar el plano longitudinal del plano de formas del casco de nuestro buque.

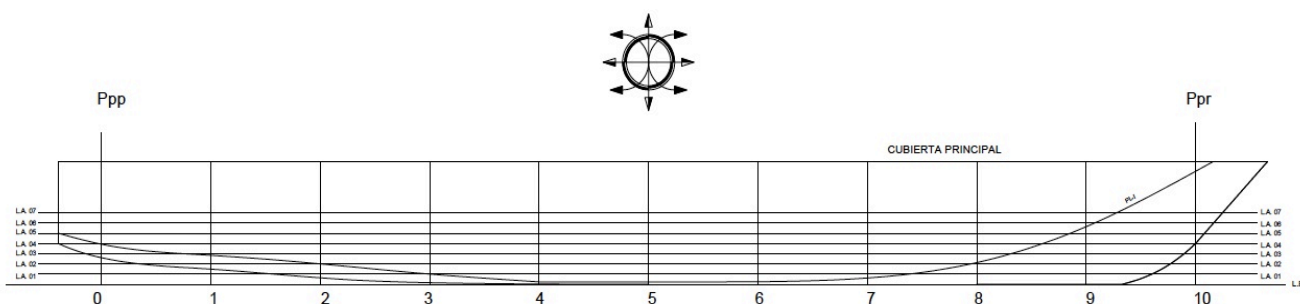


Figura 3-2: Plano longitudinal de formas (Fuente propia)

La Figura 3-3 muestra la caja de cuadernas. En esta se pueden observar a Babor de la línea de crujía (LC) las formas del casco en la zona de popa y a Estribor de la línea de crujía las de la zona de proa, esto se debe a que el casco es simétrico con respecto a esta LC, y se representa únicamente el costado de babor. Los planos longitudinales (PL) representan planos para división en compartimentos de nuestro buque.

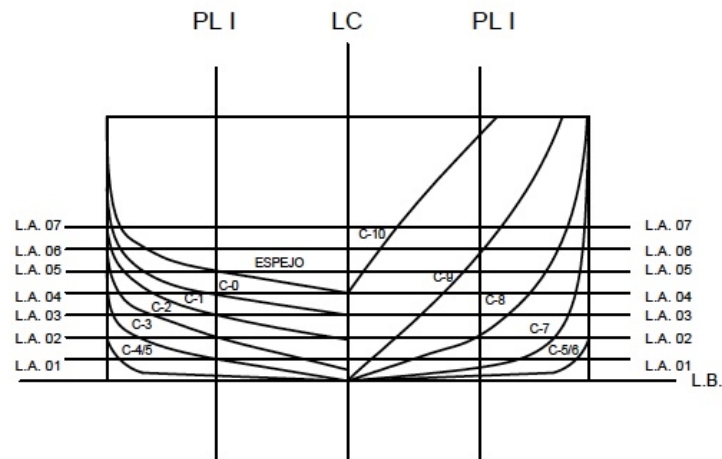


Figura 3-3: Plano transversal de formas (Fuente propia)

En la Figura 3-4 se observa la vista de la planta del plano de formas. Las líneas de agua en este caso representan de forma más gráfica lo afilado o no de nuestro buque.

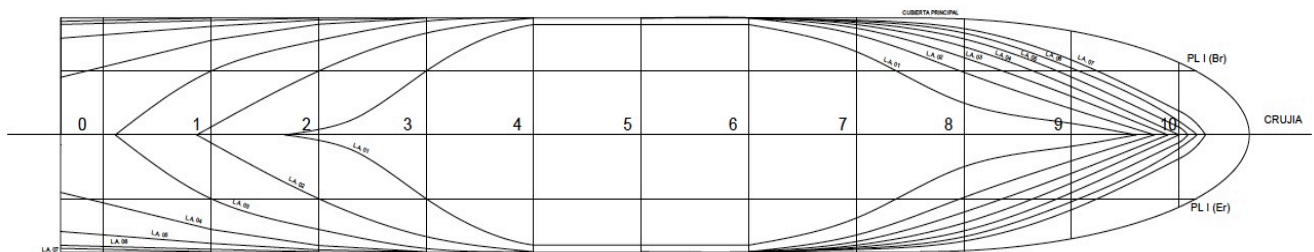


Figura 3-4: Plano horizontal de formas (Fuente propia)

Con estos planos, debe desarrollarse al mismo tiempo, la cartilla de trazado, que no es más que la representación numérica de los puntos de intersección entre el conjunto de planos constituidos por las cuadernas, líneas de agua, perfil longitudinal y planos longitudinales. Este plano de trazado se puede ver en el Anexo III.

3.5 Disposición general

Obtenidas las dimensiones y coeficientes de forma principales y los planos de formas del casco, dibujamos la disposición general en la cual reflejaremos los compartimentos más importantes de nuestro patrullero. Para esta disposición general se ha utilizado también la herramienta AutoCAD. Esta disposición, parte necesariamente de las limitaciones espaciales que nos dan las formas del buque. Este plano de disposición general se encuentra en el Anexo IV.

Los compartimentos principales son el CIC, los pañoles de munición y los locales de equipos electrónicos y la radio. Esta distribución ha sido basada en diferentes buques de la Armada, con características similares.

En las Figura 3-5, Figura 3-6 y Figura 3-7 se aprecian los planos de compartimentación del buque, con los principales compartimentos representados en el.

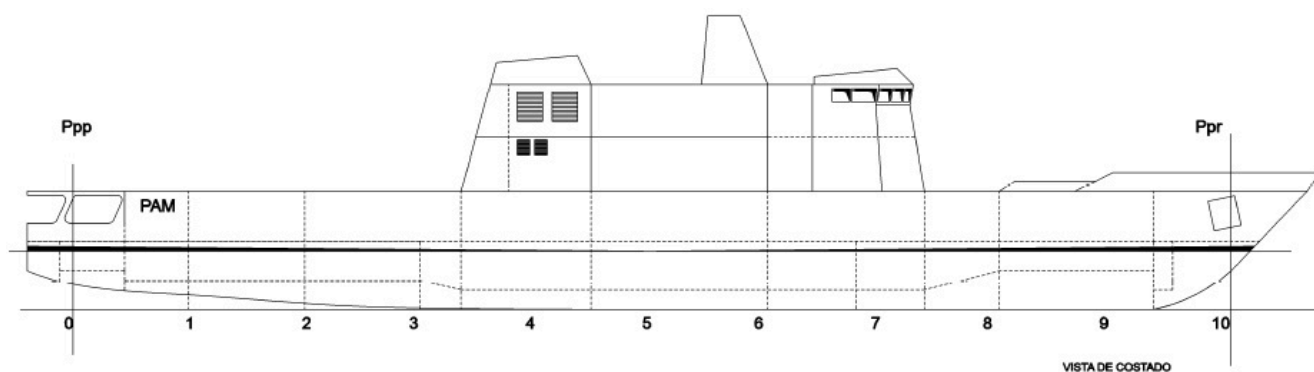


Figura 3-5: Vista de costado (Fuente propia)

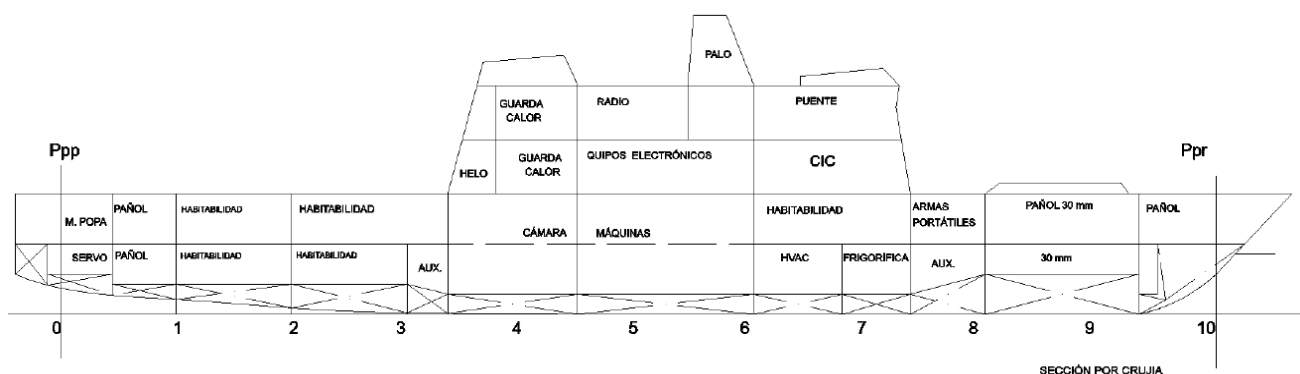


Figura 3-6: Plano longitudinal de compartimentación (Fuente propia)

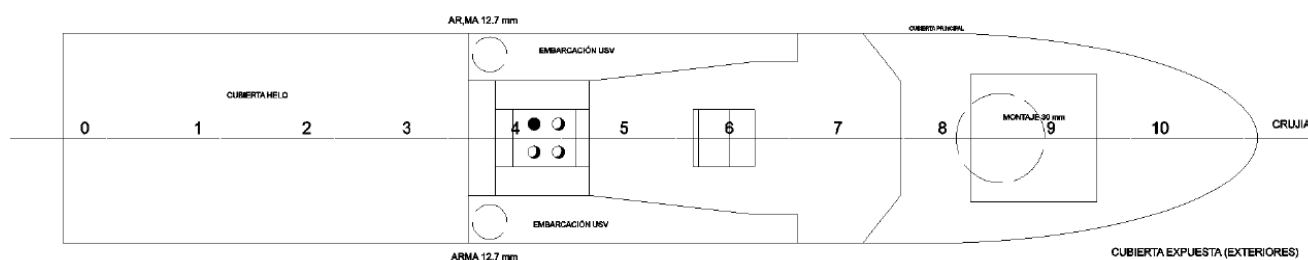


Figura 3-7: Plano horizontal de compartimentación (Fuente propia)

Destacando los principales compartimentos que se pueden observar los siguientes:

- Puente: aquí se encontrarán todos los equipos de navegación, ya que es el lugar del barco encargado de la navegación. Se encontrará en el compartimento más a proa y en la cubierta más alta posible de la superestructura del barco, ya que tiene que tener en todo momento una imagen clara de el entorno marítimo.
- CIC: debe ser un compartimento amplio, ya que en el se encuentran todas las consolas tácticas del buque, es desde el cuál se controla todo el entorno del buque, excepto la navegación y es por ello que debe tener una buena comunicación con el puente.
- Habitabilidad: Son los compartimentos destinados al día a día de la dotación del buque, en este se incluyen sollados, camarotes, comedores, cocina, etc.
- Radio: es un local pequeño en el cual se encarga de todas las comunicaciones del buque, tanto interiores del propio buque como exteriores.
- Local de equipos electrónicos: es el compartimento del buque destinado a albergar todos los equipos de los radares, sistemas de armas, etc., a excepción de las consolas de control de esos sistemas las cuales se encontrarán en el CIC o en el puente.
- Cámaras de Máquinas: en ellas se encontrarán tanto la planta propulsora del buque, como la planta generadora de electricidad del buque.

- Pañoles: podemos diferenciar dos tipos:
 - Pañoles de Maniobra, en ellos se encuentra la cabuyería de las diferentes maniobras del buque, es por ello que tenemos uno a proa y otro a popa.
 - Pañoles de munición, en ellos se encuentra la munición de los distintos montajes y armamento disponible a bordo.

Habiendo visto los principales compartimentos del buque, es necesario enumerar los sistemas básicos que llevarán estos compartimentos.

3.6 Equipamiento del buque

Los sistemas seleccionados para el proyecto son de vital importancia para las capacidades del mismo, definir estos sistemas es una parte que requiere tiempo de investigación en el mercado. Como se ha mencionado anteriormente en este TFG, la idea es adquirir la mayor parte de sistemas en el mercado nacional.

