



Universidad
Politécnica
de Cartagena



***Optimización estructural, propulsiva y
del astillero de construcción de un
buque atunero congelador***

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Naval y Oceánica

Grado en Arquitectura Naval e Ingeniería de Sistemas
Marinos

Autor: Álvaro Escámez Conesa
Director: Carlos A. Mascaraque Ramírez

Cartagena, curso 2016/2017



ÍNDICE GENERAL

Cuaderno 1: Introducción

1.1. Introducción y estado del arte.....	8
1.2. El atún y sus características.....	14
1.3. El arte del cerco.....	23
1.3.1. Riesgos derivados del método de pesca.....	24
1.4. El atunero congelador al cerco.....	26
1.5. Concepto de optimización.....	30
1.6. Bibliografía.....	32

Cuaderno 2: Objetivos

2.1. Objetivos principales del proyecto.....	35
2.1.1. Reducción de costes.....	35
2.1.2. Aumento de la competitividad.....	35
2.2. Optimización del buque base.....	36
2.2.1. Mínimo coste de producción.....	36
2.2.2. Mínimo coste de material.....	36
2.2.3. Menor precio de venta.....	36
2.2.4. Aumento de ingresos de la explotación.....	37
2.3. Optimización del astillero.....	37
2.4. Justificación.....	38
2.5. Bibliografía.....	39

Cuaderno 3: Buque Base

3.1. Introducción.....	42
3.2. Dimensiones principales.....	43
3.3. Formas.....	44
3.3.1. Generalidades.....	44
3.3.2. Cuerpo de proa.....	45



3.3.3. Cuerpo de popa.....	46
3.4. Planta propulsora y generación de potencia eléctrica.....	47
3.4.1. Planta de potencia frigorífica.....	50
3.4.2. Equipo de salmuera en cubas.....	60
3.5. Equipo de pesca, carga y descarga.....	61
3.6. Clasificación del buque.....	65
3.7. Bibliografía.....	66

Cuaderno 4: Optimización Estructural

4.1. Introducción.....	69
4.2. Optimización estructural.....	70
4.2.1. Modificación de escantillones.....	71
4.2.1.1. Objetivos.....	71
4.2.1.2. Ejecución.....	71
4.2.1.3. Análisis de los resultados.....	78
4.2.1.4. Análisis y elección de líneas de actuación.....	79
4.2.2. Resultados obtenidos.....	86

Cuaderno 5: Propulsión y Energía

5.1. Introducción.....	91
5.2. Objetivo.....	92
5.3. Análisis de propulsión.....	93
5.3.1. Propulsión original del buque.....	93
5.3.2. Posibles configuraciones del sistema propulsivo.....	95
5.4. Nuevo balance eléctrico.....	98
5.4.1. Desde el punto de vista de consumidores eléctricos ajenos al sistema propulsivo.....	98
5.4.2. Desde el punto de vista de la propulsión.....	98
5.4.3. Estudio de la alternativa de propulsión eléctrica.....	104



Cuaderno 6: Astillero De Construcción

6.1. Introducción.....	118
6.2. Lean Manufacturing.....	119
6.2.1. Definición.....	119
6.2.2. Referencias del lean.....	120
6.2.3. Estructura Lean.....	124
6.3. Metodologías Lean.....	126
6.3.1. Las 5S.....	126
6.3.2. Kanban.....	129
6.3.2.1. Funcionamiento Kanban.....	129
6.3.2.2. Beneficios del sistema Kanban.....	131
6.3.3. Jidoka.....	132
6.3.4. SMED.....	133
6.3.4.1. Etapas del proceso.....	134
6.3.4.2. Ventajas del sistema SMED.....	136
6.3.5. Heijunka.....	136
6.3.5.1. Objetivos de Heijunka.....	137
6.3.6. Just in time.....	137
6.3.6.1. Principios fundamentales del JIT.....	139
6.4. Aplicación del Lean Manufacturing sobre el astillero de construcción.....	141
6.4.1. Flujo de trabajo continuo y Takt time.....	142
6.4.2. Diseño orientado a la producción.....	145
6.4.3. Estandarización.....	146
6.5. Conclusiones.....	148
6.6. Bibliografía.....	149



Cuaderno 7: Presupuesto

7.1. Presupuesto.....	152
7.1.1. Introducción.....	153
7.1.2. (100) Estructura del buque.....	154
7.1.3. (200) Planta propulsora.....	157
7.1.4. (300) Planta eléctrica.....	161
7.1.5. (400) Comunicación y control.....	162
7.1.6. (500) Servicios auxiliares.....	163
7.1.7. (600) Equipo y habilitación.....	168
7.1.8. (700) Armamento.....	169
7.1.9. (800) Servicios técnicos.....	169
7.1.10. (900) Apoyo al buque durante la construcción.....	170
7.1.11. Personal dedicado a la obra.....	171
7.1.12. Conclusión del presupuesto.....	173
7.2. Planificación temporal.....	174
7.2.1. Planificación temporal del proyecto base.....	174
7.2.2. Planificación temporal del proyecto optimizado.....	175
7.3. Bibliografía.....	177

Cuaderno 8: Líneas Futuras

8.1. Introducción.....	180
8.2. Nuevas tecnologías orientadas a la pesca.....	181
8.3. Grafeno.....	183
8.4. Perfiles de ala rígidos.....	184
8.5. Titanio.....	184
8.6. Combustible GNL.....	185
8.7. Bibliografía.....	186



Optimización estructural, propulsiva y del astillero de construcción de un buque atunero congelador

CUADERNO N^o 1 INTRODUCCIÓN

Álvaro Escámez Conesa

Director: Carlos A. Mascaraque Ramírez



Universidad
Politécnica
de Cartagena





Índice

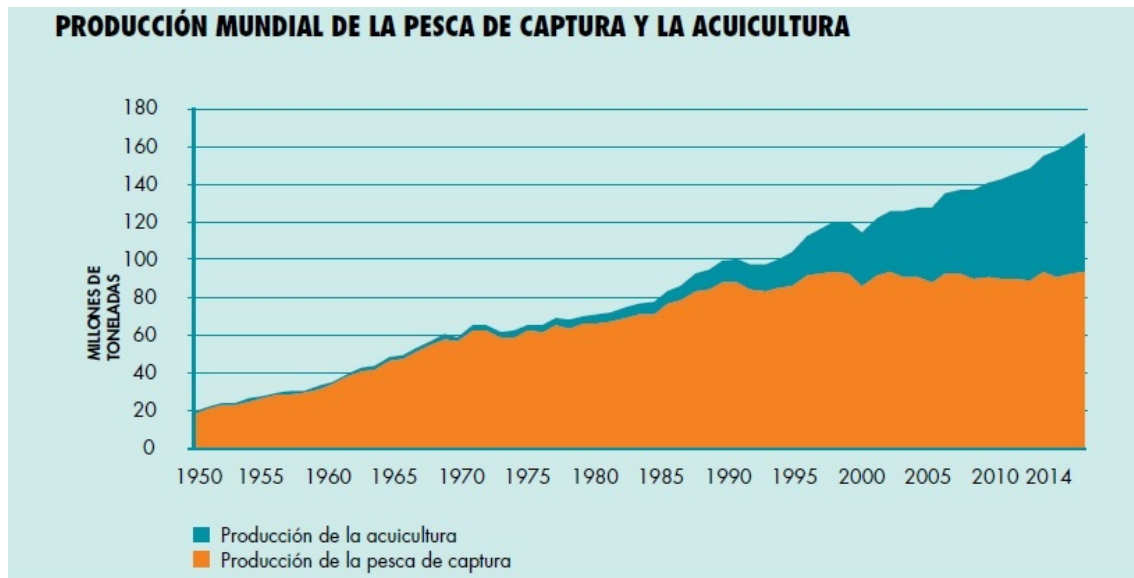
- 1.1. Introducción y estado del arte**
- 1.2. El atún y sus características**
- 1.3. El arte del cerco**
 - 1.3.1. Riesgos derivados del método de pesca**
- 1.4. El atunero congelador al cerco**
- 1.5. Concepto de optimización**
- 1.6. Bibliografía**



1.1. Introducción y estado del arte

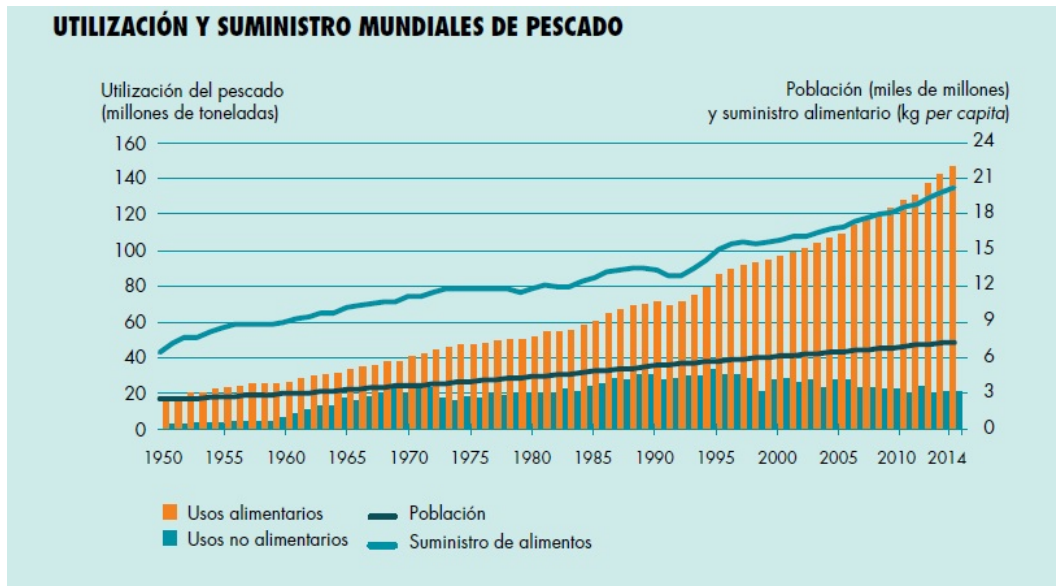
Muchos milenios después de que la producción alimentaria terrestre pasara de actividades de caza y recolección a la agricultura, la producción de alimentos acuáticos ha dejado de basarse principalmente en la captura de peces salvajes para comprender la cría de un número creciente de especies cultivadas. En 2014 se alcanzó un hito cuando la contribución del sector acuícola al suministro de pescado para consumo humano superó por primera vez la del pescado capturado en el medio natural. Satisfacer la creciente demanda de pescado como alimento de conformidad con la Agenda 2030 será ineludible, y también planteará enormes desafíos.

Ante la estabilidad de la producción de la pesca de captura desde finales de la década de 1980, la acuicultura ha sido la desencadenante del impresionante crecimiento del suministro de pescado para el consumo humano. Si bien la acuicultura proporcionó solo el 7 % del pescado para consumo humano en 1974, este porcentaje aumentó al 26 % en 1994 y al 39 % en 2004. China ha desempeñado una importante función en este crecimiento, ya que representa más del 60 % de la producción acuícola mundial. Sin embargo, el resto del mundo (a excepción de China) también se ha visto beneficiado al haberse duplicado con creces su proporción de acuicultura en el suministro general de pescado para consumo humano desde 1995.



Fuente: FAO – El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016

El aumento del suministro mundial de pescado para consumo humano ha superado al crecimiento de la población en los últimos cinco decenios, aumentando a un ritmo anual medio del 3,2 % en el período 1961-2013, el doble que el ritmo de crecimiento demográfico, lo que ha dado lugar a un incremento de la disponibilidad media per cápita. El consumo aparente de pescado per cápita a nivel mundial registró un aumento de un promedio de 9,9 kg en la década de 1960 a 14,4 kg en la década de 1990 y 19,7 kg en 2013, con estimaciones preliminares que apuntan a que seguirá aumentando hasta superar los 20 kg en 2014 y 2015.



Fuente: FAO – El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016

El total mundial de la producción de la pesca de captura en 2014 fue de 93,4 millones de toneladas, de las cuales 81,5 millones de toneladas procedían de aguas marinas y 11,9 millones de toneladas de aguas continentales.

En el caso de la producción pesquera marina, China siguió siendo el productor principal, seguida de Indonesia, los Estados Unidos de América y la Federación de Rusia.

El Pacífico noroccidental siguió siendo la zona más productiva por lo que respecta a la pesca de captura, seguido del Pacífico centro-occidental, el Atlántico nororiental y el

Océano Índico oriental. A excepción del Atlántico nororiental, estas áreas han registrado aumentos de las capturas si se comparan con el promedio relativo al decenio 2003-2012. La situación en el Mediterráneo y el Mar Negro es alarmante, ya que las capturas han disminuido en un tercio desde 2007, lo cual se debe principalmente a la reducción de los desembarques de pequeñas especies pelágicas como la anchoa y la sardina, aunque también ha afectado a la mayoría de grupos de especies.



Cuaderno Nº1: Introducción
Álvaro Escámez Conesa

Estimación de la flota mundial y su distribución regional:

Se calcula que en 2014 el número total de embarcaciones pesqueras en el mundo fue de aproximadamente 4,6 millones. La flota en Asia era la de mayor tamaño y estaba compuesta por 3,5 millones de embarcaciones, que representaban el 75 % de la flota mundial, seguida de África (casi el 15 %), América Latina y el Caribe (6 %), América del Norte (2 %) y Europa (2 %).

TOTAL DE FLOTAS PESQUERAS POR REGIÓN, 2014 (CON Y SIN MOTOR COMBINADAS)		
	EMBARCACIONES	PORCENTAJE DEL TOTAL
	<i>(Miles)</i>	
MUNDO	4.606,0	
África	679,2	14,7
América del Norte	87,0	1,9
América Latina y el Caribe	276,2	6,0
Asia	3.459,5	75,1
Europa	95,5	2,1
Oceanía	8,6	0,2

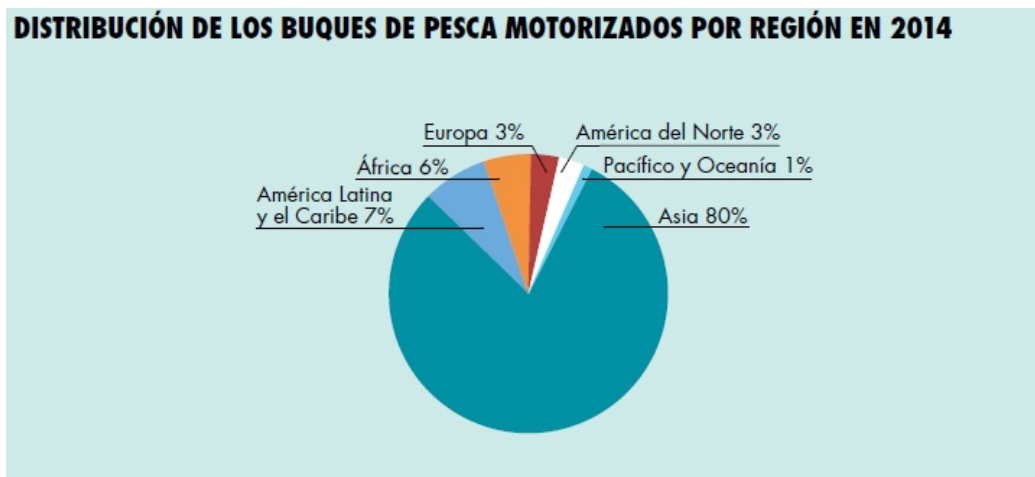
Fuente: FAO – El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016

En el plano mundial, un 64 por ciento de las embarcaciones de pesca registradas funcionaban con motor en 2014 (el 57 % en 2012). Sin embargo, en lugar de representar un cambio en la composición de la flota pesquera, es más probable que esta cifra refleje una reducción temporal en la calidad de la información notificada sobre las embarcaciones sin motor. En general, el índice de motorización es mucho más elevado en las embarcaciones que faenan en el mar que en la flota continental. En la siguiente figura se muestra la distribución por regiones y la proporción de embarcaciones con y sin motor.



Fuente: FAO – El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016

La flota motorizada no está distribuida de forma uniforme en el mundo; Asia tiene el 80 % de la flota registrada con motor, mientras que el resto de las regiones tiene menos del 10 % cada una.



Fuente: FAO – El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016



La situación de los recursos pesqueros:

La sostenibilidad de la producción pesquera es crucial para los medios de vida, la seguridad alimentaria y la nutrición de miles de millones de personas.

El concepto de “economía azul” se acuñó en la Conferencia de Río+20 de 2012. Haciendo hincapié en la conservación y la ordenación sostenible, basándose en la premisa de que unos ecosistemas acuáticos saludables son más productivos y son indispensables para una economía sostenible. El **crecimiento azul** es una estrategia a largo plazo de apoyo al crecimiento sostenible de los sectores marino y marítimo. Reconoce la importancia de los mares y océanos como motores de la economía europea por su gran potencial para la innovación y el crecimiento. Es la contribución de la Política Marítima Integrada en la consecución de los objetivos de la Estrategia 2020 para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador.

El crecimiento azul busca aprovechar en mayor medida el potencial de los océanos, los mares y las costas para:

- Eliminar las prácticas pesqueras perjudiciales y la sobrepesca y al mismo tiempo incentivar enfoques que favorezcan el crecimiento, la conservación y la pesca sostenible y pongan fin a la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada (INDNR).
- Velar por la adopción de medidas adaptadas a cada situación que fomenten la cooperación entre los países.
- Facilitar la elaboración de políticas, la inversión y la innovación en apoyo de la seguridad alimentaria, la reducción de la pobreza y la ordenación sostenible de los recursos acuáticos.

Se lleva a cabo de varias formas:

- **Acuicultura:** promover políticas y buenas prácticas para el cultivo de peces, marisco y plantas marinas de forma responsable y sostenible.
- **Pesca de captura:** apoyar la aplicación del Código de Conducta para la Pesca



Responsable (CCPR) y otros instrumentos relacionados para restaurar las poblaciones de peces, combatir la pesca ilegal y promover buenas prácticas de producción pesquera y el crecimiento sostenible.