3.6.1 Planta propulsora

Como hemos calculado previamente en este TFG, la potencia necesaria de este buque no puede ser inferior a 1,000 kW ni mayor a 16,000 kW, en función del tipo de planta propulsora tendremos que decidir que motores utilizaremos. En la base de datos del Anexo I se puede observar que el tipo de planta propulsora mayoritario para este tipo de buques es el CODAD. En nuestro caso nos hemos decantado por el mismo sistema de propulsión, debido a las prestaciones que ofrece. Las especificaciones de los posibles motores se encuentran en el Anexo V.

De entre todos los motores, nos vamos a decantar por el modelo MAN 16V175D-ML, el cual proporciona una potencia máxima de 3,200 kW. Al contar con 4 motores para nuestra planta propulsora (2 motor por eje), la potencia máxima total de propulsión será de 12,800 kW. Una posible distribución de la planta propulsora del buque se puede ver representada en la Figura 3-8.

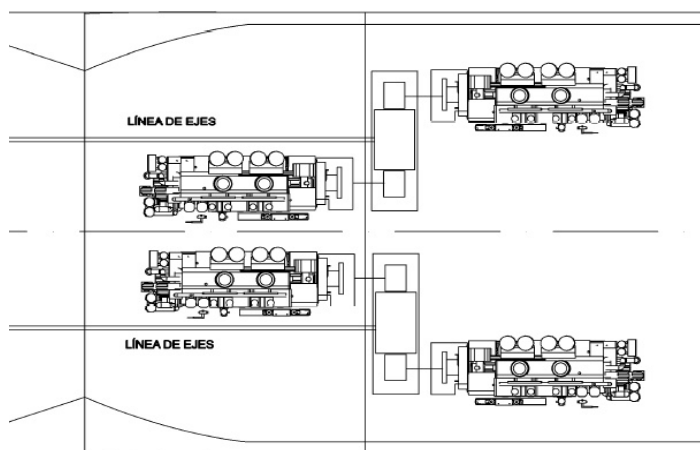


Figura 3-8: Distribución cámara de máquinas (Fuente propia)

Para la generación eléctrica, teniendo presente parámetros de eficiencia energética hay que sopesar el uso de generadores de cola que mejoran el rendimiento de combustible y combinar esta con elementos de tipo solar para los periodos de puerto. Este apunte es necesario para pasos posteriores del proyecto.

3.6.2 Navegación

Los sistemas de navegación son de vital importancia, sin ellos el barco no podría navegar y, por tanto, cumplir la misión que le es encomendada. En cuanto a sistemas para navegación es importante contar con un radar de navegación. Como todos los buques de la Armada Española, este buque contará con el radar de navegación VisionMaster FT de la empresa Sperry Marine [47].

3.6.3 Comunicaciones

Para comunicaciones interiores del buque, la empresa “SCM Sistemas” ofrece todos los circuitos básicos de comunicación interna, desde los más básicos que con el simple sonido ya funcionan hasta el circuito de teléfonos auto excitados en caso de perder el resto de métodos de comunicación. Esta empresa ya ha proporcionado estos sistemas tanto a la Armada como a cuerpos auxiliares como son Aduanas y la Guardia Civil [48].

Además de las comunicaciones interiores del buque, es de vital importancia contar con equipos VHF, MF, HF. Para los cuales contaremos con los modelos FM-8900S [49] para VHF y el modelo FS-2575 [50] para MF y HF, ambos modelos de la empresa “Furuno”.

En cuanto a comunicaciones satelitales, al igual que con numerosos buques de la Armada, entre las opciones disponibles para estos sistemas destacan dos empresas principales: “Aicox Soluciones” e “Indra”.

3.6.4 Guerra electrónica

Debido al gran avance de las tecnologías, la guerra electrónica se ha convertido en uno de los principales medios de detección de enemigos. Cualquier buque de guerra actual cuenta con equipos de guerra electrónica, como mínimo con equipos ESM. Nuestro buque debido a las misiones que llevará a cabo, llevará únicamente un equipo ESM. El equipo ESM será el Sistema Rigel RESM cuyo objetivo será únicamente de detección de emisiones enemigas [51].

3.6.5 Armamento

En cuanto a armamento a equipar, debe ser suficiente para hacer frente a las misiones encomendadas a estos patrulleros. La prioridad será la defensa de la propia unidad.

Entre el armamento escogido destaca un cañón Sentinel 30 mm de la empresa Escribano, este cañón permite un control remoto desde el CIC, proporciona capacidades de vigilancia observación y tracking automático, tanto de día como de noche. Este cañón ofrece, además, una alta potencia de fuego y mucha precisión ya que cuenta con un calculador balístico integrado en el sistema [34].

Además, contará también con dos estaciones de armas remotas ASPIS, también de la empresa Escribano, con capacidad de operación de ametralladoras M240 de 7.62 mm [35].

3.6.6 Embarcaciones auxiliares (SAR/USV)

Los buques de la Armada cuentan siempre con embarcaciones auxiliares (Rhib) para ayudar en diferentes situaciones, misiones SAR, para realizar inspecciones a otros buques, boardings, etc. Nuestro buque, debido al tipo de misiones que debe desempeñar también deberá contar con este tipo de embarcaciones. Debido al avance tecnológico, podemos obtener embarcaciones con mejores prestaciones y que sirvan para optimizar procesos y tareas a la hora de utilizarlas.

Para nuestro buque hemos optado por utilizar embarcaciones USV (embarcaciones no tripuladas), las cuales permiten controlar la embarcación desde el propio buque, haciendo esto que no haga falta utilizar un patrón de embarcación para controlar la misma, o que esta sea capaz de ser desplegada para realizar un reconocimiento sin encontrarse personal en riesgo por la mar o las condiciones meteorológicas. En nuestro caso, optaremos por el modelo Sead 23, de la empresa Seadrone, cuyas características se pueden observar en la Tabla 3-4 [52].

Parámetro	Valor
Eslora	6.95 m
Manga	2.32 m
Calado	1.2 m
Potencia	250 cv
Velocidad	33 kn

Tabla 3-4: Dimensiones Sead 23 [52]

Además de las dos embarcaciones USV, es obligatorio incluir embarcaciones SAR. Consideraremos dos embarcaciones por un coste de 600,000 €, dato promediado de los costes de mercado de distintas marcas.

Habiendo elegido los sistemas que tendrá nuestro buque, es necesario calcular el volumen de los tanques de combustible.

3.7 Dimensionamiento de tanques y capacidades

Este es un elemento importante del diseño, pues en él influirán múltiples parámetros. Uno de ellos la autonomía. Para la autonomía requerida vista anteriormente, hace falta calcular el volumen de los tanques de combustible en función de la potencia nominal de los motores de propulsión. Para ello vamos a utilizar la formula (3-47) [53].

$$Autonomía = \frac{\rho * Vcomb * Vb}{P * Ce} \quad (3-47)$$

Donde:

ρ : densidad del combustible

$Vcomb$: volumen del tanque de combustible

V : velocidad del buque

P : potencia nominal del motor

Ce : consumo específico de combustible

El valor de autonomía lo vamos a establecer a 2,500 mn, ya que consideramos que va a ser capaz de satisfacer con ese valor todas las misiones requeridas.

De las especificaciones del Anexo V sacamos el valor de consumo específico de combustible que es de 200.5 g/kWh y la potencia nominal del motor con un valor de 3,200 kW.

La densidad del diésel es de 850 Kg/m³.

Despejando el valor del volumen del tanque de combustible, obtenemos la ecuación (3-48).

$$Vcomb = \frac{2,500 * 3,200 * 0.2005}{850 * 24} = 78.6 m^3 \quad (3-48)$$

Como tenemos 4 motores, el volumen total de los tanques de combustible serán de 314.4 m³. Como se puede observar en la Figura 3-9 de los planos del Anexo IV, tenemos espacio suficiente para almacenar este, además del resto de fluidos necesarios en un buque.

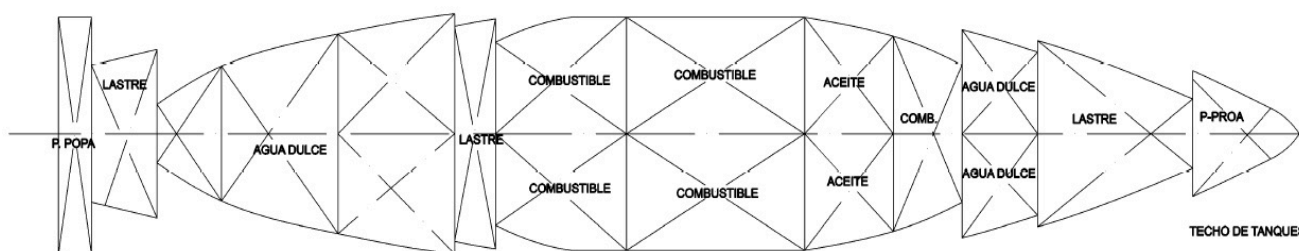


Figura 3-9: Techo de tanques (Fuente propia)

Cómo último proceso de nuestro diseño conceptual es necesario calcular un presupuesto total para nuestro proyecto en números redondos.

3.8 Presupuesto del proyecto

Es un elemento importante en todo proyecto y más en un buque. En construcción naval se emplea un cálculo de cifra de mérito que, en nuestro caso, al no ser un buque dedicado a actividad comercial, no se puede basar en el tipo de carga, el volumen de espacios para ella, etc. Recurriremos a una evaluación económica por exploración de la cifra de mérito. Esta exploración se basa en: elaboración de aceros, márgenes de estos trabajos, coste de equipos y sistemas actuales, un grupo de gastos variables y un beneficio industrial.

La distribución de costes se hace en base a la estructura de grupos funcionales de sistemas empleado en las marinas de la OTAN y con los costes que se representan.

Al ser un presupuesto inicial el que se requiere en esta fase, hay valores aproximados de los diferentes equipos y sistemas (sobre coste real). Para los equipos se ha añadido un margen de valor.

En la Tabla 3-5 se puede ver el desglose del presupuesto de construcción de nuestro buque. Todos los costes son costes de fabricantes basados en otros sistemas ya instalados en otros buques de la Armada.

PARTIDA PRESUPUESTARIA	VALORACIÓN ECONÓMICA (€)			
		€/Tn	Tn	€
Grupo 100				
Acero del casco	2,649,010	3,500.00	756.86	2,649,010.00
Varios	7,000	3,500.00	2.00	7,000.00
2% de soldadura	52,990	3,500.00	15.14	52,990.00
Grupo 200		Unidad o Tn	Valor (€ o €/Tn)	Valor en €
Motores diésel	1,200,000	4	300,000	1,200,000
Grupo 300				
Diesel Generadores	80,000	4	20,000	80,000
Grupo 400				
Navegación	1,000,000	1	1,000,000	1,000,000
Mando y control	5,000,000	1	5,000,000	5,000,000
Grupo 500				
Embarcación SAR	600,000	2	300,000	600,000
Embarcación USV	1,000,000	2	500,000	1,000,000
Grupo 600				
Equipamiento de habitabilidad	1,440,000	1	1,440,000	1,440,000
Módulo de habitabilidad	264,886	84	3,153.40	264,885.60
Grupo 700				
Montaje 30 mm	1,000,000	1	1,000,000	1,000,000
Montaje 7,62 mm	600,000	2	300,000	600,000
Gastos variables		coef	CC	Valor en €
Estudios especiales y ensayos	609,244	0.05	12,184,886	609,244.28
Representación	609,244	0.05	12,184,886	609,244.28
Ingeniería, Clasificación	500,000	500,000	Gastos Gobierno	1,218,488.56
Beneficio industrial		Coef	CC	
30% del coste de la construcción	1,218,489		0.1	12,184,886
				Coste Buque
				17,330,862.72

Tabla 3-5: Presupuesto de construcción (Fuente propia)

Como en la fase de diseño conceptual el presupuesto se debe dar en números redondos, vamos a establecer como presupuesto preliminar del proyecto conceptual el valor de 18,000,000 €, esta evaluación debe ajustarse de forma exacta al final de la cuarta fase antes de la contratación.