- **Sistemas relativos al pescado:** promover cadenas de valor eficientes y mejorar los medios de vida en el sector pesquero.
- **Servicios ecosistémicos:** promover regímenes reglamentarios y enfoques tendentes a restaurar hábitats costeros vitales, la biodiversidad y los servicios

ecosistémicos (con inclusión de la retención de carbono, defensas contra las tormentas y las mareas, turismo, etc.)

1.2. El atún y sus características

El atún, es nombre común de varias especies de peces, como genéricamente se conoce a esta numerosa familia, los túnidos, perteneciente a los escómbridos, son una especie marina migratoria que viven en bancos próximos a la superficie (especies pelágicas) en la mayor parte de los mares y océanos del mundo y cuya carne es muy apreciada desde los tiempos más remotos.

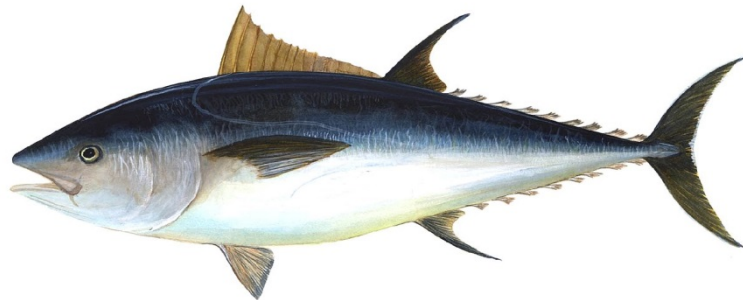
Morfológicamente, el atún tiene un cuerpo redondeado, esbelto e hidrodinámico, que se estrecha hasta formar una delgada unión con la cola. Se asemejan a la caballa en su estructura general, pero se distinguen de otros peces, por la presencia de una serie de pequeñas aletas situadas detrás de la segunda aleta dorsal y la aleta anal.

Nadan con velocidades de crucero de 3 a 7 km/h, pero pueden alcanzar los 70 km/h y, excepcionalmente, son capaces de superar los 110 km/h en recorridos cortos. Como son animales oceánicos pelágicos, viajan grandes distancias durante sus migraciones (recorriendo de 14 a 50 km diarios), que duran hasta 60 días. Ciertas especies de atunes pueden sumergirse hasta los 400 m de profundidad.



La carne de atún es rosada o roja, y contiene una mayor cantidad de hemoglobina (hasta 380 mg en 100 g de músculo) y mioglobina (hasta más de 530 mg en 100 g de músculo) que la de otras especies de peces.

Algunas de las especies más grandes, como el atún de aleta azul, pueden elevar la temperatura corporal por encima de la temperatura del agua con su actividad muscular;4 ello no significa que sean de sangre caliente, pero les permite vivir en aguas más frías y sobrevivir en una más amplia variedad de entornos que otras especies de atún.



Atún rojo - Fuente: google.es

En general:

- Son buenos nadadores y tienen cuerpo fusiforme
- Cabeza pronunciada en forma de pirámide triangular y boca relativamente pequeña con respecto al desarrollo del cráneo.
- Las escamas que cubren su dura y muy resistente piel son pequeñas, poco evidentes y lisas; la piel está lubricada con un "mucus" que reduce la fricción con el agua.
- La forma del cuerpo les permite nadar grandes distancias y alcanzar altas velocidades de hasta 70 kilómetros por hora.
- Poseen dos aletas dorsales muy próximas, rígidas y robustas, y una aleta caudal fuerte con forma de arco terminado en dos zonas puntiagudas que le dan



aspecto de media luna.

- Su coloración es típica de los peces pelágicos (o poco habituales en las zonas litorales): el dorso azul oscuro y el vientre blanco plateado con reflejos irisados. Sus aletas van del pardo al amarillo.
- Poseen una temperatura corporal de 10°C, superior a la media de los peces, debido a que su envoltura muscular es muy grasosa.
- Junto con los esturiones, los atunes se encuentran entre los peces de mayor tamaño, que compiten con otros animales como los tiburones y delfines.
- Uno de los más grandes es el atún aleta azul, que vive en el Atlántico. Llega a medir 3 metros de longitud y a pesar 680 kilos.
- Los atunes constituyen uno de los grupos de peces que ha logrado su adaptación total al medio donde vive, el llamado "epipelágico", caracterizado por los cambios frecuentes de las condiciones fisicoquímicas.
- Su metabolismo es muy alto debido a su movimiento constante. Por lo mismo, además, sus branquias poseen un sistema muy eficiente para extraer el oxígeno disuelto en el agua de mar.
- Los atunes son muy sensibles a los cambios estacionales de temperatura, salinidad y turbidez que se presentan en el Océano, así como a las variaciones en la cantidad de alimento. Esto mismo hace que las zonas donde viven sean muy amplias y que algunas especies se puedan encontrar hasta a 400 metros de profundidad.
- Se mueven constantemente para no hundirse, debido a que su cuerpo es muy pesado por tener músculos fuertes y compactos, y una vejiga natatoria muy pequeña que no les ayuda a mantenerse a flote.

Las especies más conocidas de atún, así como las que frecuentemente se utilizan en gastronomía, son:



- **Atún común o rojo o cimarrón.** Su aleta pectoral es corta y se encuentra distribuido por al Océano Atlántico, Mar Negro y Mediterráneo. Es el rey del atún, la especie más apreciada, por sus características y calidad, siendo líder indiscutible del mercado japonés, los grandes expertos en esto del atún, con un consumo de unas 400.000 toneladas al año. Esta familia de atún se mueve por aguas frías y a ente 0 y 200m de profundidad, lo que hace que su nivel de grasa sea más elevado que en otras especies. Con extensos movimientos migratorios, su carne es firme y la grasa se distribuye uniformemente.

Para conseguir la calidad óptima en el atún rojo, es imprescindible el momento del año en el que se realiza la captura, ya que sólo cuando el atún se encuentra en su migración para aparearse, es cuando muestra los niveles grasos óptimos. Una vez realizada la reproducción, en el camino de vuelta, el atún se ha vuelto excesivamente magro y se desecha para el consumo. Las almadrabas son unos laberintos de redes y anclas que atrapan un pequeño porcentaje de atunes que se acercan a la costa a su paso por las costas gaditanas, justo en su momento de desarrollo perfecto. Este arte de pesca cuenta con más de 3.000 años y es respetuosa con la conservación de la especie.



Atún rojo - Fuente: national geographic



- **Atún blanco o bonito del norte.** La aleta pectoral presenta un desarrollo considerable que le ha dado el nombre de Thunnus alalunga. Su carne muestra tonalidades blanquecinas y se emplea para elaborar conservas de calidad. Localizado en el Océano Atlántico, concretamente desde el Golfo de Vizcaya hasta Sudáfrica, así como en el Mar Mediterráneo y Océano Pacífico. Se mueve por las aguas cálidas de los océanos y de manera más superficial. Son de tamaño más reducido, siendo pescados con caña, a la manera tradicional, en la zona cantábrica. Esto genera un estrés en el pez, que afecta también a la consistencia de la carne.



Bonito del norte - Fuente: national geographic

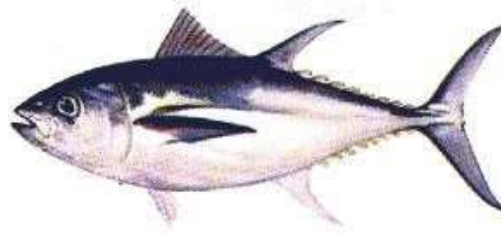
- **Atún de aletas amarillas.** Muy presente en las pescaderías, ya que su precio es menor que el del atún rojo y su disponibilidad en fresco, más amplia. Este atún se extiende por las aguas cálidas cercanas al trópico de capricornio, lo que repercute en una menor cantidad de grasa. La calidad de este túnido es menor, y no es tan apreciada, si la pieza supera los 10-15kg se vuelve muy seca. Se suele comercializar en conservas enlatadas, habituales en los supermercados.



Atún aletas amarillas - Fuente: google.es



- **Atún de ojos grandes o patudos.** De cuerpo particularmente redondeado. Es un pez tropical que abunda en aguas del Océano Pacífico. El atún *patudo* o *bigeye* vive en las aguas cálidas y templadas del Atlántico, Pacífico, e Indico. Tiene cuerpo robusto y grandes ojos, suele sobrepasar los 45 kg. Su calidad es media-alta, se comercializa fresco o congelado y se pesca con cerqueros, palangreros, cañeros y cerqueros congeladores.



Atún patudo - Fuente: google.es

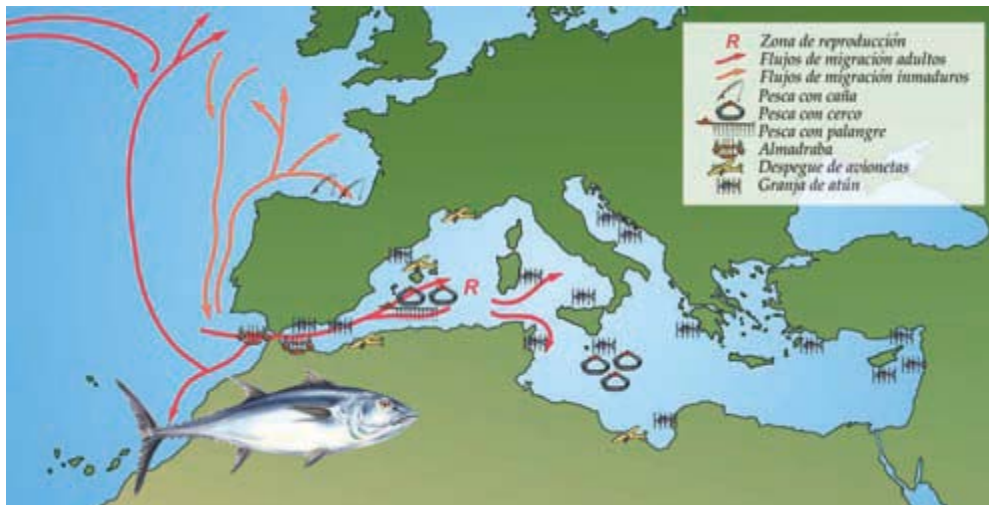
Las características migratorias de los atunes definirán, posteriormente, la calidad de su carne y por tanto su destino en el proceso de elaboración del pescado para su posterior puesta en venta y consumo humano. Las especies adaptadas a la vida en mares u océanos más fríos poseen una mayor capa de grasa, lo que se traduce en una carne de calidad superior en comparación con el resto de especies que viven en zonas más cálidas, éstas cuentan con un porcentaje de grasa corporal inferior a las primeras, lo que hace que el pescado tenga una textura más seca.

Las rutas migratorias son muy complejas, pero con los resultados del mercado electrónico de la última década se ha avanzado mucho en el conocimiento de la estructura de la población. Si bien el atún rojo está ampliamente distribuido y emigra miles de kilómetros, sólo se conocen dos zonas de puesta confirmadas: el Golfo de México (entre otros: Richards et al., 1981) y el Mar Mediterráneo (entre otros: Dicenta, 1975; Piccinetti y Piccinetti-Manfrin, 1970; Karakulak et al., 2004a; 2004b y Oray y Karakulak, 2005). Para realizar la puesta o freza los atunes emigran formando grandes bancos (Arena, 1979) que eligen las áreas más apropiadas en función de numerosas variables ecológicas y ambientales.



Marca electrónica interna, "marca archivo".

Los esquemas migratorios estacionales dependen de la edad y el tamaño de los peces, estando muy relacionados con la búsqueda de alimento y la reproducción. Las migraciones de peces adultos en dirección a las zonas de reproducción en el Mediterráneo, y su posterior regreso al océano para alimentarse intensamente, se conocen desde hace miles de años (Aristóteles, 384-322 a.C.). Esta peculiaridad del ciclo biológico ha ocasionado que, durante milenios, su pesca haya sido una actividad profesional muy importante desde el sur de Portugal y España, y norte de Marruecos, hasta los países bañados por el Mar Negro, en los cuales hacia el año 1900 había un total de 276 almadrabas instaladas en toda esa extensa área (Sarà, 1983). Puede decirse que la carne de este pez ha servido de sustento a cientos de generaciones, contribuyendo de forma muy importante a la seguridad alimentaria de numerosos países.

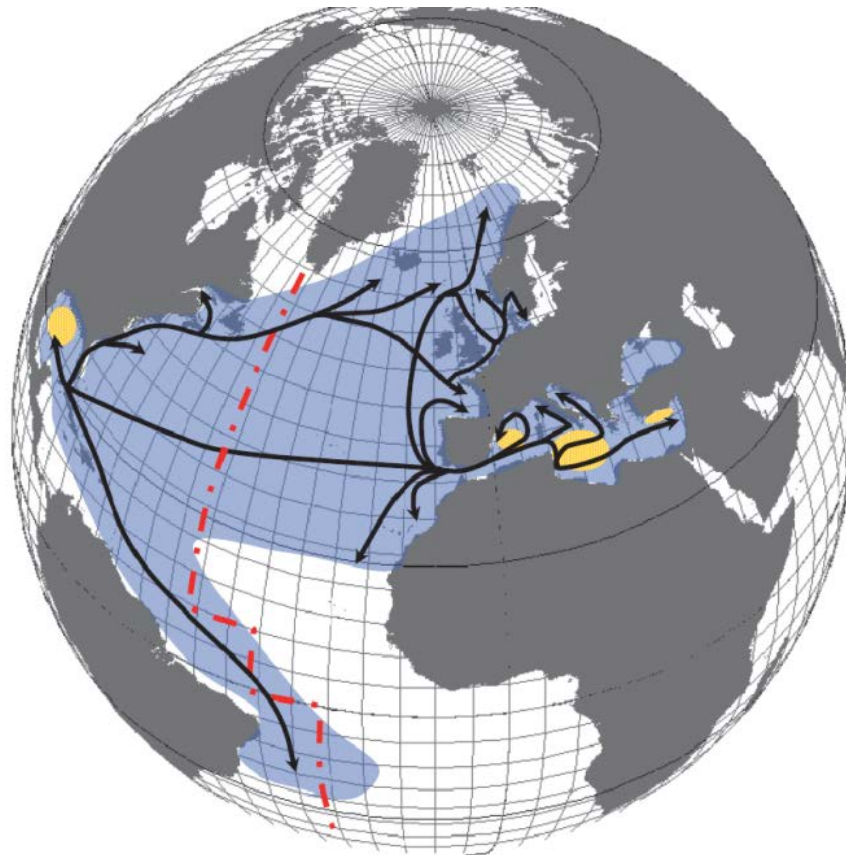


Rutas de migración y zonas de reproducción del Atún rojo del Atlántico y distribución de las artes de pesca en el Mar Mediterráneo.

Fuente: WWF: Propuesta de WWF para un Santuario en el Mediterráneo occidental

Los resultados del marcado electrónico (Block et al., 2005) muestran que, aunque no con una claridad exagerada, los atunes adultos marcados se mantuvieron a lo largo y ancho de los grandes sistemas de corrientes del Océano Atlántico Norte.

Las migraciones de adultos en el Mediterráneo oriental son poco conocidas; no obstante, Sará (1964) describe un sistema de corrientes principales que circulan por el norte de África en sentido Oeste-Este y que Karakulak (2003) señala como coincidentes con las rutas migratorias de *Thunnus thynnus*. Según esta autora, en mayo los atunes reproductores se encuentran al norte de Siria, donde son capturados por la flota turca que sigue la migración hasta el Golfo de Antalya. En el pasado, los adultos se encontraban también, durante la estación reproductora, en el Mar Negro (Akyüz y Artüz, 1957), pero desde la década de los 70 su reducción poblacional en este mar fue tan drástica (Zaitsev, 2003) que, a partir de 1986, no se ha vuelto a ver ni un solo ejemplar (Karakulak, 2003).

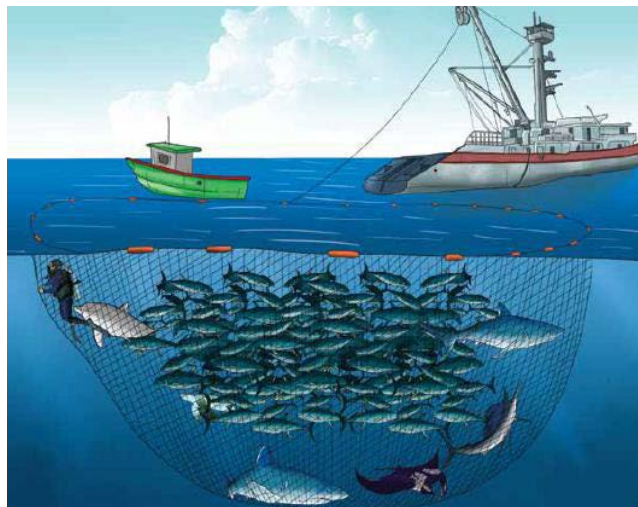


Mapa de la distribución espacial del atún rojo atlántico (en azul), principales rutas migratorias (flechas negras) y principales zonas de desove (en amarillo) que se deducen de los datos de pesquerías históricas y actuales, así como de la información sobre marcado tradicional y electrónico. La línea de rayas verticales representa la delimitación del stock entre las dos unidades de ordenación actuales de ICCAT (modificadas después por Fromentin y Powers 2005).



1.3. El arte del cerco

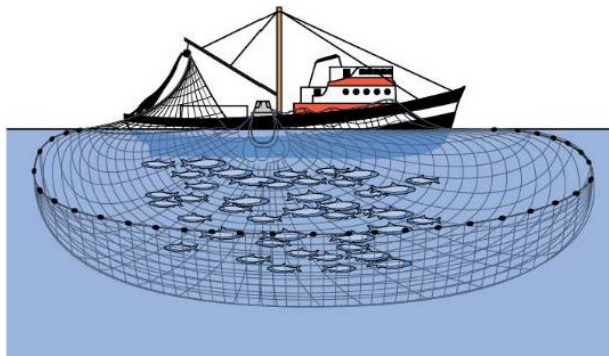
Como Arte de Cerco se define, en términos generales, el conjunto de aparejos constituidos por redes de grandes dimensiones, sostenidas verticalmente por un sinnúmero de flotadores, que se emplean para rodear y por fin encerrar, en la bolsa que forma el arte por su parte inferior, un banco de peces.