Habiendo visto el presupuesto estimado para la construcción del buque, se realiza una estimación del coste de vida del buque a 30 años el cual se puede ver en la Tabla 3-6.

PARTIDA PRESUPUESTARIA	VALORACIÓN ECONÓMICA (€)
Gastos MDEF	
Formación y adiestramiento	1,000,000.00
Inspección	250,000.00
Gasto anual de explotación	
Gasto dotación (30)	1,260,000
Consumos (F-76)	300,000
Matenimientos programados	360,000
Otros gastos de servicio	360,000
Margen	
5% del total	900,000.00
TOTAL ANUAL	4,430,000.00
TOTAL CICLO DE VIDA 30 AÑOS	132,900,000.00

Tabla 3-6: Coste del ciclo de vida (Fuente propia basado en [54])

Se estima así el coste total del ciclo de vida del buque en 133,000,000€.

Calculado el presupuesto preliminar y el coste del ciclo de vida se puede considerar cerrada esta primera fase del proyecto de buques de guerra.

4 RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 Características finales de la plataforma

Con los cálculos realizados en la fase de desarrollo, obtenemos los resultados mostrados en la Tabla 4-1 para los distintos parámetros de nuestro buque.

PAM Características	
Loa (m)	63
Lpp (m)	57
B (m)	11
T (m)	3
D (m)	6
Potencia (kW)	12,800
Δ (t)	870
LS (t)	550
DW (t)	320
S (m ²)	32,615
Am (m ²)	26.7
Af (m ²)	589
LCG (m)	29.35
KG (m)	4.5
Autonomía	2,500
Velocidad (kn)	24

Tabla 4-1: Características finales (Fuente propia)

Comparando las características de nuestro proyecto con las de alguno de los astilleros nacionales con capacidad suficiente para facilitar y acelerar la obtención de un proyecto adaptado a la Armada, se puede representar la capacidad industrial en función de las posibles esloras para construir nuestro buque como en el Gráfico 4-1.

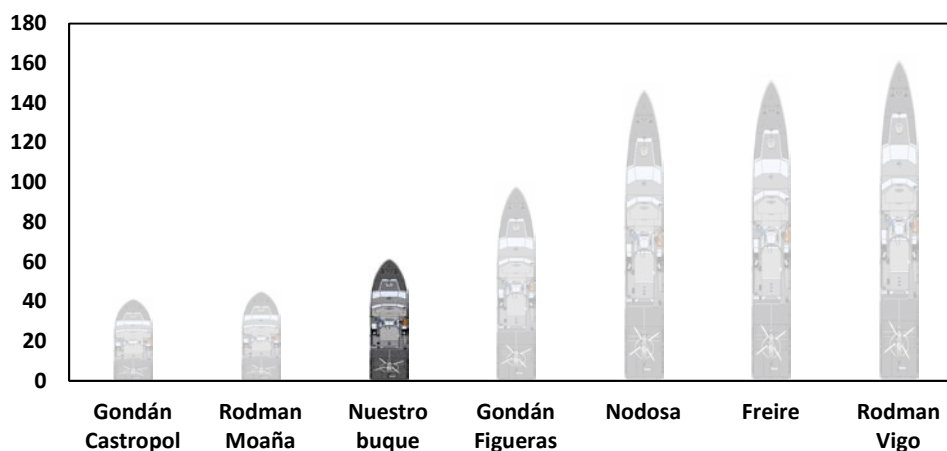


Gráfico 4-1: Comparativa esloras máximas en metros (m) de los astilleros

El astillero Rodman es el astillero con mayor experiencia en construcción de buques de PRFV de hasta 53 m de eslora de España; El astillero Gondán ha construido patrulleras de entre 73 m y 60 m en acero, al igual que Freire con construcciones de entre 59 m y de 68 m, todos ellos tienen conocimiento amplio en construcción de buques paramilitares y por tanto tienen posibilidad de rediseñar o desarrollar patrulleros adaptándolo a las necesidades de la Armada.

En cuanto a la potencia requerida para los motores, hemos establecido un valor mínimo de 1,000 kW, el cual ha sido calculado previamente en este trabajo, y un valor máximo establecido en función de los datos recogidos en nuestra base de datos del Anexo I, el cual será de 16,000 kW. Entre estos dos valores se encontrará la potencia total de nuestra planta propulsora.

Como se puede observar en la base de datos, los valores de Potencia para los diferentes patrulleros son mayores que el valor de nuestro buque, debido a las grandes velocidades que debe alcanzar este tipo de buques, que no es nuestro caso, ya que la velocidad que consideramos es de 24 nudos y esto hace que nuestro buque sea de desplazamiento y no de semidesplazamiento o planeo.

Nuestro buque puede ser de semidesplazamiento, por lo que si bien las formas diseñadas, son válidas, en fases posteriores será necesario considerar el estudio del bulbo de proa para mejorar el rendimiento del casco a velocidades bajas, así como modificar la popa buscando un perfil más adaptado a este tipo de buques de semidesplazamiento el conjunto mejora la penetración del buque en el agua y la salida en la popa para reducir el arrastre. Figura 4-1 y Figura 4-2.

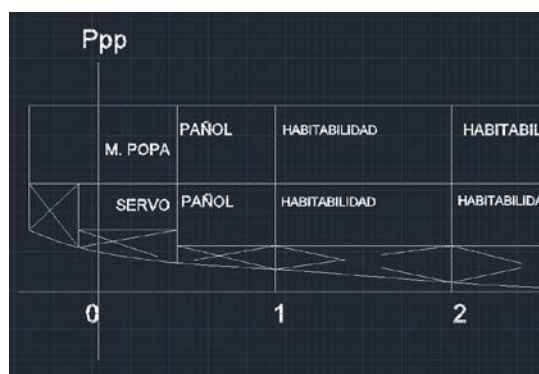


Figura 4-1: Casco de popa preliminar (Fuente propia)

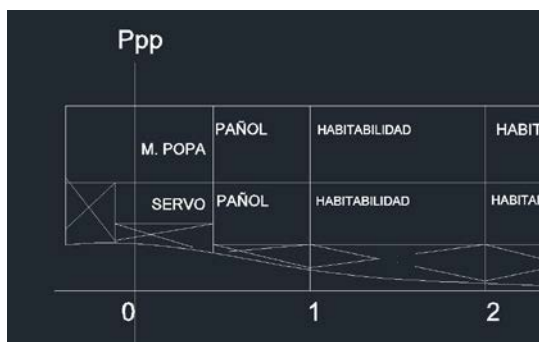


Figura 4-2: Posible modificación al casco en popa (Fuente propia)

4.2 Elección de sistemas y presupuesto

Para cumplir con los ONST harán falta sistemas que cumplan con las capacidades requeridas por los mismos. En la Tabla 4-2 se puede observar un resumen los sistemas escogidos en esta fase de diseño para nuestro buque.

Grupo	Sistema
Planta propulsora	4 x MAN 16V175D-ML
Navegación	Radar VisonMaster FT
Comunicaciones internas	SCM Sistemas
Comunicaciones externas	FM-8900S (VHF) FS-2575 (MF y HF)
EW	Rigel RESM
Armamento	1 x Sentinel 30 mm 2 x Sentinel 7.62 mm
Embarcaciones auxiliares	2 x USV Sead 23 2 x SAR

Tabla 4-2: Sistemas escogidos (Fuente propia)

Estos sistemas han sido escogidos por sus prestaciones. Todos son vitales para nuestro buque que, como con las dimensiones, podrán variar en fases posteriores y evidentemente requerirá un análisis más profundo que no corresponde en esta fase.

Con el cálculo del presupuesto se hace una primera aproximación de coste del proyecto, valor que sirve como punto de partida para, en una hipotética decisión, continuar con el desarrollo del mismo. Por otro lado, debemos tener presente en fases posteriores el análisis del proyecto en términos de eficiencia de los sistemas que componen el buque, relacionados con el consumo energético, cuidado medioambiental y sostenibilidad que permitan reducir al máximo elementos como el coste de ciclo de vida o la huella de carbono del mismo.

5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

5.1 Conclusiones

Este TFG fija como objetivo principal ofrecer como resultado un diseño conceptual de un patrullero de altura polivalente. Para alcanzarlo hemos fijado una serie de objetivos parciales que han marcado el desarrollo del mismo.

5.1.1 Conclusiones del TFG

En este desarrollo, se ha presentado alguna dificultad debida, fundamentalmente, a la confidencialidad que, sobre este tipo de proyectos, suele existir. Generalmente, información real sobre tipo de proyectos no aparece en internet, ya que ni los propios astilleros proporcionan información sobre los mismos, debido a que deben salvaguardar su conocimiento en la materia y los acuerdos de confidencialidad que tengan con los compradores.

No obstante, se ha cumplido el objetivo principal del proyecto, que era el de completar la espiral de diseño conceptual de un patrullero de altura polivalente, además, en su desarrollo hemos alcanzado de forma tangencial objetivos que valdrán como punto de partida para fases superiores.

Sobre la plataforma, hemos desarrollado un buque que, permitirá, definir distintas aplicaciones, dada la configuración de espacios amplios que hemos considerado en la elaboración de la disposición general que se ha creado partiendo de los parámetros de diseño y formas creadas con anterioridad. Esto facilita la diversificación en fases futuras.

Con respecto a la exploración del mercado en la elaboración del fundamental presupuesto, que ha sido de 16.5 millones de euros en números redondos, las dimensiones del buque, y la coyuntura económica, hace que los astilleros nacionales de menor capacidad que los públicos, puedan hacerse cargo de esta construcción. La familiarización con programas de diseño es importantísima para este tipo de proyectos, en este caso la herramienta empleada ha sido AutoCAD, debido a que ya la había utilizado previamente en la carrera y solo era necesario realizar planos en dos dimensiones en esta fase del proyecto.

5.1.2 Conclusión personal

Este TFG me ha servido para, recuperar la familiarización con programas de diseño importantes para este tipo de proyectos; en este caso la herramienta fundamental ha sido el AutoCAD, combinado con la elaboración de bases de datos, hojas de cálculo, y otros documentos que han requerido de aplicaciones informáticas como los tradicionales paquetes de MS Office y otras como Engauge Digitizer (Software Abierto) para la creación de gráficos digitales partiendo elementos no digitalizados. Todas estas herramientas ya las había utilizado previamente en la carrera. Por las características del trabajo,

relacionado con la ingeniería naval, he podido aplicar de forma transversal, conocimientos dirigidos en principio al campo de la ingeniería mecánica, dándoles otro enfoque.

5.2 Líneas futuras

A pesar de ser un diseño conceptual, consideramos haber obtenido una buena base para el desarrollo de futuras fases de este mismo proyecto y que ya se tiene lo necesario para evolucionar el mismo y que explicamos a continuación.

Este trabajo trata únicamente sobre la primera fase del desarrollo del buque de guerra. Por tanto, es el punto de arranque para futuros estudios relacionados con las restantes fases del proyecto del buque de guerra creado como concepto en este TFG. Algunas de estas líneas son:

1. Afinado y ajuste de las formas del buque.
2. Estudios de estabilidad y creación de curvas hidrostáticas.
3. Definición de espacios, tanques, y equipos en una disposición general más detallada.
4. Definición de la estructura y cálculos estructurales.
5. Correcciones presupuestarias.