Fuente: Bibliografía Sistemas de pesca, UPCT

El cardumen es rodeado con el fin de evitar su huida y poder proceder a su recogida. Las especies pelágicas, que son buenas nadadoras y con gran resistencia, al sentirse perturbadas tienden a escapar, lo cual pueden hacer nadando horizontalmente o sumergiéndose.

Con el fin de evitar la huida horizontal, el cerco debe realizarse a la mayor velocidad posible. Para impedir que puedan huir sumergiéndose, la altura de la red debe de ser grande (hasta 250 m en los atuneros modernos) y, además, mientras se realiza el cerco, la velocidad con que se despliega verticalmente la red debe de ser superior a la de inmersión del pez.



Fuente: Bibliografía Sistemas de pesca, UPCT

El verdadero perfeccionamiento del arte de cerco se produce al introducirse la JARETA, cabo flexible que pasa a través de unas anillas suspendidas de la relinga de los plomos, mediante la cual, tirando por sus extremos se consigue hacer una bolsa con la red, en cuyo interior queda encerrado el pescado.



Fuente: Bibliografía Sistemas de pesca, UPCT

1.3.1. Riesgos derivados del método de pesca

El mayor problema que conlleva el arte de pesca del cerco consiste en la muy baja selectividad de las especies capturadas y su talla, por lo que en una operación al cerco pueden quedar atrapadas especies de poco o ningún interés para la actividad pesquera objetivo. Estas especies deben ser liberadas de forma manual de la red, usualmente se dispone de buzos para esta operación.

Algunas de estas especies afectadas pueden ser tortugas, delfines o incluso



Cuaderno N°1: Introducción
Álvaro Escámez Conesa

tiburones.

Según datos de la **CIAT (Comisión interamericana del atún tropical)**, la mortalidad incidental de los delfines en la pesquería con red de cerco era alta durante los inicios de la pesquería (más de 140.000 anualmente), pero cayó marcadamente en los ochenta y ha promediado 2.000 muertes anuales desde los noventa.



Fuente: Bibliografía Sistemas de pesca, UPCT

El tiburón sedoso (*Carcharhinus falciformis*) es la especie de tiburón capturada con mayor frecuencia en la pesquería de red de cerco; debido a que esta especie es atraída por los objetos flotantes. Entre 1994 y 2004 las capturas de ejemplares grandes y medianos de esta especie disminuyeron. El descenso en las tasas de captura del tiburón sedoso es alarmante e indica una menor densidad de la especie. Esta especie es considerada como Casi Amenazada en la Lista Roja de la **UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza)** debido a la reducción en sus poblaciones.



Fuente: Bibliografía Sistemas de pesca, UPCT

El tiburón punta blanca oceánico (*Carcharhinus longimanus*) ha sido la segunda especie capturada con mayor frecuencia en la pesquería de red de cerco. La probabilidad de capturar esta especie de tiburón en una faena con red de cerco disminuyó entre 1994 y el 2004. El descenso en la probabilidad de captura del tiburón



Cuaderno N°1: Introducción
Álvaro Escámez Conesa

punta blanca oceánico indica una menor densidad de la especie. Esta especie está catalogada como Vulnerable en la Lista Roja de la UICN debido a la reducción significativa de sus poblaciones.

Las capturas incidentales de la tortuga lora (*Lepidochelys olivacea*) en las redes de cerco aumentan durante las temporadas de anidamiento y al acercarse más a la costa; en alta mar, las capturas se concentraron cerca del Domo Térmico de Costa Rica.



Fuente: *Bibliografía Sistemas de pesca, UPCT*

1.4. El atunero congelador al cerco

Los buques de pesca enfocados a la captura del atún presentan una serie de características comunes a todos ellos, como por ejemplo el operar muy frecuentemente en condiciones de mala mar, en caladeros alejados de la costa. Por lo tanto, poseen exigencias en cuanto a la máxima seguridad del buque y su tripulación, condiciones de trabajo apropiadas y por supuesto, económicas.

Para conseguir una seguridad adecuada, el buque debe proyectarse de manera que sea capaz de resistir las sollicitaciones de la mar y la carga en su conjunto. Dado que los pesqueros trabajan frecuentemente en condiciones de mala mar (fuerte oleaje, golpes de mar, etc.), suelen tener escantillones elevados. Debe tener la



suficiente estabilidad en todas las condiciones de carga, en particular la necesaria para poder seguir pescando en condiciones de mala mar y fuertes vientos. Hay que tener en cuenta que en general los pesqueros, y en particular los atuneros, llevan gran cantidad de tanques con la consiguiente disminución de estabilidad.

Un grupo de características que definen al buque atunero son las siguientes:

- ✓ Ser un buque de dos cubiertas, principal y superior, que deja entre medias un entrepuente de trabajo. La cubierta principal es además la cubierta de francobordo.
- ✓ La superestructura de estos buques suele ir a proa de la sección media para permitir tener en la popa espacio suficiente para ubicar todos los equipos de pesca y poder realizar toda la maniobra. Además, a proa de la superestructura lleva una cubierta castillo donde se sitúan botes y maquinillas, la cual suelen ir protegida con altas amuradas por razones de seguridad.
- ✓ Actualmente suelen llevar la cámara de máquinas a popa, aunque tradicionalmente la han llevado a proa. Suele ser de gran tamaño y en ella destaca la planta frigorífica, de gran potencia y tamaño, por lo que suele disponerse en un compartimento separado. Esto obliga también a una planta generadora de gran potencia.
- ✓ Es un buque congelador para lo cual emplea el método de congelación por inmersión en salmuera. Para ello lleva unas cubas de congelado, situadas bajo la cubierta principal. Van dispuestas simétricamente respecto a crujía y en la zona opuesta a la cámara de máquinas. Todas las cubas van aisladas para mantener las bajas temperaturas y llevan serpentines frigoríficos, un doble forro con una doble finalidad, preservar el aislamiento y los serpentines de refrigeración del contacto con el agua y los atunes y la de proteger a los atunes del contacto con el aislamiento, serpentines y los refuerzos de los mamparos, lo cual deterioraría su carne.



Fuente: google.es

- ✓ Entre las cubas y sobre el doble fondo, saliendo de la cámara de máquinas hay un túnel de tuberías por el que van las tuberías de refrigeración, de circulación de la salmuera, de combustible o agua dulce, según el tipo de barco, las bombas (una por cuba) y las válvulas, etc.
- ✓ Sobre las cubas va el parque de pesca, por el que se distribuye el atún a las cubas, mediante cintas transportadoras, desde la escotilla de popa.
- ✓ Dado que el sistema de pesca empleado es el de cerco, los atuneros deben poder realizar la maniobra de echar el cerco lo más rápidamente posible para lo cual deben poseer una gran maniobrabilidad y una alta velocidad (15-17 nudos). La alta velocidad permite además el llegar lo más rápidamente al caladero.
- ✓ Para poder realizar toda la maniobra del cerco, se emplean gran cantidad de maquinillas, de 15 a 20, las cuales van situadas en la parte de popa sobre la cubierta superior. Estas maquinillas se encargan tanto de cobrar los cabos, como la red y de mover las diferentes plumas empleadas.
- ✓ Llevan gran cantidad de inversión en equipos de detección entre los que destacan



Cuaderno N°1: Introducción
Álvaro Escámez Conesa

ecosondas, radares de navegación y de localización de pájaros, sonares omnidireccionales y de discriminación, equipos registradores de temperatura del agua, vía satélite, radio boyas.

- ✓ La propulsión empleada es mediante motor diésel, el cual puede ser reversible o no, llevando en este caso un reductor inversor. Es importante la rápida realización de la maniobra de inversión de marcha, de todo avante a todo atrás, que hay que realizar en el momento de cerrar el cerco. Para esto además se dispone de un freno que actúa sobre la línea de ejes o sobre el reductor.

- ✓ Estos buques suelen emplear gran cantidad de buques auxiliares entre los que destacan la panga y los speed boats. El primero va situado en una rampa en la popa de barco, desde la cual se pone a flote para soportar uno de los extremos de la red durante el cerco.

- ✓ Los speed boats son unos botes rápidos con los cuales se evita que el atún se disperse y se salga del cerco. Suelen ser de aluminio y llevan un motor fuera borda o turbohélice para poder pasar por encima de las redes y corchos.



Fuente: google.es

- ✓ En algunos casos estos buques llevan cubierta de helicópteros situada sobre el puente. En estos casos el buque debe estar construido para soportar este peso, tanto estructuralmente la cubierta, como por estabilidad al tratarse de un peso alto. Además, hay que disponer de tanques para el almacén del combustible (queroseno) y de piezas de repuestos para el helicóptero.



Fuente: google.es

- Deben tener una gran estabilidad transversal capaz de compensar el efecto escorante de la izada de la red, incluso con mal tiempo, así como las posibles pérdidas de estabilidad debidas a las superficies libres de los tanques.
- El diseño de la popa en general y de la hélice en particular se hace con bastante cuidado para minimizar los efectos de cavitación y los ruidos y vibraciones transmitidas por la hélice que pueden perjudicar la estructura, el confort y las capturas.
- Suelen utilizar también proa de bulbo para disminuir la resistencia por formación de olas, importante al ir a velocidades elevadas, y el movimiento de cabeceo del buque.

1.5. Concepto de optimización

Definición de “optimizar” según la RAE: **“buscar la mejor manera de realizar una actividad”**.

De acuerdo con esta definición, aplicándola a nuestro ámbito, la optimización de un buque consiste en buscar la mejor manera de construir dicho buque. De manera más específica podría definirse como el conjunto de acciones a llevar a cabo de forma que la construcción del buque sea la óptima, en este ámbito caben destacar acciones como:



- Máximo aprovechamiento de los recursos y materiales.
- Minimización de tiempos muertos o posible eliminación de los mismos.
- Estandarización de elementos constructivos y procesos.
- Modificaciones de la distribución en planta del astillero y reorganización de talleres.

Además, a consecuencia de la optimización de la producción nos encontramos, automáticamente, con la mejora del servicio del buque optimizado, es decir, una disminución de recursos de explotación presentes durante el ciclo de vida del buque como pueden ser:

- Disminución del consumo de combustible por marea.
- Desarrollo de la actividad pesquera más rápido y, por lo tanto, mejora de la eficiencia.
- Menor coste de adquisición.
- Menor tiempo de revisión.
- Reducción de tiempos de reparación
- Reducción general de costes de mantenimiento



1.6. Bibliografía

- http://www.magrama.gob.es/es/pesca/temas/planes-de-gestion-y-recuperacion-de-especies/orgpesca.aspx_Consulta (Octubre 2016)
- https://www.ecured.cu/Atún_Consulta (Octubre 2016)
- https://es.wikipedia.org/wiki/Thunnus_Consulta (Octubre 2016)
- http://www.wwf.es/que_hacemos/mares_y_costas/sobre_mares_y_oceanos/oceanos/atun_rojo/marcaje_del_atun_rojo/_Consulta (Octubre 2016)
- https://www.ecured.cu/At%C3%BAn#Caracter.C3.ADsticas_Consulta (Octubre 2016)
- http://www.atuneate.com/de-atun-y-atunes/_Consulta (Noviembre 2016)
- http://www.clubdelamar.org/variedades.htm_Consulta (Noviembre 2016)
- http://www.ba.ieo.es/rokstories/1168-las-zonas-de-puesta-del-atun-rojo-en-el-mediterraneo-estan-claramente-relacionadas-con-estructuras-oceanograficas_Consulta (Noviembre 2016)
- Mar viva: las artes de pesca (artículo).
- https://www.iucn.org/es_Consulta (Noviembre 2016)
- Libro *“Fundamentos de pesca”* ISBN:84-600-8781-6



Optimización estructural, propulsiva y del astillero de construcción de un buque atunero congelador

CUADERNO N^o2

OBJETIVOS

Álvaro Escámez Conesa

Director: Carlos A. Mascaraque Ramírez



Universidad
Politécnica
de Cartagena





Índice

- 2.1. Objetivos principales del proyecto**
 - 2.1.1. Reducción de costes**
 - 2.1.2. Aumento de la competitividad**
- 2.2. Optimización del buque base**
 - 2.2.1. Mínimo coste de producción**
 - 2.2.2. Mínimo coste de material**
 - 2.2.3. Menor precio de venta**
 - 2.2.4. Aumento de ingresos de la explotación**
- 2.3. Optimización del astillero**
- 2.4. Justificación**
- 2.5. Bibliografía**



2.1. Objetivos principales del proyecto

2.1.1. Reducción de costes

La reducción de los costes de fabricación lleva siendo uno de los objetivos más importantes a tratar en cualquier industria y en cualquier proceso destinado a la fabricación de un producto. En este apartado se refiere a la reducción de costes de fabricación, que, de cara a un nuevo artículo y en función de la naturaleza del mismo, estos desembolsos pueden llegar a ser cuantiosos, ya sea por el método de producción, fases y procesos necesarios, como la maquinaria necesaria o simplemente el tiempo dedicado a la generación de una unidad o artículo.

2.1.2. Aumento de la competitividad

Otro de los objetivos primordiales que se abordan en este estudio es el aumento de la competitividad del producto, en este caso, un buque atunero congelador.

La mejora de la competitividad reside en el aumento del beneficio de la explotación durante el tiempo de uso del producto, durante su vida operativa, así como también ser ofrecido como un artículo más atractivo al cliente, ofreciendo ventajas técnicas y un precio menor que la competencia.

Para poder ofrecer un artículo que reúna dichas características técnicas en la fase de producción y posterior explotación, este objetivo está ligado al anterior, la reducción de costes de fabricación, ya que, si se pretende obtener un producto de calidad a base de costosas inversiones en maquinaria y equipos de última generación sin tener en cuenta otros aspectos de la economía, el proceso y el producto en su conjunto serán más un lastre para la empresa que una subida de escalafón.



2.2. Optimización del buque base

De manera que en los anteriores apartados se justificaban los objetivos a alcanzar por cualquier empresa en el desarrollo de sus productos, en esta sección se comentará el modo de actuación que, según el proyecto desarrollado, llevará a cumplir con éxito dichas metas básicas, en este caso, sobre un buque pesquero.

2.2.1. Mínimo coste de producción

Para llevar a cabo una reducción del coste de producción de este buque atunero congelador se buscará la optimización y estandarización como máximas, tanto para la estructura como el sistema de propulsión y no menos importante el astillero de construcción.

2.2.2. Mínimo coste de material

Para cubrir con éxito el menor coste posible de material se recurre, de nuevo, a la optimización estructural y estandarización de la misma, así como de los equipos a bordo ya que puede suponer la reducción de elementos a adquirir por el astillero.

2.2.3. Menor precio de venta

Este aspecto, resulta del cumplimiento de los dos anteriores apartados. Como queda explícito, todos y cada uno de ellos dependen entre sí para poder ser llevados al éxito.

Basándose en la reducción del coste de adquisición y fabricación se consigue un aumento del margen coste/beneficio tras la venta del buque.

Si a esto se suma un menor precio de venta, dicho margen se verá reducido pero a largo plazo generará un mayor volumen de ventas que finalmente superará con creces el beneficio neto obtenido por el astillero.



2.2.4. Aumento de ingresos de la explotación

Gracias a la consecución de la optimización del buque y su astillero de construcción, podrán obtenerse varias pequeñas mejoras que en su conjunto tendrán un peso de suficiente envergadura como para presentar una reducción de la explotación y además un aumento directo de la capacidad productiva del buque al ser este, por ejemplo, más eficiente, proporcionando un menor consumo de combustible o un aumento de la capacidad de carga. De tal modo que la diferencia entre costes e ingresos de explotación se hará mayor, a favor de los ingresos.

2.3. Optimización del astillero

En cuanto a las modificaciones en el astillero, se busca una distribución de los talleres y de la disposición de equipos de acuerdo a un diseño orientado a la producción del tipo de buque en el que se basa este estudio.

Un lugar de trabajo diseñado y optimizado para un propósito concreto favorece el camino al éxito de una producción más competitiva, con mejores productos y una muy buena calidad. Además, permite la implantación de técnicas orientadas a la producción de una manera más sencilla, como por ejemplo la metodología **Lean Manufacturing**, de la que posteriormente se hablará a lo largo del cuaderno correspondiente al diseño del astillero.



2.4. Justificación

En un entorno en continua evolución y con un desarrollo tecnológico acelerado, surge la necesidad de una mejora continua de toda actividad empresarial, en este caso, la mejora de un buque pesquero como producto y además la mejora del proceso de producción.

El diseño y construcción de buques atuneros congeladores resulta un desafío a nivel técnico y económico, pues se trata de uno de los tipos de buques pesqueros más costosos, tanto por su envergadura como por el tipo de función que desarrolla.

Por lo tanto, resulta muy interesante analizar, realizar modificaciones y mejoras en distintos ámbitos del proyecto de construcción de la embarcación, con el objetivo de destacar ante la competencia, asegurando de esta manera la renovación de la empresa, en este caso el astillero, y su continuidad en el tiempo, manteniendo un régimen de ganancias que sostenga a la compañía con éxito en el mercado.

Se fijan objetivos a medio y largo plazo, lo que supone un mayor tiempo de adaptación para la empresa a nivel de personal y económico. Además, a través de la aplicación de la metodología **Lean Manufacturing** en el astillero, se consiguen grandes mejoras con costes de inversión muy pequeños e incluso nulos al tratar de mejorar el **“cómo se hace”** y no el **“mejorar la máquina que lo hace”**.

Estos términos favorecen el éxito del astillero aun estando, hipotéticamente este, en una situación no muy ventajosa en términos económicos.