Todas estas mejoras, enlazan con la segunda fase y siguientes del proyecto de buques de guerra.

6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ministerio de Defensa, “Programa Fragata F-110,” Dec. 2021.
- [2] Armada Española, “Lista Oficial de Buques de la Armada 2020.”
- [3] Equipo Singular Bank, “Construcción naval en España: cifras y competencia internacional.” Accessed: Feb. 03, 2022. [Online]. Available: <https://blog.selfbank.es/construccion-naval-en-espana-cifras-y-competencia-internacional/>
- [4] Enrique. Casanova Rivas, “*El buque de guerra*” como aplicación más avanzada de la tecnología naval. Fondo Editorial de Ingeniería Naval, Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos, 2009.
- [5] K. D. Mija Samanez, “Tecnología Stealth en buques de guerra,” *Marine and Naval Engineering*, Mar. 2021, Accessed: Feb. 03, 2022. [Online]. Available: <https://marineandnavalengineering.com/articulos/tecnologia-stealth-buques-guerra/>
- [6] NATO, “APP-20 Standard Ship Designator System,” *NATO Allied Procedure Publication*, vol. 20.
- [7] Armada Española and AJEMA, “Concepto de Operaciones Navales,” 2015.
- [8] NATO, “ANEP-77 PART 1 NAVAL SHIP CODE: GOALS, FUNCTIONAL OBJECTIVES AND PERFORMANCE REQUIREMENTS Edition G Version 3,” *NATO Standard*. 2019.
- [9] Lloyd’s Register, “Rules and Regulations for the Classification of Naval Ships,” Jan. 2018.
- [10] E. Casanova Rivas, “Generalidades,” in “*El buque de guerra*” como aplicación más avanzada de la tecnología naval, Fondo editorial de Ingeniería Naval, Ed. Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos, 2009, pp. 129–130.
- [11] E. Casanova Rivas, “Primera Fase: Estudios de Pre-Viabilidad y Diseño Conceptual (Conceptual Design),” in “*El buque de guerra*” como aplicación más avanzada de la tecnología naval, Fondo Editorial de Ingeniería Naval, Ed. Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos, 2009, pp. 131–133.
- [12] E. Casanova Rivas, “Segunda Fase: Estudios de viabilidad y diseño preliminar (Preliminary Design),” in “*El buque de guerra*” como aplicación más avanzada de la tecnología naval, Fondo editorial de Ingeniería Naval, Ed. Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos , 2009, pp. 133–136.
- [13] Ingeniería Naval, “BAM, Buque de acción marítima,” *Construcción Naval*, 2021.

- [14] E. Casanova Rivas, “Aproximación al dimensionamiento de la plataforma durante la segunda parte del proyecto,” in *“El buque de guerra” como aplicación más avanzada de la tecnología naval*, Fondo editorial de Ingeniería Naval, Ed. Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos, 2009, pp. 137–144.
- [15] E. Casanova Rivas, “Consideraciones sobre la estructura del sistema de combate durante los estudios de viabilidad,” in *“El buque de guerra” como aplicación más avanzada de la tecnología naval*, Fondo editorial de Ingeniería Naval, Ed. Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos, 2009, pp. 144–149.
- [16] E. Casanova Rivas, “Tercera fase: Definición del proyecto y proyecto de contrato (Project definition and contract design),” in *“El buque de guerra” como aplicación más avanzada de la tecnología naval*, Fondo editorial de Ingeniería Naval, Ed. Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos, 2009, pp. 149–152.
- [17] Arisnova Ingeniería de Sistemas, “Naval Monitoring and control.” <http://www.arisnova.com/en/naval/complex/> (accessed Feb. 03, 2022).
- [18] E. Casanova Rivas, “Cuarta fase: Proyecto de detalle (Detail design) y construcción del buque prototipo,” in *“El buque de guerra” como aplicación más avanzada de la tecnología naval*, Fondo editorial de Ingeniería Naval, Ed. Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos, 2009, pp. 154–156.
- [19] Navantia, “Patrulleros,” *Productos y servicios*, 2021. <https://www.navantia.es/es/productos-y-servicios/patrulleros/que-hace/> (accessed Feb. 03, 2022).
- [20] En visita de Cortesía, “HNLMS Friesland P-842,” *En visita de cortesía*, Jan. 29, 2019. <https://envisitadecortesia.com/2019/01/29/hnlms-friesland-p-842/> (accessed Feb. 03, 2022).
- [21] Armada Española, “Patrullero ‘Cabo Fradera’ (P-201),” *Armada Española*, 2022. <https://armada.defensa.gob.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/buquessuperficie/prefLang-es/08patrulleros--08patrulleros-vigilancia-interior> (accessed Feb. 03, 2022).
- [22] E. Edward V. Lewis, *Principles of Naval Architecture*, vol. 1. Jersey City: The society of Naval Architects and Marine Engineers, 1988.
- [23] J. Michael Dahl and P. J. Carrasco Pena, “Stability of a ship,” *Apuntes temas 4 y 5 de Teoría del buque*. 2021.
- [24] Patrón de navegación, “Patrón de Navegación Básica,” *Títulos nauticos*, 2022. <https://www.estudiosonavegas.com/titulos-nauticos/patron-de-navegacion-basica/105-apuntes/apuntes-pnb> (accessed Mar. 09, 2022).
- [25] M. S. García Cascales, M. T. Lamata Jiménez, and E. Ruiz Delgado, “Aproximación al problema de toma de decisión de las plantas propulsoras combinadas en buques militares,” Valencia, 2006.
- [26] F. Javier, M. Redondo, G. L. Calviño, M. Ángel, and Á. Feijoo, “Propuestas de mejora en servicios auxiliares y propulsión en patrulleros clase ‘Anaga’: caso ‘Tabarca,’” Apr. 2020.
- [27] M. A. Álvarez Feijoo, “Sistemas de propulsión combinados,” *Apuntes maquinas y motores navales*, vol. Bloque 4.2. Apuntes maquinas y motores navales, 2021.
- [28] R. Touza Gil, “Cañones Navales,” *Apuntes sistemas de armas y tiro naval I*, vol. Tema 4. 2021.
- [29] Armada Española, “Artillería Naval,” *Publicación ENM 331*. 2021.
- [30] Armada Española, “Presentación Buques de Superficie.” <https://armada.defensa.gob.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/buquessuperficie/prefLang-es/00pre03buque> (accessed Feb. 03, 2022).

- [31] Grupo Edefa, “Buque de Acción Marítima (BAM) P44 Tornado de la Armada Española,” May 2019, Accessed: Feb. 03, 2022. [Online]. Available: <https://www.defensa.com/galeria/buque-accion-maritima-bam-p44-tornado-armada-espanola>
- [32] Revista Naval, “A bordo de los buques de acción marítima BAM,” *Revista Naval*, Apr. 01, 2013. <https://www.revistanaval.com/noticia/buque-accion-maritima-exterior/> (accessed Mar. 09, 2022).
- [33] Escribano, “Sentinel 20.” Accessed: Mar. 02, 2022. [Online]. Available: <https://www.eme-es.com/products/sentinel-20/?lang=es>
- [34] Escribano Mechanical & Engineering, “SENTINEL 30”.
- [35] Escribano, “Aspis (N).” <https://www.eme-es.com/aspis-n/?lang=es> (accessed Feb. 13, 2022).
- [36] Instituto Hidrográfico de la Marina and Armada Española, “Concepto WECDIS.” <https://armada.defensa.gob.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/cienciainhm1/prefLang-es/02ProductosServicios--08InfoInteres--02conceptoWECDIS> (accessed Mar. 06, 2022).
- [37] E. C. Cabello, “LOS SISTEMAS DE MANDO Y CONTROL: UNA VISIÓN HISTÓRICO-PROSPECTIVA.” Accessed: Mar. 14, 2022. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4602258>
- [38] Astilleros Gondán, “Infraestructuras,” 2022. <https://www.gondan.com/es/infraestructuras/> (accessed Mar. 09, 2022).
- [39] Grupo Rodman, “Rodman,” 2022. <https://rodman.es/acerca-de-rodman/> (accessed Mar. 09, 2022).
- [40] MetalsShips Docks & S.A.U, “Main Facilities,” 2022. <https://metalships.com/en/main-facilities> (accessed Mar. 09, 2022).
- [41] Astilleros Nodosa, “Astilleros NODOSA, Construcción y Reparación Naval,” 2022. <https://www.nodosa.com/es/medios.php> (accessed Mar. 09, 2022).
- [42] Astillero Freire, “Instalaciones y Servicios,” 2022. <https://freireshipyard.com/empresa/> (accessed Mar. 09, 2022).
- [43] Asociación y colegio de Ingenieros Técnicos Navales, “Introducción al proyecto de buques,” 1997.
- [44] “Empirical Ship Formula,” 2014. Accessed: Feb. 10, 2022. [Online]. Available: <https://www.yumpu.com/en/document/view/11297041/empirical-ship-formula>
- [45] M. Taylan, “Reliability analysis of GM and KG of ships from the inclining experiment,” *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*, vol. 234, no. 4, pp. 803–809, Nov. 2020, doi: 10.1177/1475090220913709.
- [46] International towing tank conference, “ITTC 1975, Resistance Test,” *26th ITTC Resistance Committee*, vol. 3, 2011.
- [47] Sperry Marine, “VisionMaster FT Naval Radar.” <https://www.sperrymarine.com/visionmaster-ft-naval-radar> (accessed Feb. 08, 2022).
- [48] SCM Sistemas, “Design and manufacture of internal communications systems.” <https://scmsistemas.com/> (accessed Feb. 16, 2022).
- [49] Furuno, “VHF RADIOTELEPHONE FM-8900S,” *Furuno Product Solutions*, 2022. <https://www.furuno.com/en/products/radiotelephone/FM-8900S> (accessed Mar. 03, 2022).
- [50] Furuno, “MF/HF RADIOTELEPHONE (250 W) FS-2575,” *Furuno Product Solutions*, 2022. <https://www.furuno.com/en/products/radiotelephone/FS-2575> (accessed Mar. 03, 2022).