2.5. Bibliografía

- Revista Ingeniería Naval
- <https://sectormaritimo.es/>
- Suaz González, Alfredo; Revista Economía Industrial, publicaciones



*Optimización estructural, propulsiva y del astillero de
construcción de un buque atunero congelador*

CUADERNO N^o3

BUQUE BASE

Álvaro Escámez Conesa

Director: Carlos A. Mascaraque Ramírez



Universidad
Politécnica
de Cartagena





Índice

- 3.1. Introducción**
- 3.2. Dimensiones principales**
- 3.3. Formas**
 - 3.3.1. Generalidades**
 - 3.3.2. Cuerpo de proa**
 - 3.3.3. Cuerpo de popa**
- 3.4. Planta propulsora y generación de potencia eléctrica**
 - 3.4.1. Planta de potencia frigorífica**
 - 3.4.2. Equipo de salmuera en cubas**
- 3.5. Equipo de pesca, carga y descarga**
- 3.6. Clasificación del buque**
- 3.7. Bibliografía**



3.1. Introducción

El buque base es el resultado de un proyecto fin de carrera de la Universidad politécnica de Madrid (UPM). Se trata de un buque pesquero, atunero congelador al cerco. La idea de escoger como base un buque ideado de un proyecto fin de carrera supone una propuesta muy interesante, con la idea de “extender” el proyecto inicial aplicando la optimización del buque durante su proceso de construcción, se pretende dar una visión de futuro viable al buque y su astillero, continuando así una oferta atractiva al mercado de la industria naval y además, aproximarse lo máximo posible a la producción en cadena del producto dentro de las limitaciones propias de este tipo de sector.



3.2. Dimensiones principales

En cuanto a las dimensiones principales del buque base tenemos:

Dimensiones y características principales	
<i>Eslora entre perpendiculares, Lpp (m)</i>	69.3
<i>Manga, B (m)</i>	13.7
<i>Puntal a cubierta superior, Ds (m)</i>	8.95
<i>Calado, T (m)</i>	6.25
<i>Coefficiente de bloque, CB</i>	0.59
<i>Coefficiente prismático, CP</i>	0.64
<i>Coefficiente de la flotación, CF</i>	0.806
<i>Coefficiente de la maestra, CM</i>	0.922
<i>XB (% Lpp a proa de la secc. media)</i>	3.371
<i>Potencia, BHP</i>	5058
<i>Número de Froude, FN</i>	0.296
<i>Coefficiente de forma</i>	0.117
<i>Peso de acero (T)</i>	1019.8
<i>Peso de equipo (T)</i>	495.5
<i>Peso Muerto (T)</i>	1801.8
<i>L/B</i>	5.058
<i>L/D</i>	7.743
<i>B/T</i>	2.192
<i>B/D</i>	1.531
<i>T/D</i>	0.698
<i>Francobordo (m)</i>	0.3
<i>Asiento de proyecto (m)</i>	1.386
<i>Semiángulo de entrada en la flotación (°)</i>	15.92°
<i>Velocidad (Kn)</i>	15
<i>Astilla muerta (mm)</i>	575

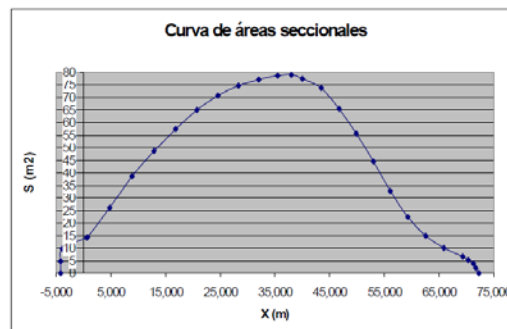


3.3. Formas

Las formas del buque base se recogen de su mismo proyecto, abajo se agrupan con más detalle las características de las formas que lo definen.

3.3.1. Generalidades

- ✓ Las cuadernas que componen el buque son del tipo en V y U; concretamente en los tercios de proa y popa se dispone de cuadernas tipo V, mientras que en el tercio central predominan cuadernas en forma de U. Por tanto, la configuración predominante es de tipo V.
- ✓ Cabe destacar que el buque tiene práctica ausencia de cuerpo cilíndrico; puede comprobarse observando la gráfica de áreas seccionales y el plano de formas.

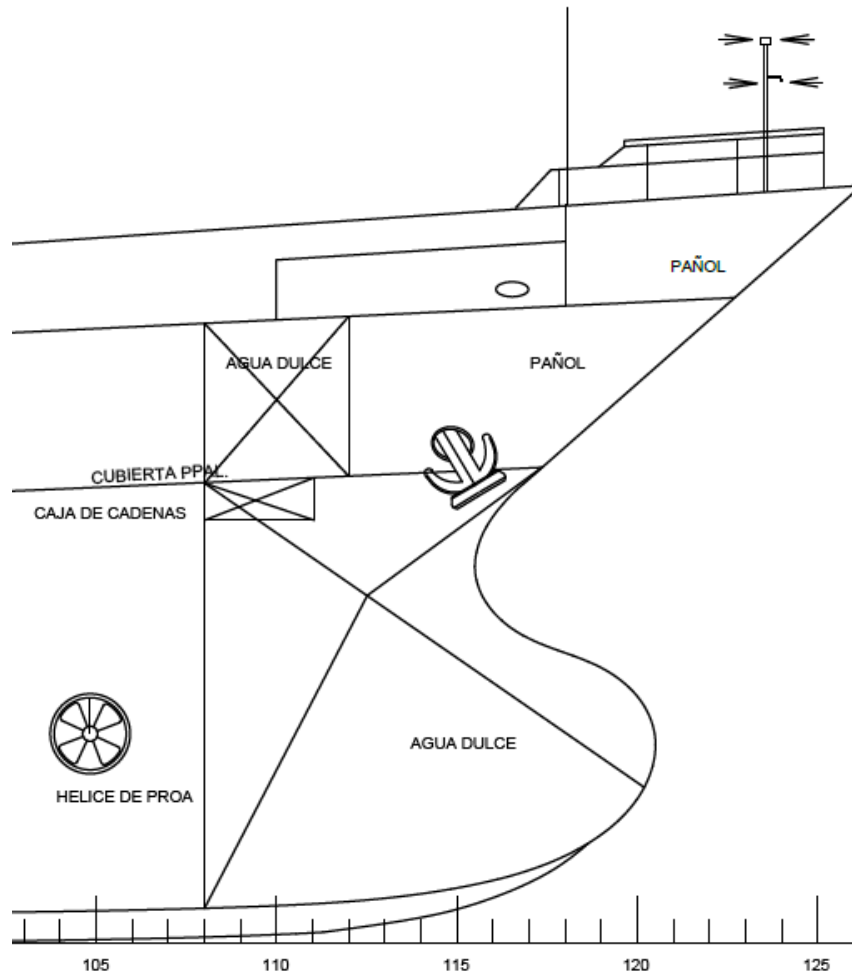


- ✓ Se puede apreciar el asiento de proyecto, dicho asiento provoca en el buque un trimado hacia popa de aproximadamente 1.075° .
- ✓ Dispone de astilla muerta, aunque muy leve, lo que en un principio provoca un ligero aumento del coste de fabricación debido a la pequeña complejidad a la hora de construir los fondos. Por otro lado, el objetivo es el de disminuir la resistencia friccional desde el punto de vista hidrodinámico.
- ✓ Posee dos hélices transversales para maniobra durante la pesca, una en proa (cuaderna n°105) y otra en popa (cuaderna n°12). Son hélices-tobera y ambas poseen un diámetro de 1.4 metros.



3.3.2. Cuerpo de proa

- ✓ Llama la atención el lanzamiento de la roda, típico de este tipo de buques, que en este caso sobresale del límite de proa del bulbo con objeto de servir de referencia y seguridad para la tripulación.
- ✓ También dispone de bulbo de proa; este, de tamaño medio y de sección ovalada. Cabe mencionar que prácticamente la totalidad de los buques atuneros disponen de un bulbo en proa.
- ✓ Como anteriormente se ha mencionado; el buque cuenta con una hélice transversal en proa (cuaderna n°105).

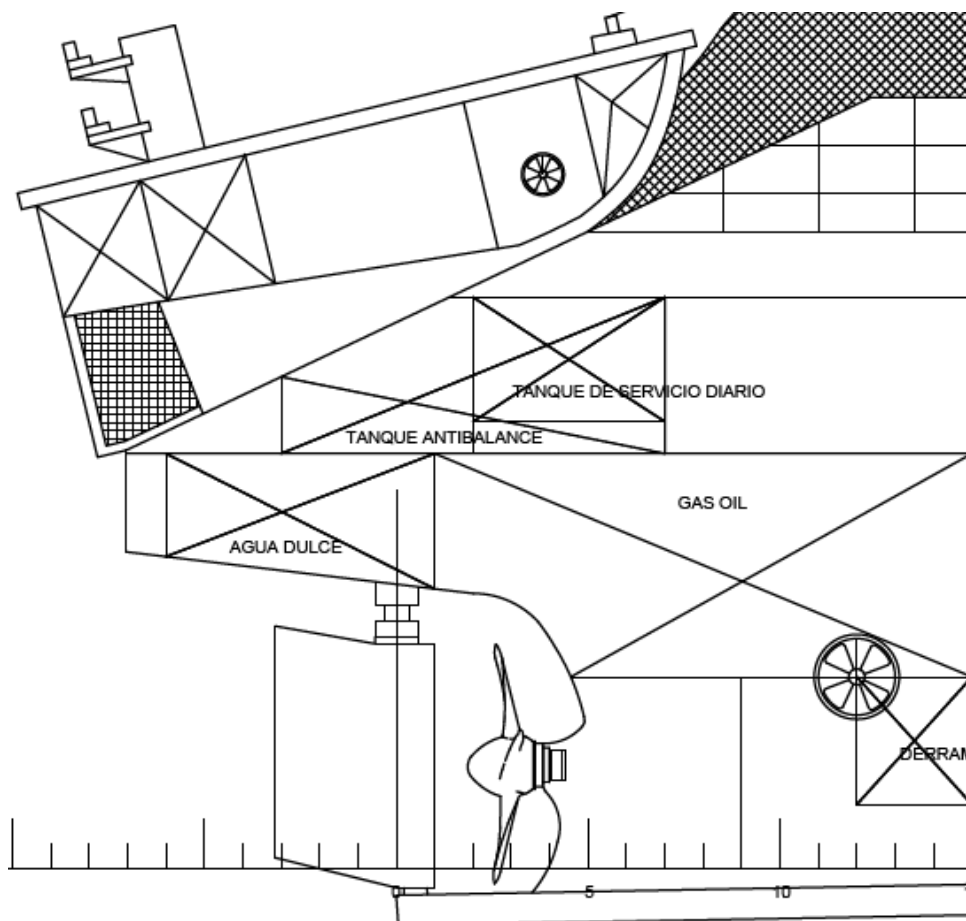


Perfil de proa del buque base



3.3.3. Cuerpo de popa

- ✓ La bovedilla describe un perfil inclinado hacia arriba, de manera que amortigua el movimiento de cabezada.
- ✓ Cabe destacar la rampa de popa donde se sitúa la panga que ayuda al proceso de captura del atún. Dicha rampa determina en gran medida las formas de popa y en concreto las del espejo.
- ✓ Está dotado también de un bulbo de proa, en este caso muy moderado (formas muy suaves).
- ✓ Como se ha mencionado anteriormente, contiene una hélice transversal en popa (cuaderna n°11).



Perfil de popa del buque base



3.4. Planta propulsora y generación de potencia eléctrica

En este apartado definiremos las características de la planta propulsora del buque, así como los elementos que la componen.

El buque es capaz de alcanzar la velocidad de 15 nudos con un motor al 90% de MCR.

- 1 motor con potencia de **BHP= 4524.33 CV; 90%MCR= 5027.04 CV.**
- 1 Reductor.
- 1 línea de ejes.
- Hélice tipo Serie B de Wageningen a 166.46 rpm; diámetro = 5 m

El motor instalado pertenece al grupo Wärtsilä, se pretende usar MDO para su funcionamiento. Sus características principales son las que se especifican:

Wärtsilä 26A6A	
Ciclo	4 tiempos
Reversible	NO
Potencia	5058 HP – 3720 kW
Velocidad	1000 rpm
Cilindros	12V
Ø Pistón	260 mm
Carrera	-320 mm
Relación compresión:	15.8:1
Consumo específico	140 g/HPh
Peso (cárter húmedo)	31.2 t
Longitud total	5130 mm
Altura sobre polines	2480 mm
Velocidad en vacío	400 rpm
Velocidad de embragado	500- 540 rpm



La información sobre la geometría del motor del buque base se recoge en la siguiente ficha:

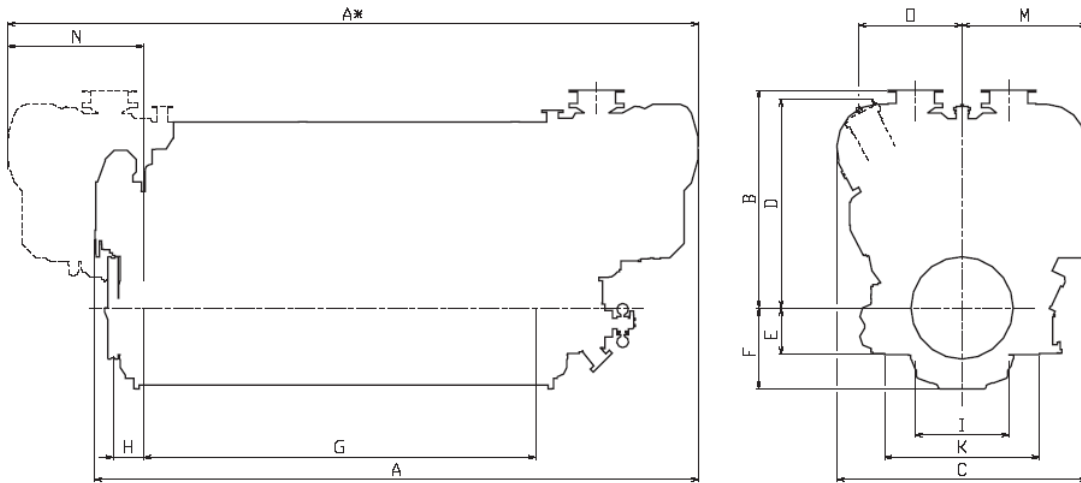


Table 1.6 W26 V-engine dimensions (9604ZT383 rev. a)

- A* Total length of the engine when the turbo charger is located at the flywheel end.
- A Total length of the engine when the turbo charger is located at the free end.
- B Height from the crankshaft centreline to the exhaust gas outlet.
- C Total width of the engine.
- D Minimum height when removing a piston.
- E Height from the crankshaft centreline to the engine feet.
- F Dimension from the crankshaft centreline to the bottom of the oil sump.
- G Length of the engine block. (contact surfaces)
- H Dimension from the end of the engine block to the end of the crankshaft.
- I Width of the oil sump.
- K Width of the engine block at the engine feet.
- M Dimension from the centre of the crankshaft to the outermost end of the engine.
- N Length from the engine block to the other end of the engine when the turbo charger is located at the flywheel end.
- O Minimum width when removing a piston.

Engine type	A*	A	B	C	D	E	F _{wet}	F _{dry}	G	H	I	K	M	N	O	Weight ¹⁾ [ton]	
																dry sump	wet sump
12V26A	5370	5130	2020	2480	2060	460	1270	800	3035	350	1010	1530	1240	1350	1160	30,0	31,2
16V26A	6210	5970	2020	2480	2060	460	1270	800	3875	350	1010	1530	1240	1350	1160	36,1	37,8
18V26A	6630	6390	2020	2480	2060	460	1270	800	4295	350	1010	1530	1240	1350	1160	40,0	41,9

1) Weights (in metric tons) including liquids, without flywheel (about 0.17 for in-line and 0.27 for V engines). Tolerance +/-5%



Reductor

En cuanto al reductor, pertenece al grupo RENK. La relación de reducción es de 6:1, para poder mover la hélice a las rpm optimas (166.66) sin afectar la relación de giro nominal del motor propulsor (1000). Cabe destacar que se trata de un reductor-inversor ya que no se dispone de hélice de palas orientables ni de motor con capacidad de inversión de giro.

Generadores eléctricos

Se dispone de 4 motores diésel-generadores + 1 generador de emergencia para la generación de energía eléctrica demandada por el buque, estos son:

- Dos generadores de 1000 KVA
- Dos generadores de 650 KVA
- 1 generador de emergencia de 205KVA

En la siguiente tabla se muestra la demanda eléctrica en las distintas condiciones en las que se encuentra el buque durante su vida operativa.

Situación	KVA	Gen. 1	Gen. 2	Gen. 3	Gen. 4	%
Nav. al caladero	616.36	0	0	650	0	95%
Nav. desde calad.	840.68	1000	0	0	0	84%
Pescando	2878.45	1000	1000	650	650	87%
Maniobrando	2278.05	1000	1000	650	0	86%
En puerto	1066.60	0	0	650	650	82%

Todos ellos trabajan a 380V y 50Hz.



Finalmente, agrupamos los consumos de todos los equipos; se define la autonomía como muestra la siguiente tabla:

Autonomía del buque	
Autonomía máxima (Nm)	5959
Autonomía para regreso (Nm)	5688
Marea (días)	44.8

3.4.1. Planta de potencia frigorífica

La planta frigorífica se compone por los siguientes equipos:

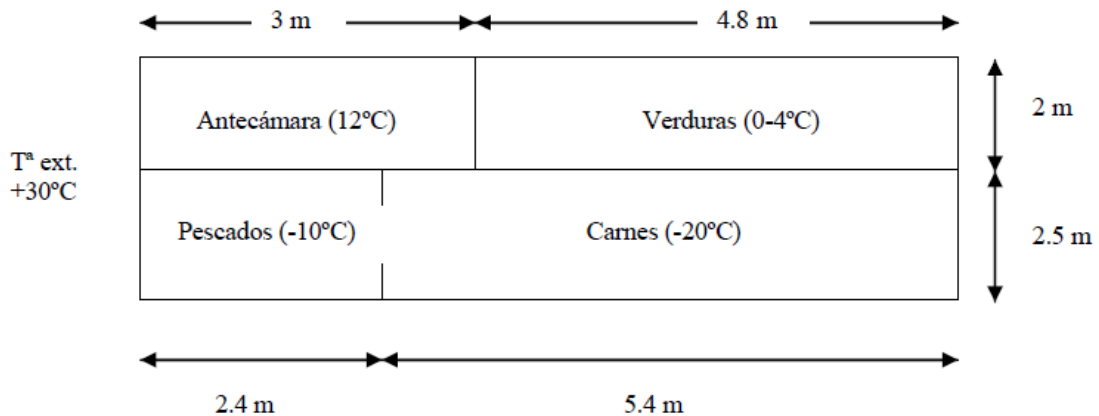
Planta frigorífica de gambuza
Planta frigorífica de aire acondicionado
Planta de refrigeración de cubas

Equipo de gambuza frigorífica

El buque va dotado de cuatro locales refrigerados, según se puede ver en la disposición general:

- Una cámara refrigerada de aproximadamente 13.2 m³ a 12 °C para grano, patatas, vino, aceites etc.
- Una gambuza refrigerada de aproximadamente 21.1 m³ a 0-4°C para vegetales.
- Una gambuza congeladora de 10.5 m³ a -10 °C para pescados.
- Una gambuza congeladora de 29.7 m³ a -20 °C para carnes

La configuración de gambuzas y las temperaturas que imperan en su interior son:



Los aislamientos del techo y paredes son compuestos de espuma de poliuretano de 50 mm, forrado de tablero fenólico y resistente a la humedad de 10 mm de espesor y recubierta de fibra de vidrio calidad alimentaria de 3 mm, por su interior.

El suelo se recubrirá de corcho de 5 mm, con losetas de cerámica blanca encima de una capa de oxiasfalto en caliente.

Por lo tanto, la instalación de gambuza frigorífica consta de:

- 1 compresor de 13.25 Kw + 1 de reserva compartido con el aire acondicionado.
- 1 condensador (compartido con el A/C)
- 1 deposito (compartido con el A/C) y evaporadores situados en las diferentes gambuzas.
- Evaporadores dotados de una bandeja con desagüe a los imbornales para recoger el condensado.
- Resistencia eléctrica para evitar la congelación de la conducción.

Equipos frigoríficos de aire acondicionado

Los elementos principales que conforman el sistema frigorífico de aire acondicionado que da el confort a la habitación son, en resumen:

- 1 Compresor de 55.41Kw + 1 de reserva (compartido con la gambuza)
- 1 Unidad climatizadora



- Extractores para aire de retorno, extracción de aseos, depósitos, etc.
- 2 Bombas de agua de refrigeración, centrifugas de 15m³/h y 2.5 bar

Planta de refrigeración de cubas

Los diversos sistemas de congelación tratan de evitar que a la muerte del pez se desarrollen rápidamente los procesos de descomposición de las materias orgánicas de los tejidos manteniendo así la textura y el sabor del pescado.

Los métodos empleados más habituales son normalmente tres:

- Congelación por inmersión
- Congelación por circulación de aire.
- Congelación por contacto.

La congelación por inmersión consiste en sumergir todo el pescado en el líquido refrigerante (salmuera) que es enfriado por un refrigerante primario por el interior de unos serpentines, situados en el fondo y en las paredes de las cubas. Este sistema es usado para aquellas especies que no son muy afectadas por la salinidad de la salmuera (sardina, atún, bonito...).

La congelación por circulación de aire consiste en un túnel de congelación, donde un conjunto de ventiladores impele aire, que ha sido enfriado al pasar previamente por unos evaporadores. Este sistema es ideal para aquellos pescados con gran contenido de agua, como puede ser la merluza. El método requiere mayor potencia que el anterior, debido a la energía demandada por los ventiladores y la menor temperatura del refrigerante primario.



La congelación por contacto consiste poner en contacto el pescado con una batería de placas de metal refrigerado, ejerciendo una ligera presión, no superior a 0.1 Kg/cm², mediante mecanismos hidráulicos. Este método es más complicado, ya que requiere una regulación del desescarce para conseguir un rendimiento óptimo.

En este buque le método que se emplea para la congelación del atún, como en la mayoría de los buques de este tipo, es el método de congelación por inmersión.



Cubas de congelación del Tamara 4 Fuente: vadebarcos.wordpress.com

El proceso de congelación se describe:

Una vez que el atún entra en la cuba comienza un proceso de congelación que se mantiene hasta su descarga en puerto. Así el atún se introduce en la cuba, estando esta llena de agua de mar a -1 °C aproximadamente. Esta temperatura sube rápidamente pues los atunes entran con una temperatura de aproximadamente 25-32 °C. Cuando la temperatura del conjunto ronda los -1 °C de nuevo se realiza el cambio de agua de mar por salmuera, con la que se alcanzan unas temperaturas de -8 °C, después de lo cual se retira para proseguir el enfriamiento hasta los -20 °C aproximadamente.



En resumen, la planta frigorífica de las cubas tiene como elementos principales:

Elementos	
5 compresores	608.45 kW
1 compresor en reserva	

Los compresores son de pistones, con dos etapas, de modo que puede seleccionarse cuantas de ellas trabajan. Dichos compresores están accionados por motores eléctricos de 150 kW.

Los compresores están situados en el local de la maquinaria frigorífica con los cigüeñales paralelos a cruzía. Cuentan con manómetros-termómetros en las aspiraciones y en las descargas, parada por baja presión de aceite, parada por baja presión en la aspiración, parada por alta presión en la descarga, válvulas de seguridad y demás seguridades requeridas por la Sociedad de Clasificación.



Ejemplo compresor de pistones. Fuente: google.es

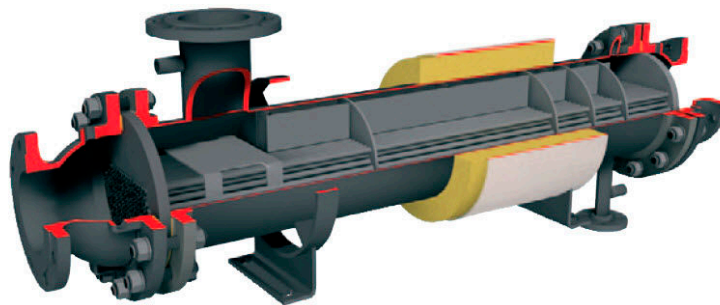


Además de los compresores, la planta frigorífica cuenta con equipos como:

Condensadores:

2 condensadores tubulares de flujo a contracorriente de 1250 kW de capacidad cada uno. Estos se montan en el local de la maquinaria frigorífica sobre el mamparo longitudinal del mismo y en posición horizontal. El fluido refrigerante es agua salada, teniendo sendos termómetros a la entrada y a la salida de cada uno de los condensadores. Tanto al circuito de amoníaco como al de agua salada se les dotan de la maniobra necesaria para aislarlos de los circuitos, de modo que cualquiera de ellos puede funcionar con cualquier compresor.

<i>Elementos</i>	
<i>2 Condensadores</i>	<i>1250 KW</i>



Ejemplo condensador tubular. Fuente: google.es

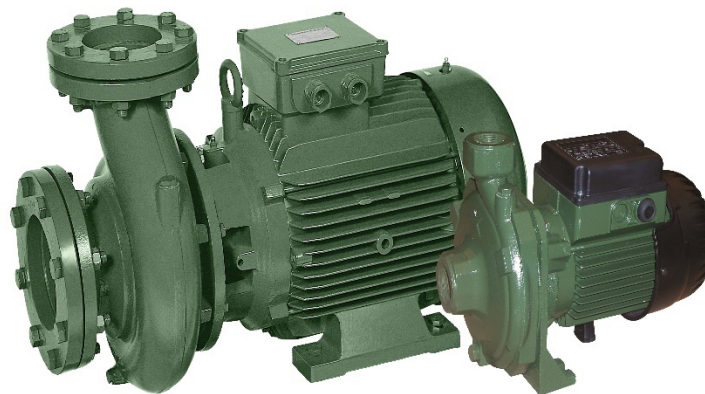


Bombas de refrigeración de condensadores

Las bombas de agua salada de refrigeración de los condensadores son las bombas encargadas de suministrar el fluido refrigerante a los condensadores. Estas se encuentran en la plataforma inferior de la cámara de máquinas.

Encontramos, 3 bombas accionadas eléctricamente de 110 m³/h y 2.5 bar con motores eléctricos de 11 kW. Se situarán en la plataforma inferior de la cámara de máquinas. Estas bombas están dotadas de manómetros en la descarga y manovacúómetros en la aspiración.

Elementos	Caudal	Presión	Consumo eléctrico
3 Bombas	110 m³/h	2.5 bar	11 kW



Ejemplo bomba para líquidos refrigerantes. Fuente: google.es



Bombas de amoniaco

Las bombas de amoniaco son las encargadas de compensar las pérdidas de carga en la tubería de amoniaco entre el separador de partículas y las electroválvulas a la entrada de los serpentines.

Encontramos, un grupo de dos bombas de 1.5 kW cada una.

Elementos	Consumo eléctrico
2 Bombas	1.5 kW

Válvula termostática

La válvula termostática situada entre el depósito de líquido y el separador de partículas, es la encargada de mantener el nivel de líquido y temperatura de este último.



Ejemplo válvulas termostáticas. Fuente: google.es



Electro válvulas

Las electroválvulas están situadas a la entrada de cada uno de los tramos de serpentines. Estas válvulas son las que controlan la expansión del amoniaco en los serpentines. La apertura y cierre de las mismas se controla electrónicamente según las necesidades de frío de la cuba. Estas válvulas van precedidas y seguidas de válvulas manuales para permitir su desmontaje junto a los filtros que las preceden.

Las electroválvulas van precedidas de filtros para evitar que cualquier impureza se deposite en el asiento impidiendo su cierre.



Ejemplo electroválvula. Fuente: google.es

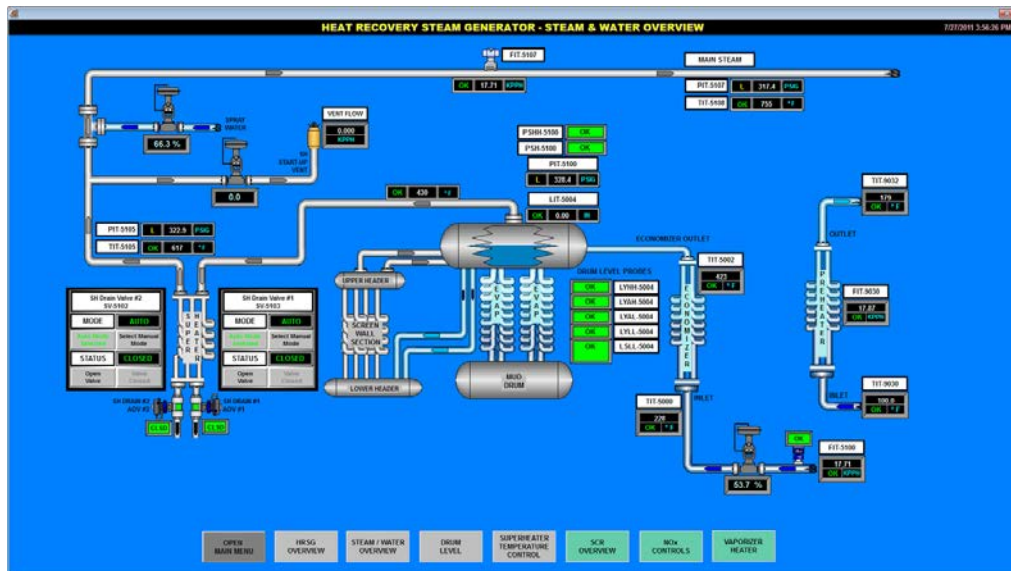
Termómetros

Todas las cubas van provistas de sensores de temperatura que envían los registros al PC o autómata.



Ordenador de control

El ordenador de toma de datos es el encargado de controlar la temperatura de las cubas, así como el funcionamiento de los distintos elementos de la planta: compresores, válvulas termostáticas y de mostrar las distintas alarmas del sistema y guardar un histórico de las temperaturas registradas en las cubas y de las alarmas aparecidas. Está situado en la cabina de control.



Ejemplo ordenador de control(SCADA). Fuente: google.es

Tuberías de frío

Todas las tuberías de frío, así como el separador de partículas está aislado por medio de coquilla de poliuretano estratificada con poliéster y fibra de vidrio.



3.4.2. Equipo de salmuera en cubas

Este servicio es el encargado del trasiego de agua de mar y salmuera en las cubas, así como la alimentación de líquido en las mismas para facilitar la descarga del atún (reflotamiento).

Para las labores de trasiego se dispone de tres colectores en el túnel situado entre las cubas, uno sobre el doble fondo, que conecta con la toma de mar situada en el túnel, y los otros, uno en cada banda en la parte alta. Estos últimos se encuentran conectados a través de una válvula por la parte de popa. Además, por cada cuba existe una de modo que pueda aspirar de cualquier cuba o par de cubas y descargar también en cualquiera de ellas.

En cada cuba existen tres conexiones con los colectores: en la parte baja a popa y hacia crujía una aspiración; una descarga en el piso en la parte central de la cuba y por ultimo un anillo de tubería agujereada que recorre el techo de la cuba.

La aspiración se realiza desde un pocete situado en la popa de la cuba y hacia crujía. Para evitar la aspiración de restos de pescado y para que no resulte dañado por las capturas el tramo de tubería del interior de la cuba, se protege mediante una rejilla de acero galvanizado y pintado con el mismo esquema de la cuba. Esta rejilla será desmontable para facilitar las labores de mantenimiento del interior de la cuba.

La descarga situada en la cubierta se encuentra en la parte central de la cuba sobre los serpentines. Para evitar que se introduzcan restos de pescado por ella o que dañe a los atunes la boca es achatada.

La tubería que alimenta al anillo entra en la cuba por la parte baja ascendiendo hasta el techo donde se encuentra en anillo. Este anillo se encuentra agujereado de modo que la descarga se produce de manera similar a un regado de la cuba.



Para permitir el vaciado total de las cubas se dispone de una válvula que comunica el pocete de la cuba con el túnel. Además, se dispone de un tapón en cada cuba que permite drenar el agua que se condensa entre los mamparos de las cubas. Si esta agua no se drenara, la efectividad del aislamiento de las cubas disminuiría considerablemente.

La capacidad de las bombas es de 60 m³/h. La presión es de 2.5 bar, con un consumo eléctrico de 7 kW.

3.5. Equipo de pesca, carga y descarga

Entre los diversos equipos necesarios para la acción de la pesca del atún, se pueden diferenciar tres grandes grupos.

Por un lado, existen equipos que requieren de fuerza motriz para llevar a cabo su desempeño.

Otros, en cambio, no necesitan fuerzas para realizar su labor, pues estos pueden ser equipos fijos o móviles.

Como resumen de todos aquellos elementos que forman parte del equipo de pesca de este buque, se adjunta la siguiente tabla.

Elementos	
<i>Palo real</i>	<i>Rodillo de costado</i>
<i>Pluma principal</i>	<i>Pescantes de cerco y calón de proa</i>
<i>Plumas de carga y salabardeo</i>	<i>Barras de estrobar</i>
<i>Halador</i>	<i>Cornamusas</i>
<i>Red</i>	<i>Pastecas</i>
<i>Maquinillas de la red y movimientos de plumas</i>	<i>Arraigadas</i>
<i>Planta hidráulica</i>	<i>Jarcia</i>
<i>Cintas transportadoras</i>	<i>Chigres eléctricos</i>
<i>Cáncamos</i>	



Palo real

Proyectado para soportar las plumas y sus esfuerzos. En su parte superior se monta la cofa y las luces de navegación.

El palo real está construido en acero, a excepción de la cofa que es de aluminio. La cubierta está reforzada fuertemente para transmitir a la estructura resistente del buque, cada carga a ser soportada por el palo.

Pluma principal

La pluma principal o pluma de halador de red, tiene una longitud aproximada de 25 m, está proyectada para soportar el halador y el peso de la red. Está construida en acero y montada con pastecas y cables para sus funciones principal y auxiliares. Está soportada en el palo real del buque por la parte de popa. En ella se sitúan diversas maquinillas y en el extremo de popa el halador.

Plumas de carga y salabardeo

Las plumas de salabardeo y auxiliar, de 13-15 m de longitud y 10 y 3 toneladas de carga respectivamente, para salabardeo, descarga y operaciones auxiliares, preparadas para trabajar individualmente o a la americana.

Son acero, y se montan con los necesarios cables, pastecas, etc... Su accionamiento se realiza por medio de maquinillas. Estas plumas también soportan diversas maquinillas útiles en la maniobra de pesca. Al igual que la principal se soportan en la cara de popa del palo real del buque, situándose a babor y estribor del mismo.



Ejemplo de plumas y palo real en un buque atunero



Halador de red

Para el izado de la red después de la maniobra de cerco, se dispone un halador de red en la punta de la pluma principal. Está dotado de tracción para facilitar el embarco de la red. Para evitar daños en la misma y que esta patine en el mismo, el tambor del halador es de goma.

Para mantenerlo firme durante la navegación e impedir los movimientos incontrolados del mismo se dispone en la pluma principal una maquinilla que lo lleva hacia un tope soldado a dicha pluma.

Para evitar daños en el halador dicho tope posee, en la zona de contacto una banda de goma de 100 mm de espesor aproximadamente.

El halador de red es Marco tipo PB-78, capaz de manejar una red de 1750 x 250 m. Su accionamiento se realiza por medio de un motor hidráulico accionado por la central hidráulica.



Ejemplo halador de red

Red

Se dispone de una red de aproximadamente 70 toneladas.



Rodillo de costado

En la banda de babor se sitúa un rodillo arrastrado por una maquinilla sobre el cual se embarca la red a bordo. De este modo se evita el roce de la misma con la regala y al disponer de tracción ayuda a subir la red en las sucesivas estrobadas.

Pescante de cerco

El pescante de cerco, se sitúa en la banda de babor, a popa de la superestructura. Para evitar que éste sobresalga del costado del buque gira sobre sí mismo para pasar de la posición de estiba a la de trabajo.



Ejemplo pescante de cerco

Barras de estrobar

Para facilitar las estrobadas de la red durante el embarco de la misma, se disponen dos barras en las proximidades del rodillo de costado. Estas barras son de acero inoxidable.

Planta hidráulica

Para permitir el movimiento de los elementos de la maniobra de pesca se dispone de una planta hidráulica que consta de los siguientes elementos más importantes:



<i>Elementos</i>	
<i>Motores diésel con bombas hidráulicas acopladas</i>	<i>Tubería, accesorios y colector</i>
<i>Electrobombas</i>	<i>Válvulas de seguridad y antirretorno</i>
<i>Consola de control</i>	<i>Enfriadores de aceite</i>
<i>Mandos locales</i>	<i>Bombas de agua salada de los enfriadores</i>
<i>Tanque almacén</i>	<i>Filtros</i>

3.6. Clasificación del buque

El buque se adecúa a las siguientes sociedades de clasificación conforme a lo que dispuesto en las mismas en sus reglamentos. Estas SSCC son:

American Bureau of Shipping + A1E + AMS + RMC + Fishing Service.