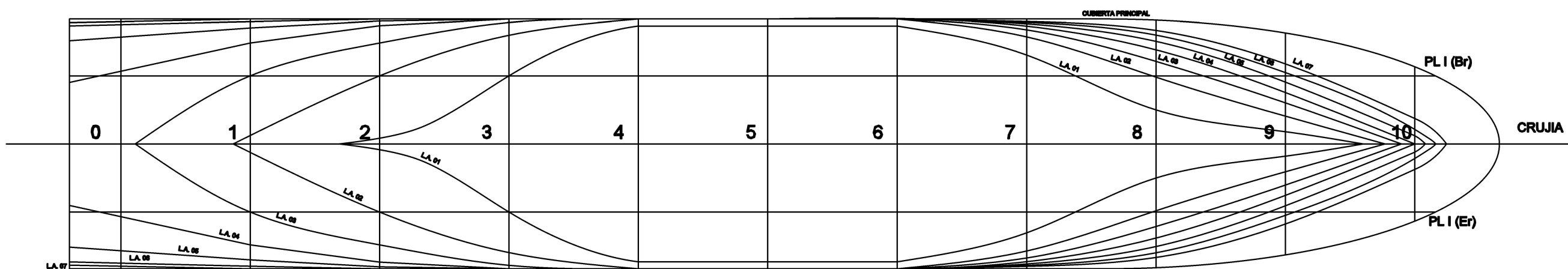
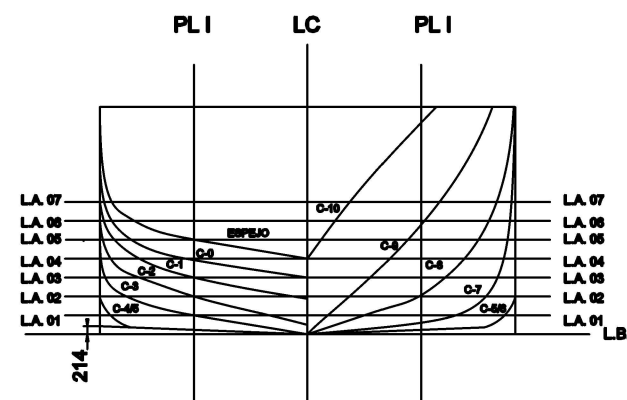
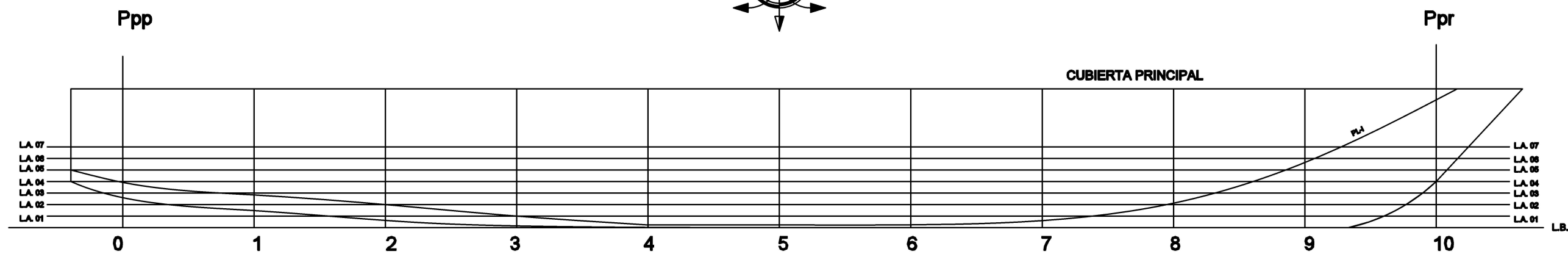
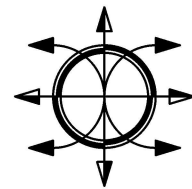
- [51] Indra, “System Naval Rigel RESM”, Accessed: Feb. 15, 2022. [Online]. Available: https://www.indracompany.com/sites/default/files/indra_rigel_resm_naval_system_en_2019.pdf
- [52] Seadrone, “Sead 23.” <https://seadrone.es/sead-23/> (accessed Feb. 13, 2022).
- [53] G. Arbuniés Herranz, G. Caja Roca, and J. E. Martínez Marin, “Proyecto de diseño preliminar de un yate de 40 metros de eslora,” Barcelona, 2015.
- [54] C. R. Hernández Roca, R. Fernandez González, M. E. Arce Fariña, G. Rey González, Á. Fernández Rodríguez, and P. J. Carrasco Pena, “Análisis del ciclo de vida en Fragatas de la serie F-100,” 2016.

ANEXO I

BASE DE DATOS

PAÍS	CLASE	ESLORA (m)	MANGA (m)	DESPLAZAMIENTO (Tn)	CALADO (m)	VELOCIDAD (kn)	PUNTAL (m)	POTENCIA PROPULSIÓN (MW)	TIPO DE PROPULSIÓN	EXTRA
RUSIA	KARAKURT	67	11	800	3.3	30			CODAD	3 EJES
RUSIA	BUYAN-M	75	11	949	2.5	26		4 X 10.88	CODAD	2 EJES
RUSIA	BUYAN	62	9.6	500	2	28		4 X 10.88	CODAD	2 EJES
RUSIA	BORA	66	17	1050	3	55		2 X 45	COGAG	2 EJES, 2 Hélices laterales
RUSIA	PARCHIM	72	9.4	950	4.6	24.7		3 X 3.54	CODAD	3 EJES, 3 Hélices laterales
RUSIA	TARANTUL	56.1	10.1	540	2.25	36		2 X 8.2	COGAG	2 EJES, 2 Hélices de proa
RUSIA	GRISHA	71.6	9.8	1070	3.7	34		2 X 14.9 (DIESEL), 1 X 13.4 (TURBINA)	CODAG	3 EJES
RUSIA	NANUCHKA III	59.3	12.6	671	2.7	32		22.3	CODAD	3 EJES
EEUU	CYCLONE	51.62	7.62	315.32	2.14	35	17.77	3.286	CODAD	4 EJES
CHINA	HOUBEI	42.6	12.2	36	1.5	38		2 x 2.56	CODAD	4 WATERJETS, QUILLA TIPO CATAMARÁN
PORTUGAL	TEJO	54	9	345.8	3.8	30		2 x 4.23 (DIESEL), 1 x 4.07 (TURBINA)	CODAG	
PORTUGAL	VIANA DO CASTELO	83.1	12.95	1850	3.82	21		2 x 3.9 (DIESEL), 2 X 0.2 (ELÉCTRICOS)	CODOE	2 EJES
AUSTRALIA		80	13	1640	4	20		2 x 4.25	CODAD	2 EJES
AUSTRALIA	CAPE	58.1	10.6		3.1	25			CODAD	2 EJES, 1 EMPUJADORA DE PROA
AUSTRALIA	ARMIDALE	56.8	9.7	300	2.7	25		2 x 4.64	CODAD	2 EJES
ITALIA	ESPLORATORE	37.16	7.06	215	1.9	20		2 x 1.68	CODAD	2 EJES
FRANCIA		32								
FRANCIA		43								
KUWAIT	NC -720	43	7.7	300	2.4	28		2 x 2.88	CODAD	2 EJES, 1 EMPUJADORA DE PROA
NAMIBIA	FREIRE NB-499	59	12.6	1400	4.2	17		2 x 1.5	CODAD	2 EJES
ESPAÑA (GUARDIA CIVIL)	RODMAN 101	31	6			35		2 x 1.74	CODAD	
OMÁN	RODMAN 111	35.3	6			35		2 x 1.74	CODAD	UTILIZA 2 WATERJETS
ESPAÑA (GUARDACOSTAS)	RODMAN 130	40	8.4			27		2 x 1.5	CODAD	
ESPAÑA (ADUANAS)	RODMAN 138	43	8.3			29		2 x 1.5	CODAD	
ESPAÑA (GUARDIA CIVIL)	RÍO SEGURA	73	12		4	17	4.5	2 x 1.52	CODAD	2 ACIPODS, 1 EMPUJADORA DE PROA
INDONESIA (PN)	BISMA	61	54		2.7	22.5	3.6	2 x 3.24	CODAD	2 EJES, Hélices de paso fijo
ESPAÑA (ADUANAS)	FULMAR	61	9.9		2.7	21.5	6	2 x 2.72	CODAD	2 EJES, Hélices de paso fijo
KENIA	JASIRI	84.5	12.2		3		4.5	2 x 7.4	CODAD	2 EJES, Hélices de paso fijo, 5 PALAS
VENEZUELA	GUAICAMACUTO	79.9	11.5	1524	3.7	22		2 x 5.92	CODAD	2 EJES
MARRUECOS	OPV 70	70	11.3	800	3.2	22		2 x 8	CODAD	2 EJES
REINO UNIDO	RIVER	79.75	13.6	1727	3.8	20		2 x 8.25	CODAD	2 EJES, EMPUJADORA DE PROA (280 kW)
REINO UNIDO	MODIFIED RIVER	81.5	13.6	1877	3.8	20		2 x 8.25	CODAD	2 EJES, EMPUJADORA EN PROA (280 kW) Y A POPA (185 kW)

ANEXO II
PLANO DE FORMAS



DIMENSIONES PRINCIPALES	
Loa	63.000 mm
Lpp	57.000 mm
B	11.000 mm
T	3.000 mm
D	6.000 mm

PROYECTO CONCEPTUAL PATRULLERO DE ALTURA MULTIPROPÓSITO (PAM)

PLANO DE FORMAS

H. 1 DE 1 / ESCALA 1:200 PARA A3

ANEXO III

CARTILLA DE TRAZADO

TFG: 21/22.- PROYECTO CONCEPTUAL PATRULLERO DE ALTURA

```
#####      ###      #  #
#  #      #  #      ## ##
#####      #####      #  #
#          #  #      #  #
#          #  #      #  #
#          #  #      #  #
```

<< P A T R U L L E R O O C E A N I C O M U L T I P R O P O S I T O >>

MARIN 09/03/2022 13:40 H

AUTOCAD 2022 VERSION EDUCACIONAL CON COMANDO LIST. FICHETO TXT

<<CARTILLA DE TRAZADO>>

- * COTAS X, Y, Z: EN mm
- * EJES DE REFERENCIA: LINEA DE BASE (X) / MANGA B (Y) / Ppp (Z)
 - X: POSITIVO A PROA DE LA Ppp.
 - Y: POSITIVO A BABOR.
 - Z: POSITVO EN SENTIDO DEL PUNTAL.
- * DIMENSIONES PRINCIPALES DEL P.O.M.:
 - Lpp = 57000.0000
 - Loa = 63000.0000
 - B = 11000.0000
 - D = 6000.0000
 - T = 3000.0000
- * SEPARACIÓNSECCIONES DE TRAZADO = 5700.0000
- * SEPARACIÓN ENTRE LÍNEAS DE AGUA = 500.0000
- * ASTILLA MUERTA = 214.0000

DISTANCIAS X DE LAS SECCIONES DE TRAZADO A LA PERPENDICULAR DE POPA

```
en el punto X=-2270.0000 Y= - Z= - ESPEJO
en el punto X= 0.0000 Y= - Z= - SEC. 00 Ppp
en el punto X= 5700.0000 Y= - Z= - SEC. 01
en el punto X=11400.0000 Y= - Z= - SEC. 02
en el punto X=17100.0000 Y= - Z= - SEC. 03
en el punto X=22800.0000 Y= - Z= - SEC. 04
en el punto X=28500.0000 Y= - Z= - SEC. 05
en el punto X=34200.0000 Y= - Z= - SEC. 06
en el punto X=39900.0000 Y= - Z= - SEC. 07
en el punto X=45600.0000 Y= - Z= - SEC. 08
en el punto X=51300.0000 Y= - Z= - SEC. 09
en el punto X=57000.0000 Y= - Z= - SEC. 10 Ppr
en el punto X=60730.0000 Y= - Z= - EXTREMO DE PROA
```

PERFIL LONGITUDINAL PLANO DE CRUJIA (POPA A PROA)

```
en el punto X=-2270.0000 Z=6000.0000 Y= 0.0000 CB. PRAL.
en el punto X=-2270.0000 Z=3500.0000 Y= 0.0000 L.A. 07
en el punto X=-2270.0000 Z=3000.0000 Y= 0.0000 L.A. 06
en el punto X=-2270.0000 Z=2500.0000 Y= 0.0000 L.A. 05
```

en el punto	X=-2270.0000	Z=2000.0000	Y=	0.0000	L.A. 04
en el punto	X= -832.0000	Z=1500.0000	Y=	0.0000	L.A. 03
en el punto	X= 0.0000	z=1230.0000	y=	0.0000	SEC. 00 Ppp
en el punto	X= 1969.0000	Z=1000.0000	Y=	0.0000	L.A. 02
en el punto	X= 5700.0000	Z= 740.0000	Y=	0.0000	SEC. 01
en el punto	X= 8952.0000	Z= 500.0000	Y=	0.0000	L.A. 01
en el punto	X=11400.0000	Z= 314.0000	Y=	0.0000	SEC. 02
en el punto	X=17100.0000	Z= 76.0000	Y=	0.0000	SEC. 03
en el punto	X=22800.0000	Z= 0.0000	Y=	0.0000	SEC. 04
en el punto	X=28500.0000	Z= 0.0000	Y=	0.0000	SEC. 05
en el punto	X=34200.0000	Z= 0.0000	Y=	0.0000	SEC. 06
en el punto	X=39900.0000	Z= 0.0000	Y=	0.0000	SEC. 07
en el punto	X=45600.0000	Z= 0.0000	Y=	0.0000	SEC. 08
en el punto	X=51300.0000	Z= 0.0000	Y=	0.0000	SEC. 09
en el punto	X=53184.0000	Z= 0.0000	Y=	0.0000	ARRANQUE DE RODA
en el punto	X=54732.7000	Z= 500.0000	Y=	0.0000	L.A. 01
en el punto	X=55689.0000	Z=1000.0000	Y=	0.0000	L.A. 02
en el punto	X=56414.0000	Z=1500.0000	Y=	0.0000	L.A. 03
en el punto	X=57000.0000	Z=2000.0000	Y=	0.0000	L.A. 04/SEC. 10
en el punto	X=57467.0000	Z=2500.0000	Y=	0.0000	L.A. 05
en el punto	X=57933.0000	Z=3000.0000	Y=	0.0000	L.A. 06
en el punto	X=58399.0000	Z=3500.0000	Y=	0.0000	L.A. 07
en el punto	X=60730.0000	Z=6000.0000	Y=	0.0000	CUB. PRAL