- ✓ **A1E:** El buque cumple las normas del ABS y está aprobado para servicio oceánico al francobordo asignado. La marca A1 indica que cumple los requerimientos para el casco. La letra E, o símbolo de equipo, indica que cumple las normas para anclas y cadenas
- ✓ **AMS:** Indica que el buque es autopropulsado y satisface con todos los requerimientos relativos a la maquinaria.
- ✓ **RMC:** Indica que el buque lleva carga en bodegas refrigeradas y que toda la planta frigorífica y el aislamiento de las bodegas cumple los requerimientos indicados en las normas del ABS.
- ✓ **Fishing Service:** Indica el servicio al que está destinado el buque y que por tanto le serán aplicables las reglas especiales destinadas a barcos de este servicio.



3.7. Bibliografía

- Revista Ingeniera Naval Diciembre 2009



Optimización estructural, propulsiva y del astillero de construcción de un buque atunero congelador

CUADERNO N^o4

OPTIMIZACIÓN ESTRUCTURAL

Álvaro Escámez Conesa

Director: Carlos A. Mascaraque Ramírez



Universidad
Politécnica
de Cartagena





Índice

4.1. Introducción

4.2. Optimización estructural

4.2.1. Modificación de escantillones

4.2.1.1. Objetivos

4.2.1.2. Ejecución

4.2.1.3. Análisis de los resultados

4.2.1.4. Análisis y elección de líneas de actuación

4.2.2. Resultados obtenidos



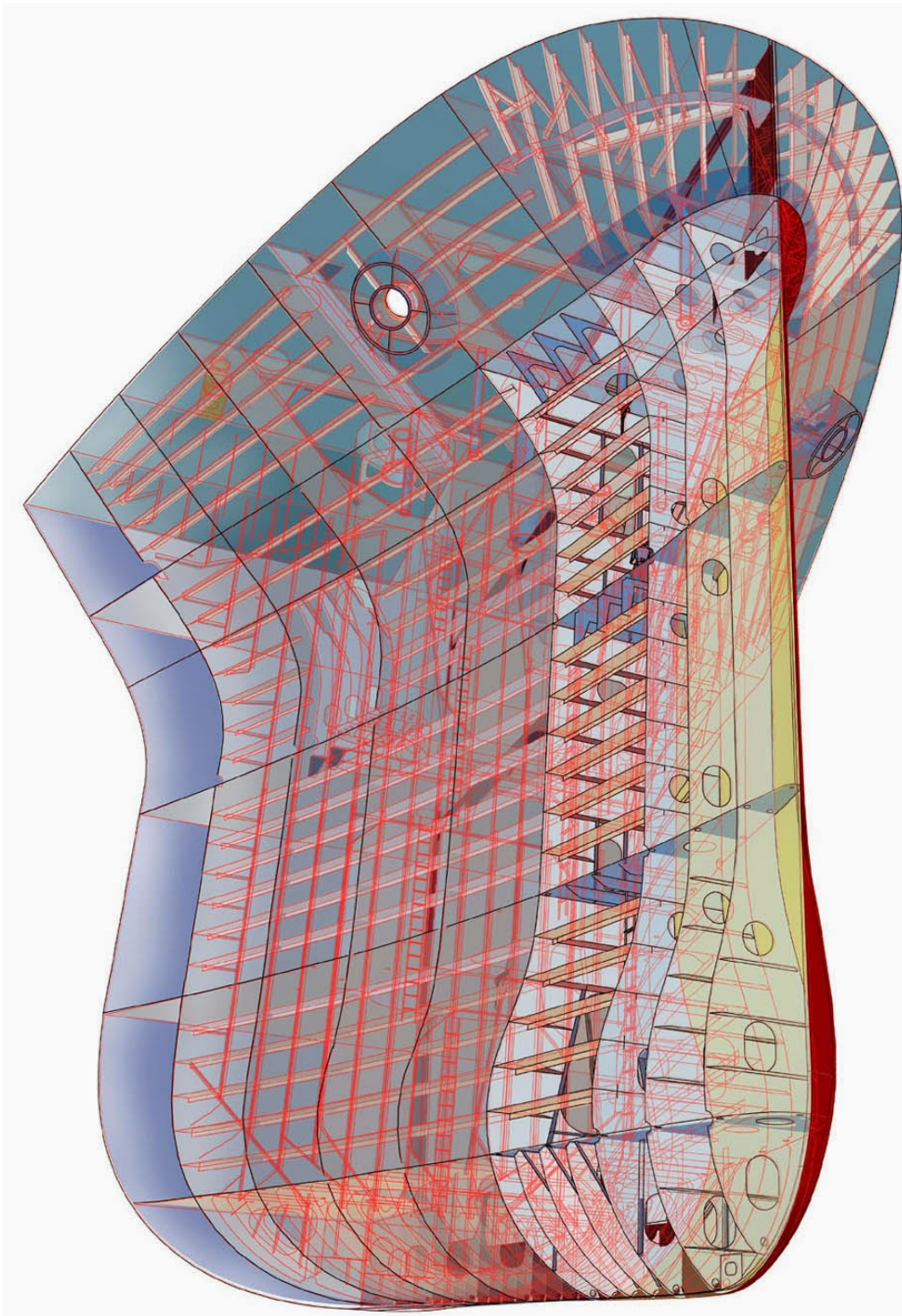
4.1. Introducción

A lo largo de este cuadernillo se pretende aplicar el concepto de “**optimización**” al buque base escogido. Como anteriormente se ha descrito, este proceso de mejora continua requiere; en **primera instancia**, un análisis previo de lo que se pretende optimizar y establecimiento de los objetivos; en **segunda instancia**, establecer las posibles líneas de actuación y analizar los efectos producidos por las mismas, de modo que los objetivos propuestos queden satisfactoriamente cumplidos y por último, en **tercera instancia**, la ejecución de las líneas de actuación que hayan demostrado cumplir con los requisitos establecidos y posterior análisis de los resultados obtenidos.

Para todo ello, se procederá a modificar el buque en base a las dos componentes de la ingeniería naval, la arquitectura y la propulsión y servicios del buque.



4.2. Optimización estructural



Sección cuerpo de proa. Fuente: google.es



4.2.1. Modificación de escantillones

En este capítulo se pretende modificar los elementos de la estructura de la cuaderna maestra del buque base de tal modo que se obtenga una mejora significativa global durante el proceso de construcción y además durante su vida operativa.

Los elementos a modificar serían, básicamente, las planchas del forro del casco y de las cubiertas, pasando por algunos elementos de refuerzo del doble fondo.

4.2.1.1. Objetivos

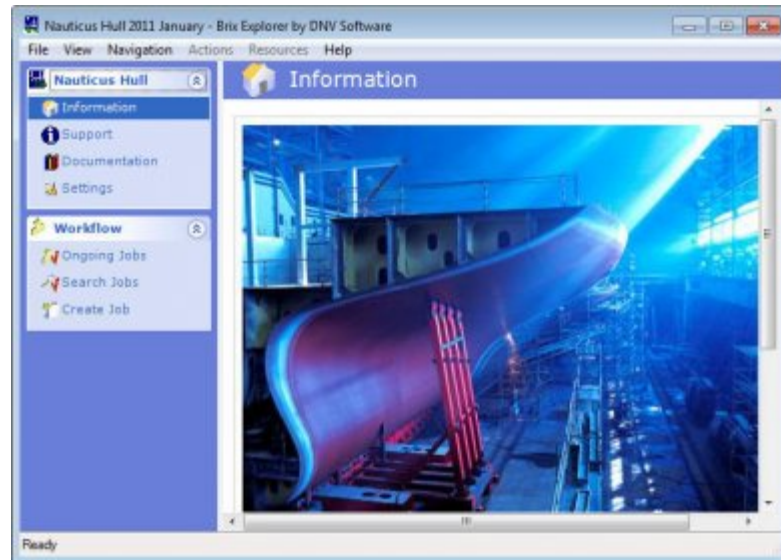
- ✓ Reducir el espesor de refuerzos y planchas de modo que se consiga reducir el peso en rosca y al mismo tiempo aumentar el peso muerto del buque.

- ✓ Uniformizar los distintos valores de escantillón de planchas y refuerzos con la finalidad de facilitar en tiempo y plazo la construcción del buque en el astillero, reduciendo también las tareas de logística, almacenamiento y conservación de los equipos y materiales.

4.2.1.2. Ejecución

Se procede a escantillonar la cuaderna maestra del buque base mediante el software **“Nauticus Hull”**, perteneciente a la sociedad de clasificación **“Det Norske Veritas (DNV)”**.

Con esto se pretende, introducir la cuaderna maestra en el software, con los datos de partida originales, y mediante el cálculo por reglamento que ofrece dicho programa, obtener el escantillonado mínimo necesario para cumplir las exigencias de resistencia estructural.



Software Nauticus Hull. Fuente: DNV-gl.com

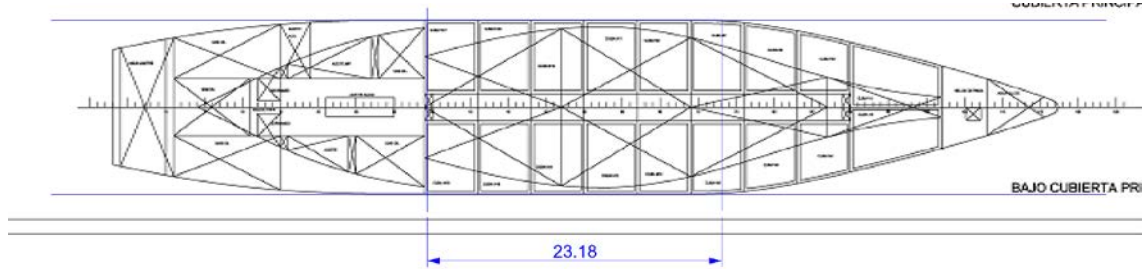
Antes de comenzar debemos localizar la posición del cuerpo cilíndrico del buque, ya que será a lo largo de este dónde la estructura de la cuaderna maestra esté presente, y también la extensión del mismo.

Para ello prestamos atención al plano de disposición general, donde se puede observar a simple vista la zona donde la manga del buque es constante.

Para obtener exactamente la eslora a lo largo de la cual se extiende la cuaderna maestra, introducimos el plano de disposición general en el software **“Rhinceros”**.

Desde ahí se procede al correcto escalado del plano, esto es, equiparamos las medidas del plano a las del buque real.

Más tarde delimitamos la zona del cuerpo cilíndrico y acotamos su extensión. A continuación, se muestra la imagen una vez realizado el procedimiento.



Plano disposición general de tanques

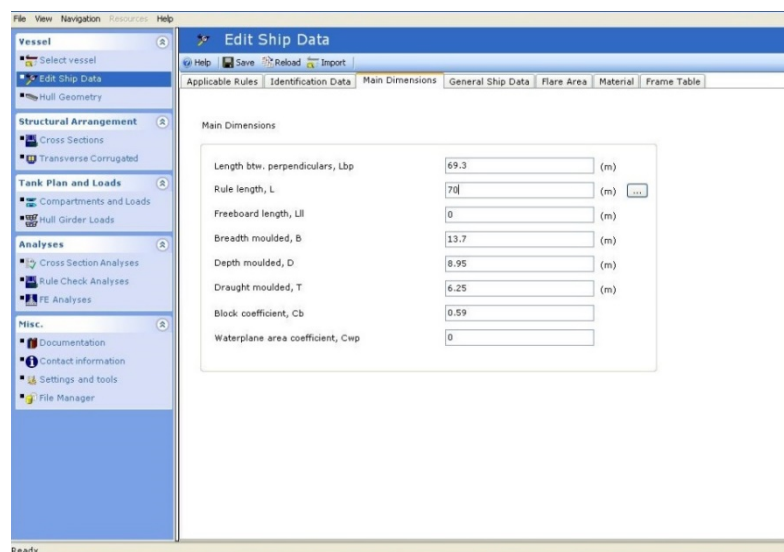
Estableciendo como unidad de medida el metro (m), según la imagen, se tiene una extensión de 23.18m.

La totalidad de la cuaderna está construida en acero dulce, de límite elástico 235 N/mm². Es el material por excelencia en el sector naval debido a su común y amplio uso en la construcción de todo tipo de artefactos flotantes, coloquialmente conocido como acero naval.

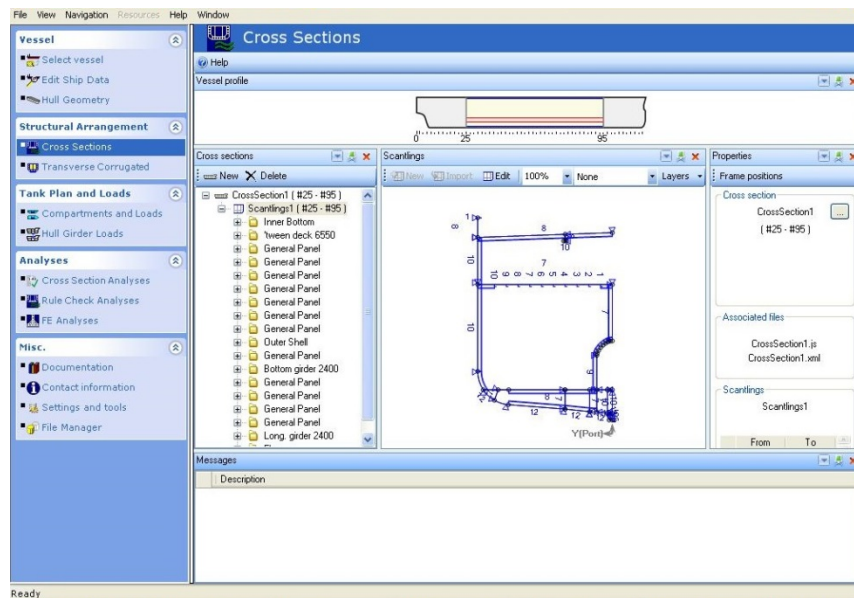
El precio del acero dulce o naval suele oscilar entre 0.3 y 0.5 €/Kg.

De acuerdo con estos datos de partida obtendremos la disminución del coste de material al optimizar los escantillones.

Introducimos las dimensiones principales y demás valores que pide el programa "Nauticus Hull":

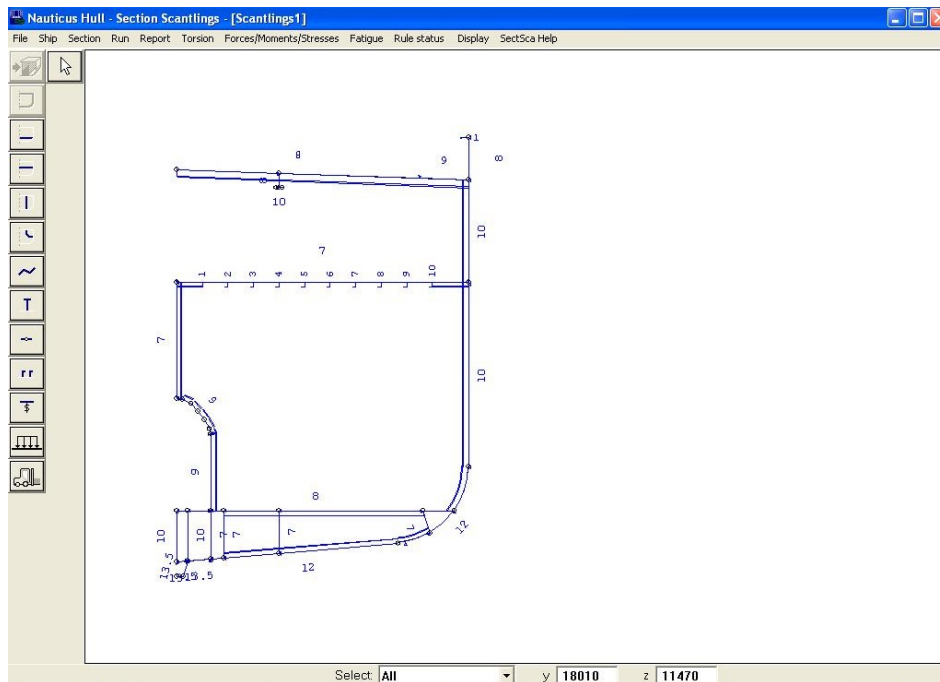


Información general del buque requerida



Vista general del software "Nauticus Hull"

Una vez que los datos principales queden definidos se procede a la construcción de la cuaderna maestra original, quedando de la siguiente manera:

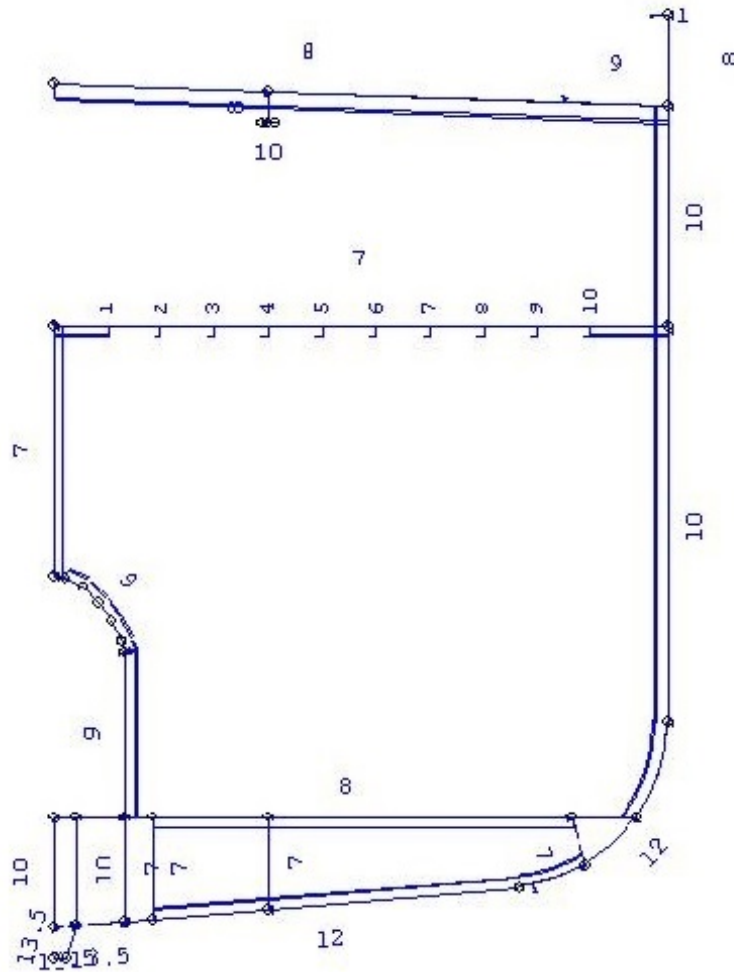


Vista de la ventana de edición de cuadernas



Como se observa en la imagen, queda definida toda la estructura, tanto longitudinal como transversal que conforma la cuaderna, así como los espesores de planchas del casco y cubiertas.

A continuación, se muestra en detalle la cuaderna definida en el software:



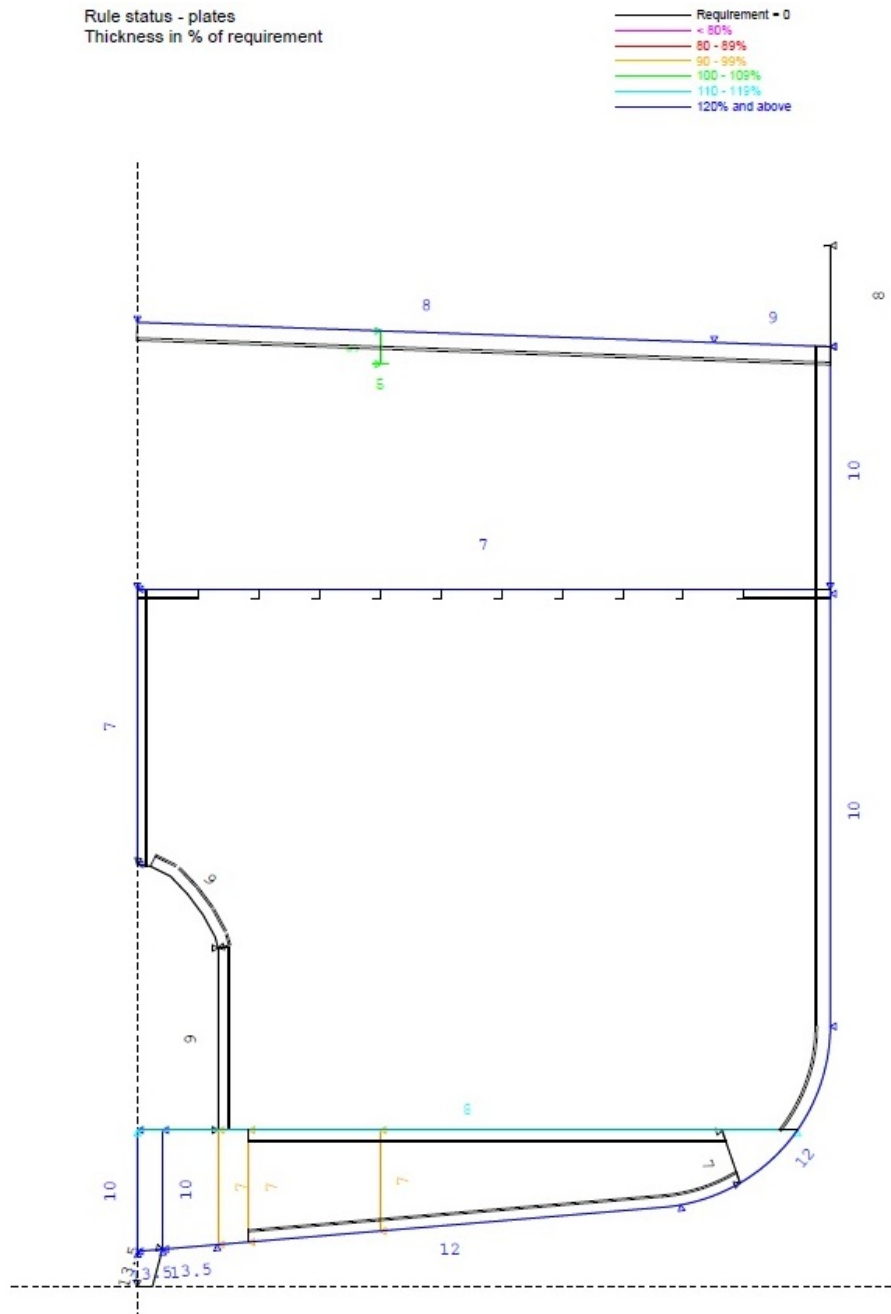
Cuaderna original

Una vez se hayan introducido todos los datos y quede definida toda la estructura se procederá a ejecutar el cálculo de escantillones, con lo que conoceremos cuales son los mínimos espesores de reglamento permitidos y validos según el “**DNV**”, sin tener en cuenta márgenes de seguridad.



Con esto se pretende comprobar que el escantillón original está sobredimensionado y además verificar cuantitativamente dicha sobredimensión con el fin de proceder a su posterior optimización.

Comprobamos los espesores originales del buque:

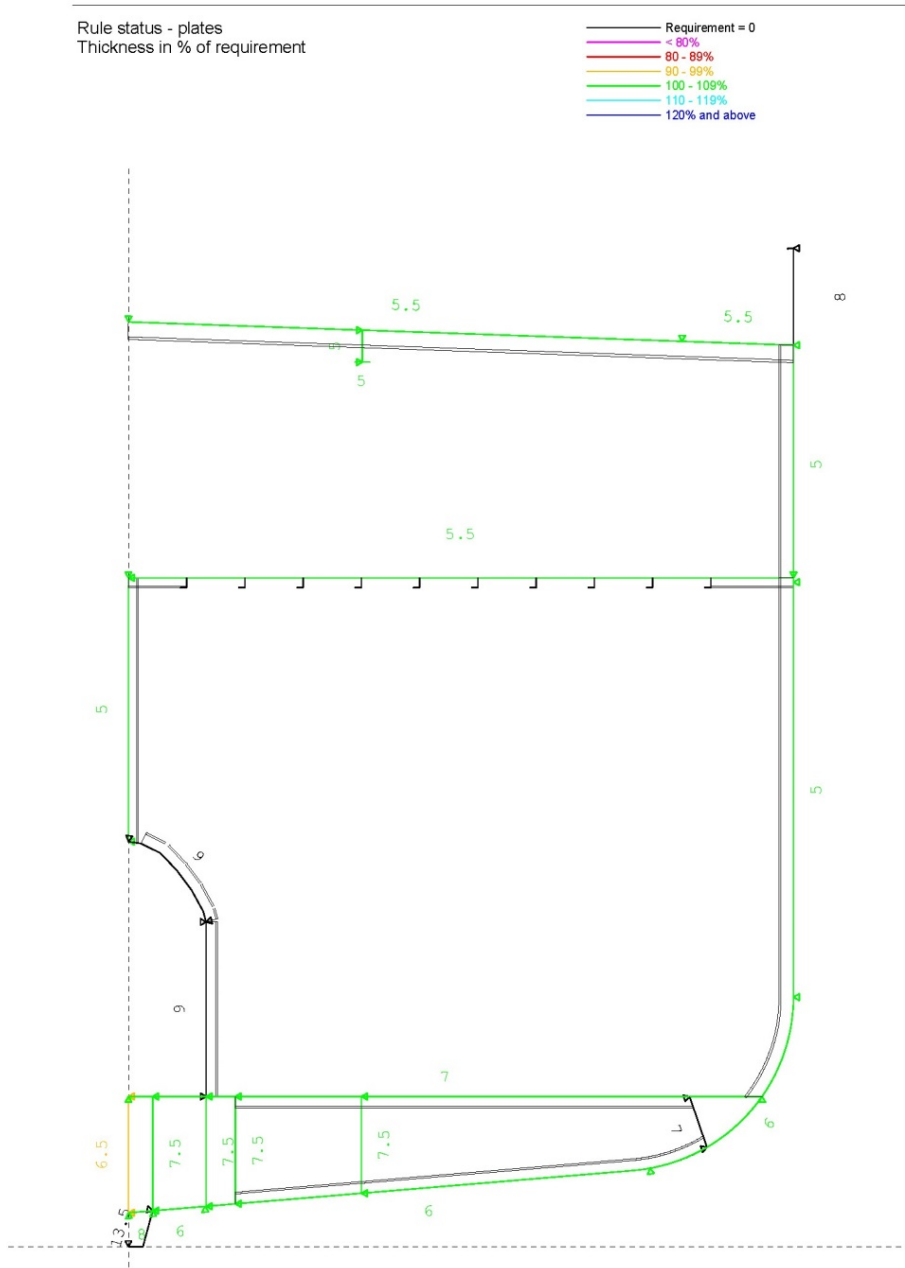


Comprobación cumplimiento del reglamento



Como se puede observar, contamos con una sobredimensión aproximadamente del 120%.

Los escantillones mínimos reglamentarios sin tener en cuenta márgenes de seguridad se fijan en los siguientes valores proporcionados por el programa tras ejecutar el módulo de cálculo de espesores:



Cuaderna maestra con espesores mínimos reglamentarios



4.2.1.3. Análisis de los resultados

Como podemos observar hay una gran diferencia de escantillones, en general, a lo largo de casi toda la cuaderna, pero más notablemente en la zona del fondo, donde el espesor mínimo queda fijado en 6mm, esto es, la mitad del espesor inicial que consistía en unos 12mm.

En la zona de la cubierta principal y el mamparo de crujía, aunque menos drástico, también se observa un cambio notable, pasando en cubierta, de un valor de **8mm y 9mm** en el trancañil a **5.5mm** en ambos. En el mamparo de crujía y la cubierta de francobordo la diferencia se resume en el paso **de 7mm a 5mm** en el primero y de **7mm a 5.5mm** en el segundo.

Con este análisis previo, se puede ver que prácticamente los espesores quedan reducidos a la mitad, lo que conlleva a un cambio drástico en la estructura y, por lo tanto, demasiado arriesgado, teniendo en cuenta que los más modernos buques del mismo tipo poseen escantillones alrededor de los 9mm o 10mm.

En la siguiente tabla disponemos, a modo de resumen, el área total de la sección maestra original y tras la optimización según el software empleado:

Área de planchas y elementos longitudinales (cm²)	
Buque base	Buque optimizado
8357.7	6160

Resumen áreas sección maestra



4.2.1.4. Análisis y elección de líneas de actuación

Antes de presentar cualquier posible opción de optimización de los escantillones, hay que destacar que la **estructura de quilla** y el **quillote** del buque **NO** se modificarán en absoluto.

Esta decisión se establece en base a que, si se dispone a realizar una reducción de área en la sección, la resistencia longitudinal disminuirá consecuentemente de modo que el elemento principal participante en el buque viga pasará a soportar mayores esfuerzos, por lo que se prescindirá de cualquier modificación que derive en una disminución de la resistencia local de estos elementos principales (quilla y quillote).

Por lo tanto, podría presentarse como **primera opción**:

- ✓ Reducción de **12mm a 9mm** en la estructura del fondo del casco y reducción de **10mm a 8mm** en el costado.

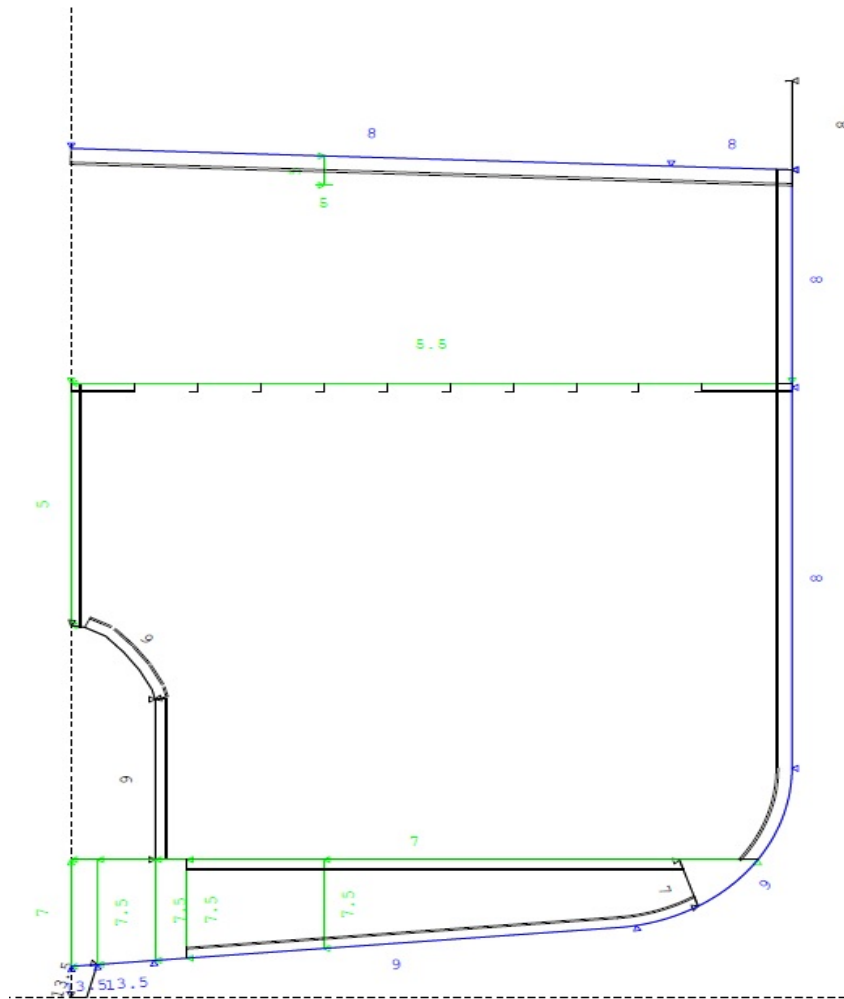
- ✓ Procedemos, como se ha explicado anteriormente, a analizar los espesores mediante el software del **"DNV"**, esta vez solo habrá que modificar los valores del escantillón original por los dispuestos en el párrafo anterior y comprobar que grado de cumplimiento se obtiene con los nuevos valores.

- ✓ Posteriormente, habrá que tomar especial atención al área total de la sección tras la modificación y de este modo poder estimar la diferencia de costes en cuanto a la cantidad de material se refiere.



Rule status - plates
 Thickness in % of requirement

- Requirement = 0
- < 80%
- 80 - 89%
- 90 - 99%
- 100 - 109%
- 110 - 119%
- 120% and above



Resultado primera modificación

Como resultado de esta modificación, el nuevo valor de área de los elementos longitudinales queda:

Área de planchas y elementos longitudinales (cm²)	
Buque base	Buque optimizado (1ª modif.)
8357.7	7447.1



El área de elementos longitudinales se ve reducida en aproximadamente un 10.9%, lo que implica una importante reducción en el peso total de la sección del buque.

Por otro lado, según el análisis del software, los escantillones nuevamente establecidos cumplen con suficiente margen de seguridad. A pesar de esto no imponemos esta modificación como solución final por la gran diferencia de áreas obtenidas y que, además, ateniéndonos a la propia definición de “optimización”, realizaremos diversas pequeñas mejoras que en conjunto englobarán una notable y significativa mejora al final del proceso constructivo.

Como **segunda opción**:

- ✓ Reducción de **12 a 8mm** en la estructura del fondo del casco y reducción de **10mm a 8mm** en el costado.

- ✓ Procedemos, como se ha explicado anteriormente, a analizar los espesores mediante el software del “**DNV**”, esta vez solo habrá que modificar los valores del escantillón original por los dispuestos en el párrafo anterior y comprobar que grado de cumplimiento se obtiene con los nuevos valores.

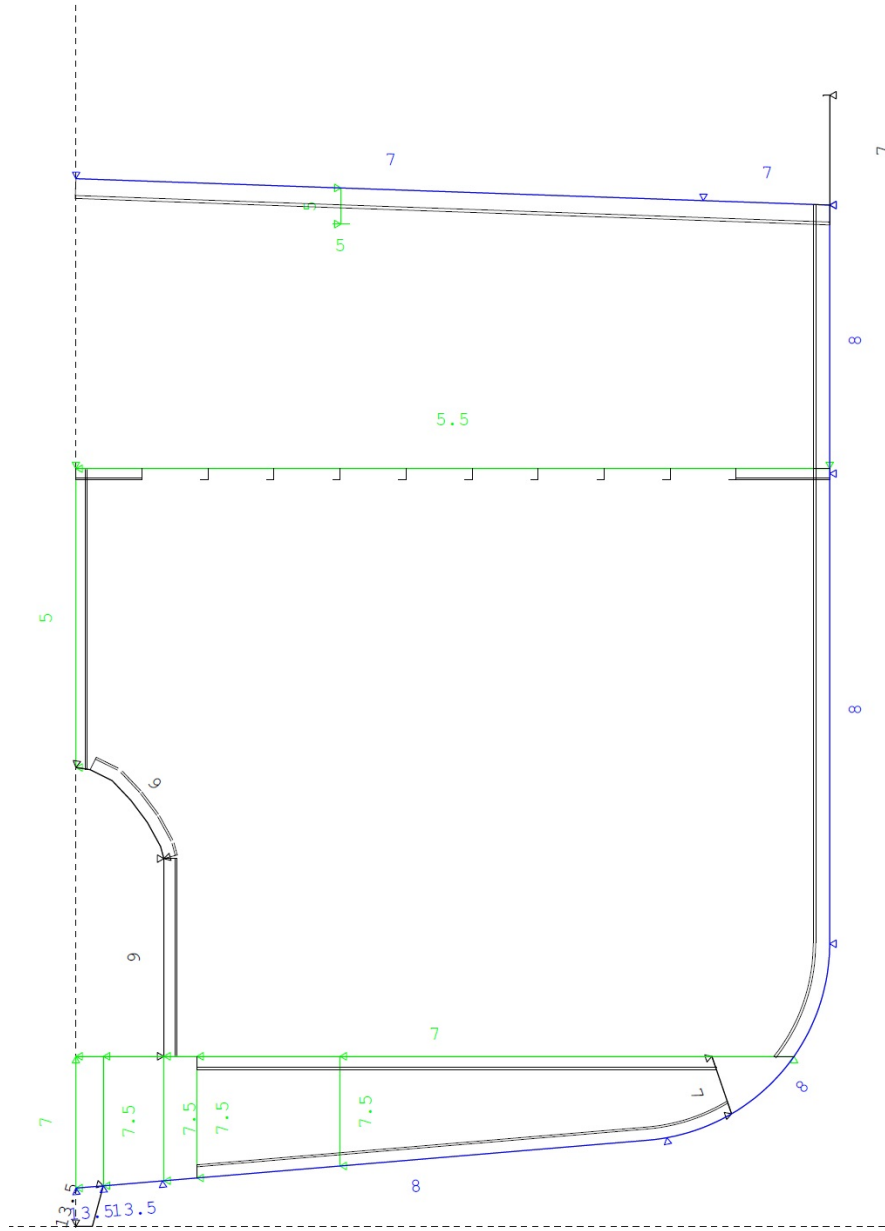
- ✓ Posteriormente, habrá que tomar especial atención al área total de la sección tras la modificación y de este modo poder estimar la diferencia de costes en cuanto a la cantidad de material se refiere.