=====

LONGITUDINAL A 3000.0000 DEL PLANO DE CRUJIA (POPA A PROA)

=====

en el punto	X=-2270.0000	Z=6011.7298	Y=	0.0000	CB. PRAL.
en el punto	X=-2270.0000	Z=3500.0000	Y=	0.0000	L.A. 07
en el punto	X=-2270.0000	Z=3000.0000	Y=	0.0000	L.A. 06
en el punto	X=-2270.0000	Z=2500.0000	Y=	0.0000	L.A. 05
en el punto	X= -192.0000	Z=2000.0000	Y=	0.0000	L.A. 04
en el punto	X= 0.0000	Z=1961.4454	Y=	0.0000	SEC. 00 Ppp
en el punto	X= 4218.0000	Z=1500.0000	Y=	0.0000	L.A. 03
en el punto	X= 5700.0000	Z=1417.9680	Y=	0.0000	SEC. 01
en el punto	X=11400.0000	Z=1000.0000	Y=	0.0000	SEC. 02/L.A. 02
en el punto	X=17100.0000	Z= 500.0000	Y=	0.0000	SEC. 03/L.A. 01
en el punto	X=22800.0000	Z= 116.9413	Y=	0.0000	SEC. 04
en el punto	X=28500.0000	Z= 116.9413	Y=	0.0000	SEC. 05
en el punto	X=34200.0000	Z= 123.6235	Y=	0.0000	SEC. 06
en el punto	X=39900.0000	Z= 305.1634	Y=	0.0000	SEC. 07
en el punto	X=42081.0000	Z= 500.0000	Y=	0.0000	L.A. 01
en el punto	X=45306.0000	Z=1000.0000	Y=	0.0000	L.A. 02
en el punto	X=45600.0000	Z=1061.0790	Y=	0.0000	SEC. 08
en el punto	X=47402.0000	Z=1500.0000	Y=	0.0000	L.A. 03
en el punto	X=49059.0000	Z=2000.0000	Y=	0.0000	L.A. 04
en el punto	X=50474.0000	Z=2500.0000	Y=	0.0000	L.A. 05
en el punto	X=51300.0000	Z=2822.3870	Y=	0.0000	SEC. 09
en el punto	X=51732.0000	Z=3000.0000	Y=	0.0000	L.A. 06
en el punto	X=52879.0000	Z=3500.0000	Y=	0.0000	L.A. 07
en el punto	X=57000.0000	Z=5535.4918	Y=	0.0000	SEC. 10
en el punto	X=57912.0000	Z=6000.0000	Y=	0.0000	CB. PRAL.

=====

COORDENAS DE LAS SECCIONS POR LINEAS DE AGUA:

MANGA B:(Y)/ALTURA DE LINEA DE AGUA L.A.:(Z)/DISTANCIA DE LA SECCIÓN A Ppp:(X)

=====

SECCIONES

ESPEJO DE POPA:

en el punto	Y=	0.0000	Z=	0.0000	X=	-2270.0000
en el punto	Y=	0.0000	Z=	500.0000	X=	-2270.0000
en el punto	Y=	0.0000	Z=	1000.0000	X=	-2270.0000
en el punto	Y=	0.0000	Z=	1500.0000	X=	-2270.0000
en el punto	Y=	0.0000	Z=	2000.0000	X=	-2270.0000
en el punto	Y=	2961.0000	Z=	2500.0000	X=	-2270.0000
en el punto	Y=	4577.0000	Z=	3000.0000	X=	-2270.0000
en el punto	Y=	5175.0000	Z=	3500.0000	X=	-2270.0000
en el punto	Y=	5500.0000	Z=	6000.0000	X=	-2270.0000

SECCIÓN # 00 Ppp

en el punto	Y=	0.0000	Z=	0.0000	X=	0.0000
en el punto	Y=	0.0000	Z=	500.0000	X=	0.0000
en el punto	Y=	0.0000	Z=	1000.0000	X=	0.0000
en el punto	Y=	0.0000	Z=	1500.0000	X=	0.0000
en el punto	Y=	3222.0000	Z=	2000.0000	X=	0.0000
en el punto	Y=	4660.0000	Z=	2500.0000	X=	0.0000
en el punto	Y=	5174.0000	Z=	3000.0000	X=	0.0000
en el punto	Y=	5378.0000	Z=	3500.0000	X=	0.0000
en el punto	Y=	5500.0000	Z=	6000.0000	X=	0.0000

SECCIÓN # 01

en el punto	Y=	0.0000	Z=	0.0000	X=	5700.0000
en el punto	Y=	0.0000	Z=	500.0000	X=	5700.0000
en el punto	Y=	374.7009	Z=	1000.0000	X=	5700.0000
en el punto	Y=	3000.0000	Z=	1500.0000	X=	5700.0000
en el punto	Y=	4446.0000	Z=	2000.0000	X=	5700.0000
en el punto	Y=	5106.0000	Z=	2500.0000	X=	5700.0000
en el punto	Y=	5386.0000	Z=	3000.0000	X=	5700.0000
en el punto	Y=	5500.0000	Z=	3500.0000	X=	5700.0000
en el punto	Y=	5500.0000	Z=	6000.0000	X=	5700.0000

SECCIÓN # 02

en el punto	Y=	0.0000	Z=	0.0000	X=	11400.0000
en el punto	Y=	1000.0000	Z=	500.0000	X=	11400.0000
en el punto	Y=	3000.0000	Z=	1000.0000	X=	11400.0000
en el punto	Y=	4446.0000	Z=	1500.0000	X=	11400.0000
en el punto	Y=	5206.0000	Z=	2000.0000	X=	11400.0000
en el punto	Y=	5413.0000	Z=	2500.0000	X=	11400.0000
en el punto	Y=	5500.0000	Z=	3000.0000	X=	11400.0000
en el punto	Y=	5500.0000	Z=	3500.0000	X=	11400.0000
en el punto	Y=	5500.0000	Z=	6000.0000	X=	11400.0000

SECCIÓN # 03

en el punto	Y=	0.0000	Z=	0.0000	X=	17100.0000
en el punto	Y=	3000.0000	Z=	500.0000	X=	17100.0000
en el punto	Y=	4786.0000	Z=	1000.0000	X=	17100.0000
en el punto	Y=	5347.0000	Z=	1500.0000	X=	17100.0000
en el punto	Y=	5500.0000	Z=	2000.0000	X=	17100.0000
en el punto	Y=	5500.0000	Z=	2500.0000	X=	17100.0000

en el punto	Y= 5500.0000	Z=3000.0000	X= 17100.0000
en el punto	Y= 5500.0000	Z=3500.0000	X= 17100.0000
en el punto	Y= 5500.0000	Z=6000.0000	X= 17100.0000

SECCIÓN # 04-05-06

en el punto	Y= 0.0000	Z= 0.0000	X= 22800.0/28500.0/34200.0
en el punto	Y=5208.0000	Z= 500.0000	X= 22800.0/28500.0/34200.0
en el punto	Y=5500.0000	Z=1000.0000	X= 22800.0/28500.0/34200.0
en el punto	Y=5500.0000	Z=1500.0000	X= 22800.0/28500.0/34200.0
en el punto	Y=5500.0000	Z=2000.0000	X= 22800.0/28500.0/34200.0
en el punto	Y=5500.0000	Z=2500.0000	X= 22800.0/28500.0/34200.0
en el punto	Y=5500.0000	Z=3000.0000	X= 22800.0/28500.0/34200.0
en el punto	Y=5500.0000	Z=3500.0000	X= 22800.0/28500.0/34200.0
en el punto	Y=5500.0000	Z=6000.0000	X= 22800.0/28500.0/34200.0

SECCIÓN # 07

en el punto	Y= 0.0000	Z= 0.0000	X= 39900.0000
en el punto	Y=3915.0000	Z= 500.0000	X= 39900.0000
en el punto	Y=4715.0000	Z=1000.0000	X= 39900.0000
en el punto	Y=5024.0000	Z=1500.0000	X= 39900.0000
en el punto	Y=5188.0000	Z=2000.0000	X= 39900.0000
en el punto	Y=5288.0000	Z=2500.0000	X= 39900.0000
en el punto	Y=5351.0000	Z=3000.0000	X= 39900.0000
en el punto	Y=5392.0000	Z=3500.0000	X= 39900.0000
en el punto	Y=5500.0000	Z=6000.0000	X= 39900.0000

SECCIÓN # 08

en el punto	Y= 0.0000	Z= 0.0000	X= 45600.0000
en el punto	Y=1500.0000	Z= 500.0000	X= 45600.0000
en el punto	Y=2943.0000	Z=1000.0000	X= 45600.0000
en el punto	Y=3637.0000	Z=1500.0000	X= 45600.0000
en el punto	Y=4147.0000	Z=2000.0000	X= 45600.0000
en el punto	Y=4519.0000	Z=2500.0000	X= 45600.0000
en el punto	Y=4794.0000	Z=3000.0000	X= 45600.0000
en el punto	Y=5001.0000	Z=3500.0000	X= 45600.0000
en el punto	Y=5452.0000	Z=6000.0000	X= 45600.0000

SECCIÓN # 09

en el punto	Y= 0.0000	Z= 0.0000	X= 51300.0000
en el punto	Y= 538.0000	Z= 500.0000	X= 51300.0000
en el punto	Y=1110.0000	Z=1000.0000	X= 51300.0000
en el punto	Y=1660.0000	Z=1500.0000	X= 51300.0000
en el punto	Y=2175.0000	Z=2000.0000	X= 51300.0000
en el punto	Y=2652.0000	Z=2500.0000	X= 51300.0000
en el punto	Y=3090.0000	Z=3000.0000	X= 51300.0000
en el punto	Y=3488.0000	Z=3500.0000	X= 51300.0000
en el punto	Y=4888.0000	Z=6000.0000	X= 51300.0000

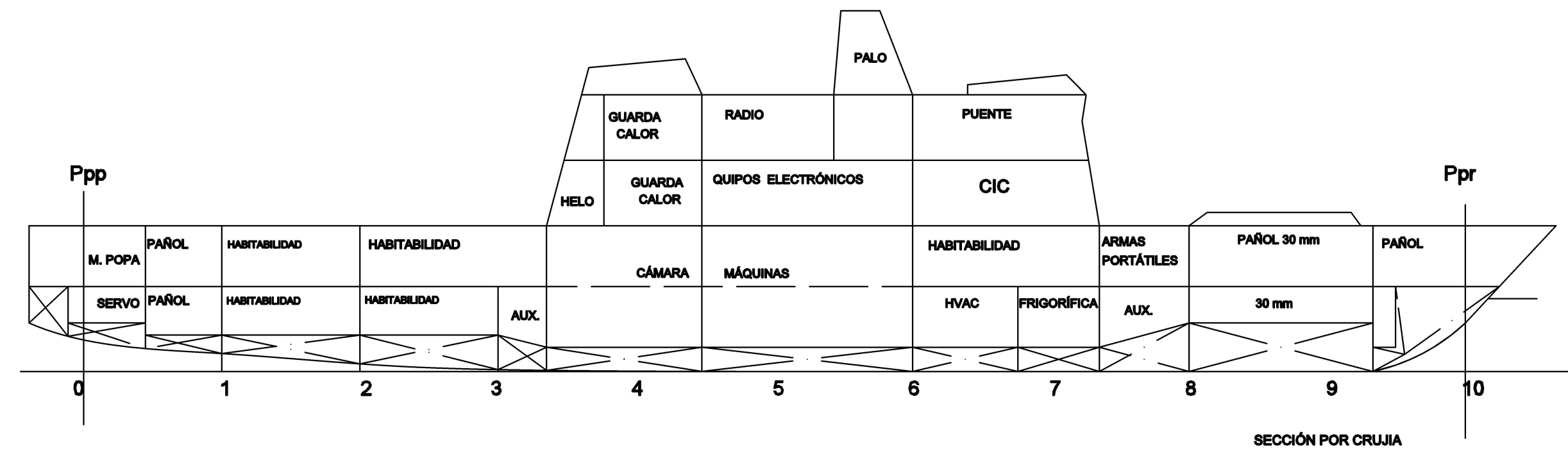
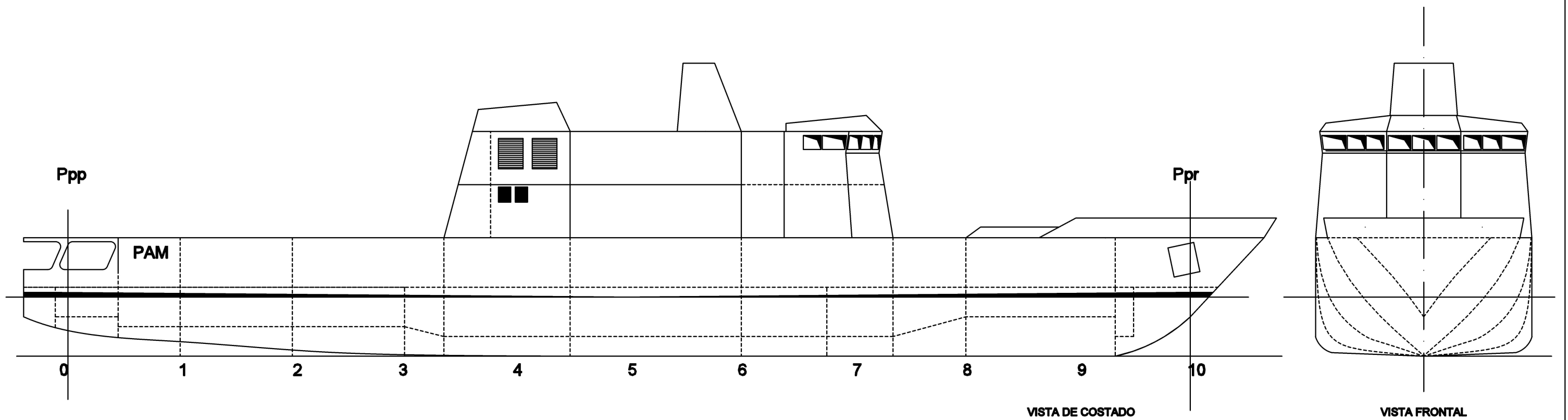
SECCIÓN # 10 Ppr

en el punto	Y= 0.0000	Z= 0.0000	X= 57000.0000
en el punto	Y= 0.0000	Z= 500.0000	X= 57000.0000
en el punto	Y= 0.0000	Z=1000.0000	X= 57000.0000
en el punto	Y= 0.0000	Z=1500.0000	X= 57000.0000
en el punto	Y= 0.0000	Z=2000.0000	X= 57000.0000

en el punto	Y= 362.0000	Z=2500.0000	X= 57000.0000
en el punto	Y= 733.0000	Z=3000.0000	X= 57000.0000
en el punto	Y=1122.0000	Z=3500.0000	X= 57000.0000
en el punto	Y=3402.0000	Z=6000.0000	X= 57000.0000

=====

ANEXO IV
DISPOSICIÓN GENERAL

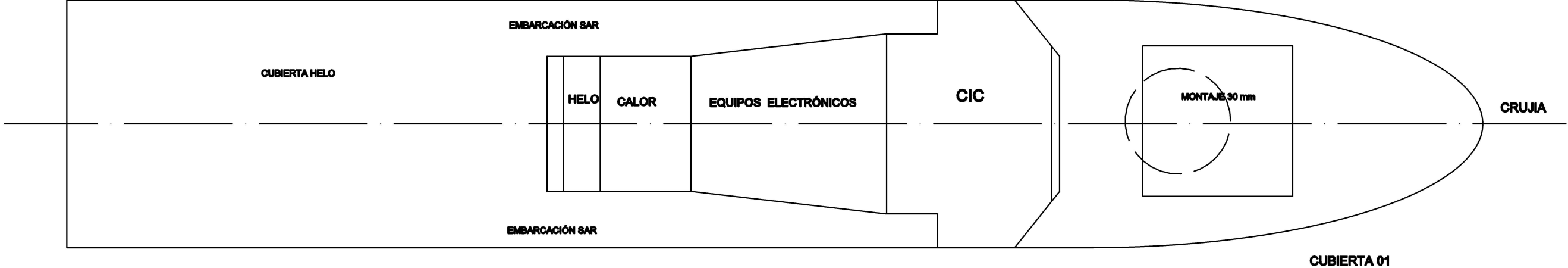
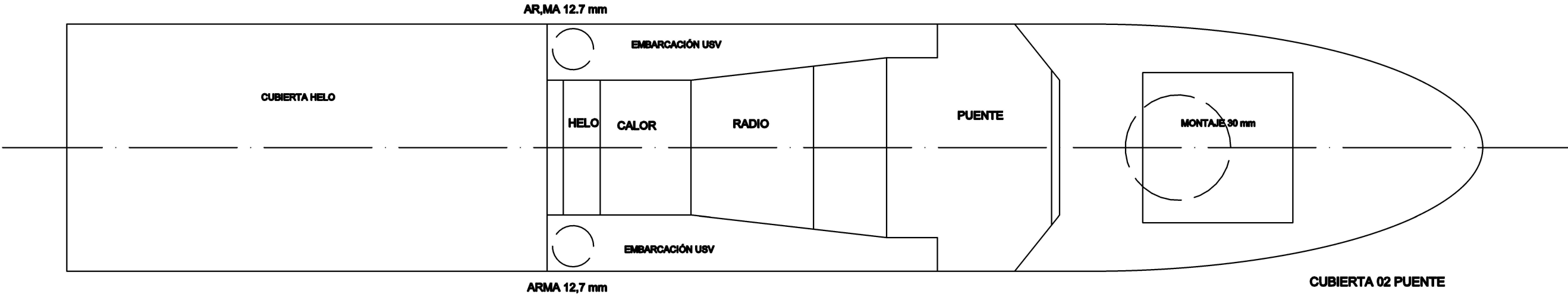
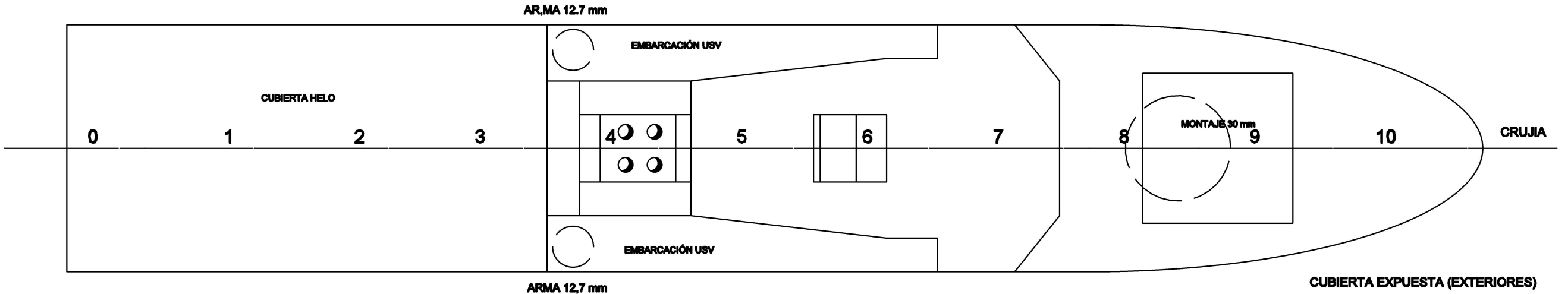


DIMENSIONES PRINCIPALES	
Loa	63.000 mm
Lpp	57.000 mm
B	11.000 mm
T	3.000 mm
D	6.000 mm

PROYECTO CONCEPTUAL PATRULLERO DE ALTURA MULTIPROPÓSITO (PAM)

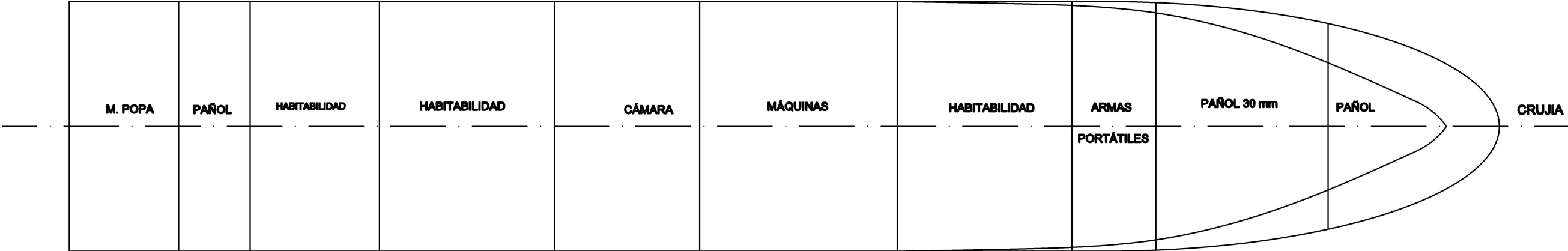
DISPOSICIÓN GENERAL

h. 1 de 3 / ESCALA 1:200 PARA A3

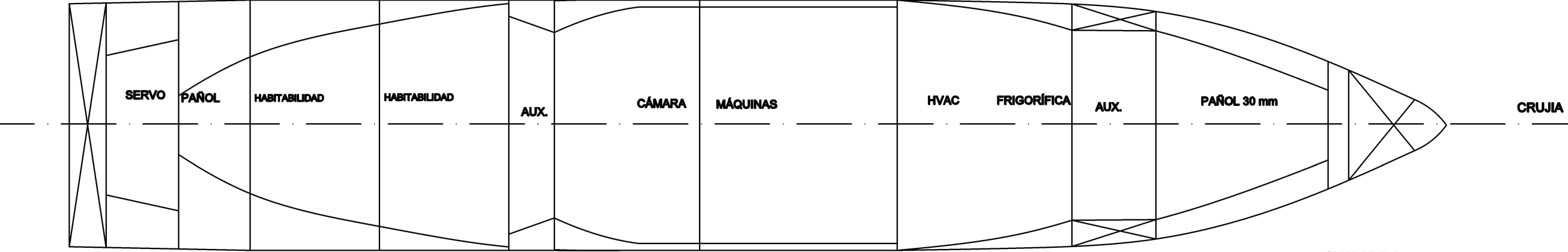


**PROYECTO CONCEPTUAL
PATRULLERO DE ALTURA MULTIPROPÓSITO
(PAM)**

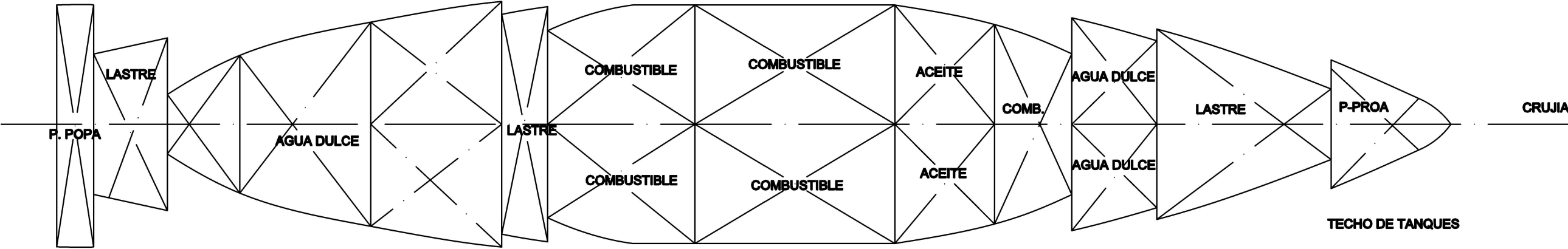
DISPOSICIÓN GENERAL



CUBIERTA 1 DE S.I.



CUBIERTA 2



TECHO DE TANQUES

PROYECTO CONCEPTUAL PATRULLERO DE ALTURA MULTIPROPÓSITO (PAM)

DISPOSICIÓN GENERAL

ANEXO V

ESPECIFICACIONES MOTORES

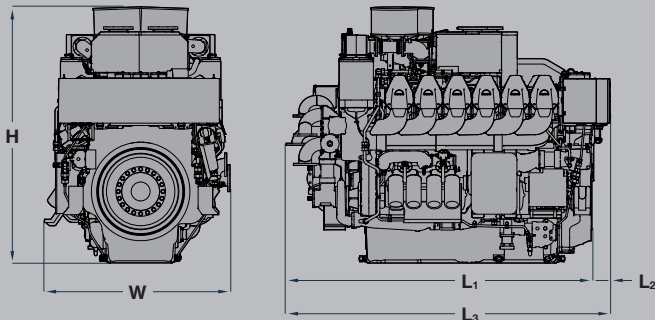
MAN 175D

Propulsion

Dimensions

Cyl. No.		12
L ₁	mm	2,734
L ₂	mm	167
L ₃	mm	2,901
H	mm	2,295
W	mm	1,661
Dry mass	t	8.70

Configuration shown: MAN 12V175D-MM
without seawater cooler



Output

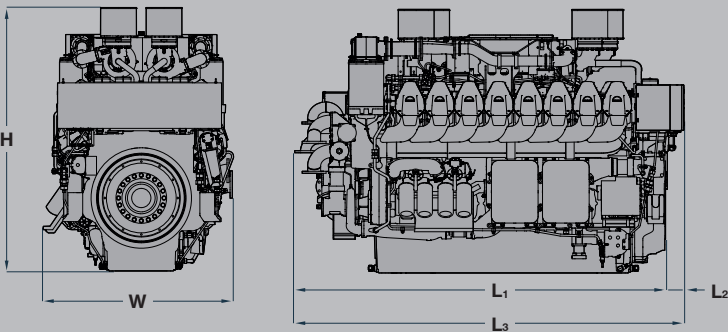
Engine model	MAN 12V175D-MH			MAN 12V175D-MM				MAN 12V175D-ML	
Rating definitions	Heavy duty			Medium duty				Light duty	
kW	1,499	1,499	1,740	1,860	2,040	2,220	2,220	2,400	2,580
rpm	1,600	1,800	1,800	1,800	1,800	1,900	1,800	2,000	2,000
Average load (%)	100.0	100.0	85.0	80.0	70.0	65.0	40.0	60.0	60.0
SFOC at 100 % MCR, Tier II (g/kWh)	188.0	194.5	192.5	191.0	190.5	195.0	191.5	197.5	(*)
SFOC at 100 % MCR, Tier III (g/kWh)	189.0	195.5	193.5	192.0	191.5	196.0	193.0	198.0	-

(*) Please contact MAN ES

Dimensions

Cyl. No.		16
L ₁	mm	3,254
L ₂	mm	167
L ₃	mm	3,421
H	mm	2,316
W	mm	1,661
Dry mass	t	10.80

Configuration shown: MAN 16V175D-MM
without seawater cooler



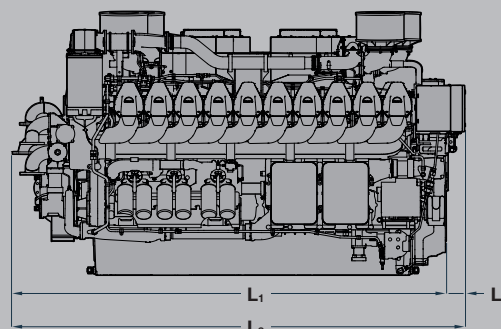
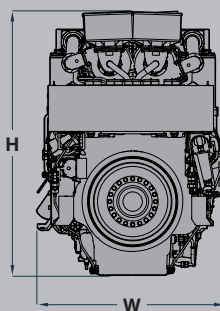
Output

Engine model	MAN 16V175D-MH			MAN 16V175D-MM				MAN 16V175D-ML	
Rating definitions	Heavy duty			Medium duty				Light duty	
kW	2,000	2,000	2,320	2,480	2,720	2,960	2,960	3,200	
rpm	1,600	1,800	1,800	1,800	1,800	1,900	1,800	2,000	
Average load (%)	100.0	100.0	85.0	80.0	70.0	65.0	40.0	60.0	
SFOC at 100 % MCR, Tier II (g/kWh)	191.0	197.5	195.5	194.0	193.5	198.0	194.5	200.5	
SFOC at 100 % MCR, Tier III (g/kWh)	192.0	198.5	196.5	195.0	194.5	199.0	196.0	201.0	

Dimensions

Cyl. No.		20
L ₁	mm	3,774
L ₂	mm	167
L ₃	mm	3,941
H	mm	2,297
W	mm	1,647
Dry mass	t	13.00

Configuration shown: MAN 20V175D-MM
without seawater cooler



Output

Engine model	MAN 20V175D-MH			MAN 20V175D-MM				MAN 20V175D-ML	
Rating definitions	Heavy duty			Medium duty				Light duty	
kW	2,500	2,500	2,900	3,100	3,400	3,700	3,700	4,000	4,400
rpm	1,600	1,800	1,800	1,800	1,800	1,900	1,800	2,000	2,000
Average load (%)	100.0	100.0	85.0	80.0	70.0	65.0	40.0	60.0	60.0
SFOC at 100 % MCR, Tier II (g/kWh)	189.5	196.0	194.0	192.5	192.0	196.5	193.0	199.0	199.0
SFOC at 100 % MCR, Tier III (g/kWh)	190.5	197.0	195.0	193.5	193.0	197.5	194.5	199.5	–

For multi-engine arrangement only. Rated power output according to ISO 3046-1: ICFN. The power produced at the flywheel will be within the tolerance of 3% - according to ISO 15550:2002 (E) - up to 45°C (113°F) combustion air temperature measured at the engine air inlet and up to 38°C (100°F) sea or raw water temperature measured at the seawater pump suction inlet, unless other values mentioned explicitly.

Specific fuel oil consumption acc. to ISO 3046-1:2002 based on a lower calorific value of fuel 42,700 kJ/kg with attached lube oil, HT and LT cooling water pumps fulfilling IMO Tier II/Tier III emission limits with 5% tolerance. MAN ES diesel engines are specified according to vibration class 5 of DIN ISO 10816-6 (vibration limit evaluation zone A/B: 28.2 mm/s, rms, 2-1,000 Hz, stationary conditions at nominal operating point)

Release December 2020.

General

- Modular common rail fuel injection system
- Integrated lubrication system
- HT and LT split cooling circuits with integrated pumps and thermostats
- High-efficiency MAN turbochargers
- MAN SaCoS_{one} safety and control system
- Compliant to SOLAS requirements for admissible surface temperature without additional insulation
- Classed by all major Classification societies

Starting method

- Electric/pneumatic

Compliance with emission regulations

- IMO Tier II
- IMO Tier III (with MAN SCR)

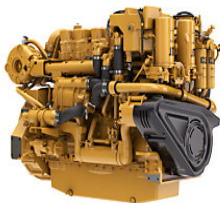
Optional equipment

- Integrated seawater cooler and engine-driven seawater pump
- Lube oil centrifuge
- 100 % PTO on counter coupling side (12V engine only)
- PTO on counter coupling side (16V and 20V engines)
- Alternator for battery charging
- Horizontal exhaust gas outlet (12V engine only)
- Redundant starter
- Redundant lube oil supply
- Additional auxiliary PTO on engine sides at counter coupling end

MCR = Maximum continuous rating
SCR = Selective catalytic reduction
SFOC = Specific fuel oil consumption

COMPARAR MODELOS

Comparar C32 ACERT IMO II con otros modelos Cat o de la competencia.

MODELOS CAT	MODELOS DE LA COMPETENCIA	
 ✓ MODELO SELECCIONADO Sistemas de potencia marinos C32 ACERT IMO II Detalles Del Modelo Comparar con la competencia	 QUITAR Sistemas de potencia marinos C18 ACERT TIER 3 Detalles Del Modelo	 QUITAR Sistemas de potencia marinos 3406C Detalles Del Modelo Comparar con la competencia

CONTRAER TODOS

CLASIFICACIÓN DE POTENCIA		
ALCANCE DE POTENCIA		
660-1.450 bhp (492-1.081 bkW)	469-1.001 bhp (350-747 bkW)	365 - 400 bhp (272 - 298 bkW)
ESPECIFICACIONES DE LOS MOTORES		
GAMA DE VELOCIDAD		
1.600-2.300 rpm	1.800-2.300 rpm	1.800 rpm
EMISIONES		
IMO II, IW de la Unión Europea	Tier 3 comercial de la EPA, IMO II, IW de la Unión Europea	No certificado
ROTACIÓN DEL EXTREMO DEL VOLANTE		
Hacia la izquierda	Hacia la izquierda	Hacia la izquierda
CONFIGURACIÓN		
Motor diesel en V de 12 cilindros, ciclo de 4 tiempos	Motor diesel en línea de 6 cilindros, ciclo de 4 tiempos	Motor diesel en línea de 6 cilindros, ciclo de 4 tiempos
ESPECIFICACIONES DEL MOTOR		
ASPIRACIÓN		

TTA	TA, TTA	TA
CALIBRE		
145 mm	145 mm	137.2 mm
CARRERA		
162 mm	183 mm	165.1 mm
CILINDRADA		
32.1 l	18.1 l	14.6 l

DIMENSIONES Y PESOS			^
PESO EN SECO MÍNIMO			
3152 kg	1814 kg	-	
LONGITUD MÍNIMA			
2121 mm	1854 mm	-	
LONGITUD MÁXIMA			
2284 mm	19312 mm	-	
ALTURA MÍNIMA			
1547 mm	1198 mm	-	
ALTURA MÁXIMA			
1587 mm	1300 mm	-	
ANCHO MÍNIMO			
1528 mm	1134 mm	-	
ANCHO MÁXIMO			
1528 mm	1204 mm	-	
PESO EN SECO (APROX.)			
-	-	1325 kg	
ALTURA			
-	-	1278.5 mm	
LONGITUD			
-	-	1454.2 mm	
ANCHO			
-	-	913.5 mm	

PRODUCTOS

- Accesorios
- Equipos
- Piezas