En la siguiente imagen quedan reflejados los nuevos escantillones de la sección optimizada.

Rule status - plates
Thickness in % of requirement

- Requirement = 0
- < 80%
- 80 - 89%
- 90 - 99%
- 100 - 109%
- 110 - 119%
- 120% and above



Resultado segunda modificación



Como resultado de esta modificación, el nuevo valor de área de los elementos longitudinales queda:

Área de planchas y elementos longitudinales (cm²)	
Buque base	Buque optimizado (2ª modif.)
8357.7	7148.0

El valor de área se reduce entorno a un 14.47%, lo que resulta un cambio bastante notable.

Pese a cumplir ampliamente, según el software, con los espesores necesarios, es un hecho que, prácticamente, la totalidad de los buques de este tipo poseen escantillones, como mínimo, de unos **10mm** en la estructura de fondo mientras que, según esta modificación, quedaría la misma en **8mm**, por lo que desechamos esta segunda opción.

Se propone como **tercera modificación**, mantener, con respecto a la segunda, el valor de **8mm** en la estructura de costado y aumentar el valor del fondo, de **8mm a 10mm**.

Por lo tanto, con el fin de reducir la diferencia entre el área de elementos longitudinales del buque base y el buque optimizado se propone:

Como **tercera opción**:

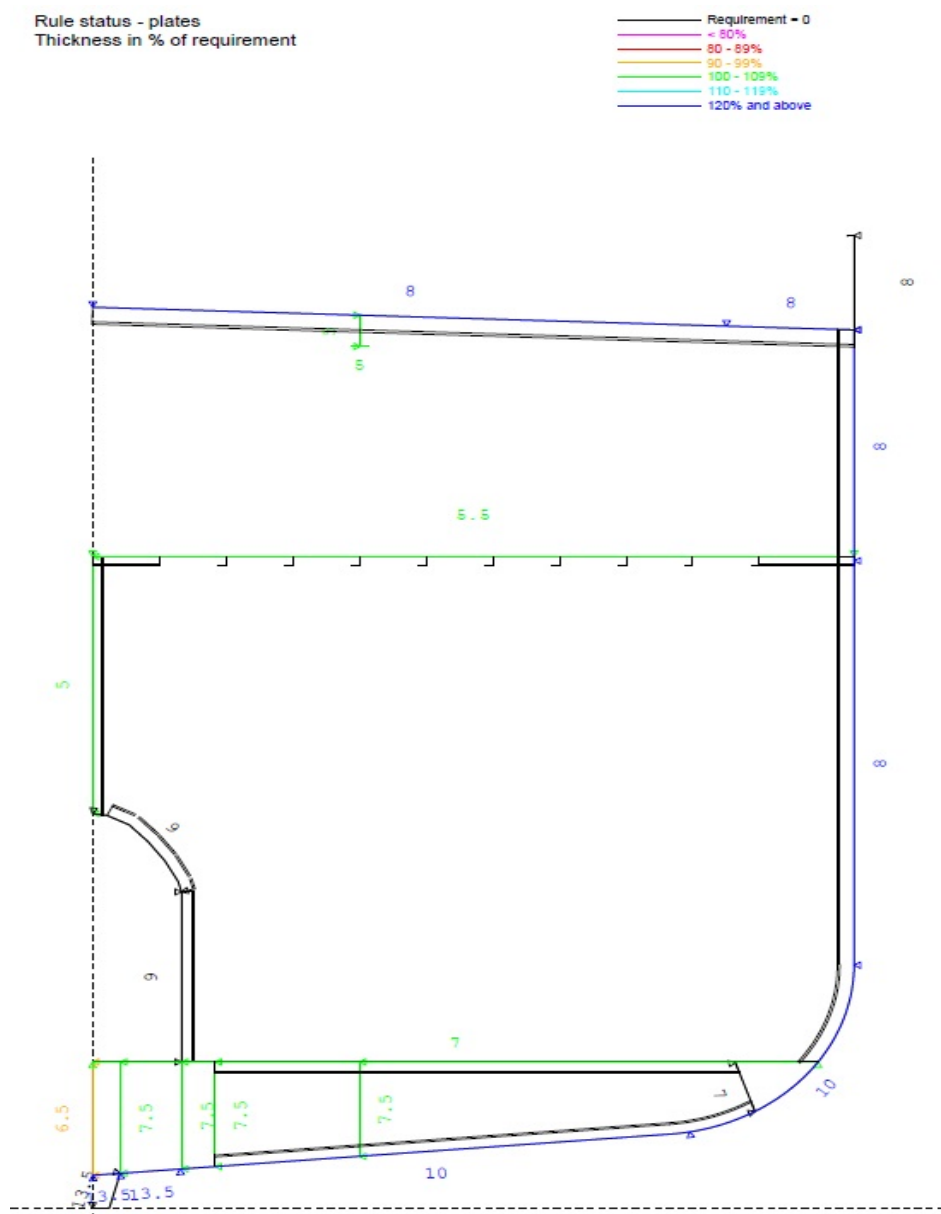
- ✓ Reducción de **12mm a 10mm** en la estructura del fondo del casco y reducción de **10mm a 8mm** en el costado.
- ✓ Procedemos, como se ha explicado anteriormente, a analizar los espesores mediante el software del **"DNV"**, esta vez solo habrá que modificar los valores del escantillón original por los dispuestos en el



párrafo anterior y comprobar que grado de cumplimiento se obtiene con los nuevos valores.

- ✓ Posteriormente, habrá que tomar especial atención al área total de la sección tras la modificación y de este modo poder estimar la diferencia de costes en cuanto a la cantidad de material se refiere.

En la siguiente imagen quedan reflejados los nuevos escantillones de la sección optimizada.





Como se puede observar, a pesar de haber reducido los escantillones de fondo y de costado, se siguen cumpliendo ampliamente las normas del reglamento, contando con un margen de seguridad de aproximadamente un 20%.

La reducción de unos espesores y el aumento de otros conlleva un minúsculo aumento del área de la sección quedando resumido en la siguiente tabla:

Área de planchas y elementos longitudinales (cm²)	
Buque base	Modificación 8 y 10 mm
8357.7	8375.7

En este caso se obtiene un incremento total de área de aproximadamente un **0.21%**, lo que resulta insignificante en cuanto al aumento de peso de la estructura.

En resumen, con esta segunda modificación se obtiene:

- ✓ Leve e insignificante aumento de área de la sección (**0.21%**).
- ✓ Estandarización de espesores y, en consecuencia, mejora del proceso productivo.
- ✓ Cumplimiento de los requisitos estructurales con un margen de seguridad del 20%.

Por consiguiente, añadimos esta modificación estructural al proceso de construcción del buque puesto que la estandarización de los escantillones produce una ventaja tecnológica y competitiva desde la perspectiva de disminuir tipologías empeladas y procedimientos de corte, conformado, soldadura, etc.



4.2.2. Resultados obtenidos

Para conocer de manera cuantitativa la diferencia entre el volumen estructural del buque base y el buque optimizado se establece como hipótesis que el peso de acero de los refuerzos transversales y locales varían en la misma proporción que los elementos longitudinales, por lo tanto, se puede asumir que la variación de peso de acero de la estructura es proporcional al valor de área de elementos longitudinales.

Para el buque base:

$$A_{CM} * L_{pp} * C_M = V_{acero \ e.p.} \quad (1)$$

Para el buque optimizado:

$$A_{CM'} * L_{pp} * C_M = V_{acero \ e.p. \ optimizado} \quad (2)$$

Donde:

$V_{acero \ e.p.}$: volumen de acero de la estructura principal

A_{CM} : área cuaderna maestra.

C_M : coeficiente de la maestra.

L_{pp} : eslora entre perpendiculares.

Se define como volumen de acero (V_{ac}), la suma del volumen del acero de la estructura principal más el volumen de acero de otros elementos:

$$V_{ac} = V_{ac \ e.p.} + V_{ac \ otros}$$



Por lo que queda queda:

Para el buque base:

$$V_{acBB} = V_{ac\ e.p.BB} + V_{ac.\ otros\ BB} \quad (3)$$

Para el buque optimizado:

$$V_{acBO} = V_{ac\ e.p.BO} + V_{ac.\ otros\ BO} \quad (4)$$

Donde:

V_{acBB} : volumen de acero del buque base.

V_{acBO} : volumen de acero del buque optimizado.

Restando la ecuación (4) menos la ecuación (3) y teniendo en cuenta que las modificaciones estructurales se dan en la estructura principal del buque, el volumen de acero de los demás elementos será constante tanto en el buque base como en el buque optimizado, esto es:

$$V_{ac.\ otros\ BB} = V_{ac.\ otros\ BO}$$

Operando:

$$V_{acBO} - V_{acBB} = V_{ac\ e.p.BO} + V_{ac.\ otros\ BO} - V_{ac\ e.p.BB} - V_{ac.\ otros\ B}$$

$$V_{acBO} - V_{acBB} = V_{ac\ e.p.BO} - V_{ac\ e.p.BB}$$

Por lo tanto, la variación de volumen de acero tras realizar la modificación propuesta, con respecto al buque original, queda definida como:

$$\Delta V_{ac} = V_{acBO} - V_{acBB} \quad (5)$$



De forma cuantitativa, se calcula dicha diferencia del volumen de acero antes y después de la modificación a implantar. Para ello, siguiendo las ecuaciones (1), (2) y (5), resolvemos:

$$A_{CM} * L_{pp} * C_M = V_{acero \text{ e.p.}} \quad (1)$$

$$A_{CM'} * L_{pp} * C_M = V_{acero \text{ e.p. optimizado}} \quad (2)$$

Los datos con los que se operan las ecuaciones se resumen en la siguiente tabla:

Valores			
Buque base	A_{CM}	L_{pp}	C_M
	8357.7	69.3	0.922
Buque optimizado	$A_{CM'}$	L_{pp}	C_M
	8375.7	69.3	0.922

- En la ecuación (1) (buque base) resulta, en m³: **534011.89 m³**.
- En la ecuación (2) (buque optimizado) resulta, en m³: **535162 m³**.

Por lo que la diferencia de volumen de acero antes y después de la modificación queda:

$$\Delta V_{ac} = V_{acBO} - V_{acBB} \quad (5)$$

$$\Delta V_{ac} = 535162 - 534011.89 = \mathbf{1150.11 \text{ m}^3}.$$

Esto significa que el volumen de acero empleado para la construcción será ligeramente mayor, entorno al 2% como ya se ha indicado anteriormente, lo que resulta, a efectos prácticos, inapreciable, ya que al mismo tiempo se consigue una gran estandarización de los procesos de fabricación como también se ha descrito con anterioridad.



Optimización estructural, propulsiva y del astillero de construcción de un buque atunero congelador

CUADERNO N^o5 PROPULSIÓN Y ENERGÍA

Álvaro Escámez Conesa

Director: Carlos A. Mascaraque Ramírez



Universidad
Politécnica
de Cartagena





Índice

5.1. Introducción

5.2. Objetivo

5.3. Análisis de propulsión

5.3.1. Propulsión original del buque

5.3.2. Posibles configuraciones del sistema propulsivo

5.4. Nuevo balance eléctrico

5.4.1. Desde el punto de vista de consumidores eléctricos ajenos al sistema propulsivo.

5.4.2. Desde el punto de vista de la propulsión.

5.4.3. Estudio de la alternativa de propulsión eléctrica



5.1. Introducción

Durante el siguiente cuaderno se estudiará el sistema de propulsión disponible en el buque base, sus características y capacidades así como el grado de cumplimiento con su propósito, de modo que, de cara a una modificación de dicho sistema se obtenga por consiguiente una mejora en el mismo, de forma directa en cuanto a potencia propulsiva o indirecta, favoreciendo una estandarización de componentes que facilite el mantenimiento del buque y además de parte de la flota compuesta por este tipo de buque.



5.2. Objetivo

Se busca, principalmente, imponer una mejora que tenga impacto tanto en el proceso constructivo del buque como durante su vida operativa.

Durante el proceso de construcción; se busca la estandarización y simplificación de elementos que constituyen el sistema de propulsión simplificando de este modo la lista de adquisiciones de componentes por parte del astillero, facilitando los pedidos, tramites con los proveedores y minimizando los posibles errores durante el proceso de pedido.

Durante la vida operativa del buque; con la estandarización impuesta, se busca la facilidad de mantenimiento de los componentes del sistema de propulsión, ya sea por duplicación de elementos o por compatibilidad de piezas entre componentes de dicho sistema por pertenecer al mismo proveedor, lo que repercutiría en que, ante una posible avería, se contara con los medios, materiales y herramientas para subsanar el incidente sin necesidad de regresar el buque a puerto, lo que genera un elevadísimo coste por no completar la marea de forma efectiva y por desestructurar los planes establecidos para la temporada de pesca, con la adición de la aparición de sobrecostes imprevistos.

Se propone como mejora del sistema de propulsión, la sustitución de la propulsión Diesel clásica por el sistema diésel-eléctrico.

Se estudiarán ambas tipologías y su impacto en la funcionalidad del buque con el fin de implementar la mejor de ellas.

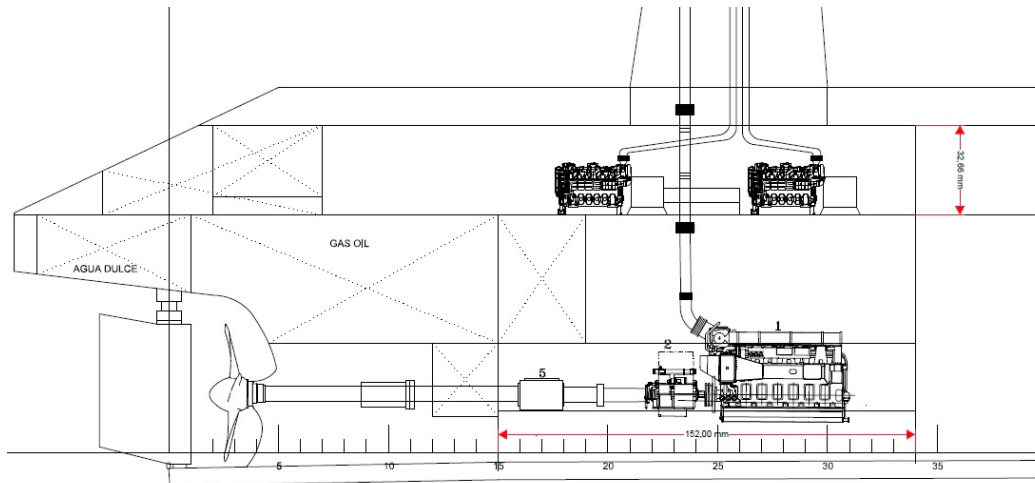


5.3. Análisis de propulsión

5.3.1. Propulsión original del buque

El buque base cuenta con un sistema de propulsión diésel formado por un motor principal (Wärtsilä 26A6A), un reductor-inversor y 5 motores diésel-generadores (dos de 1000KVA, dos de 650KVA), uno de emergencia (205KVA).

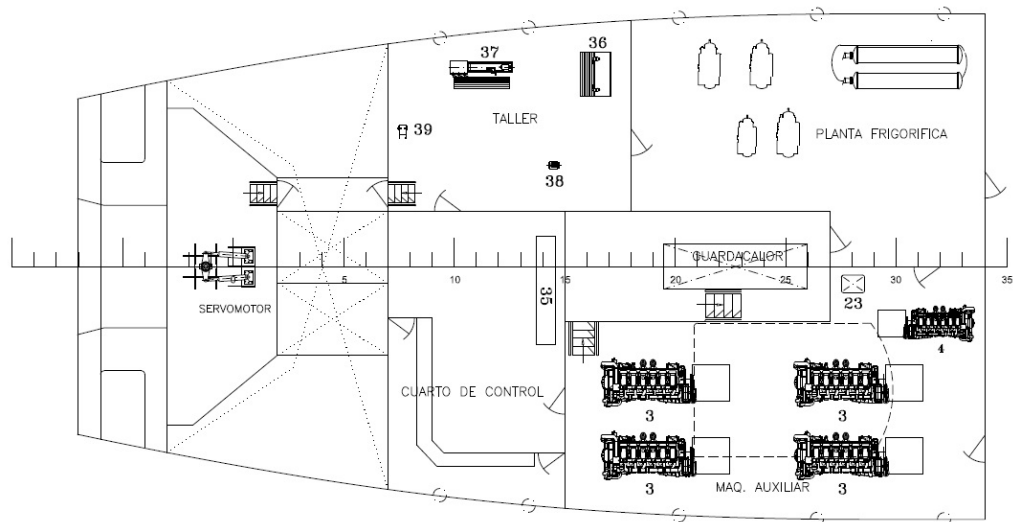
En las siguientes imágenes se puede observar la disposición de dichos equipos principales en la cámara de máquinas.



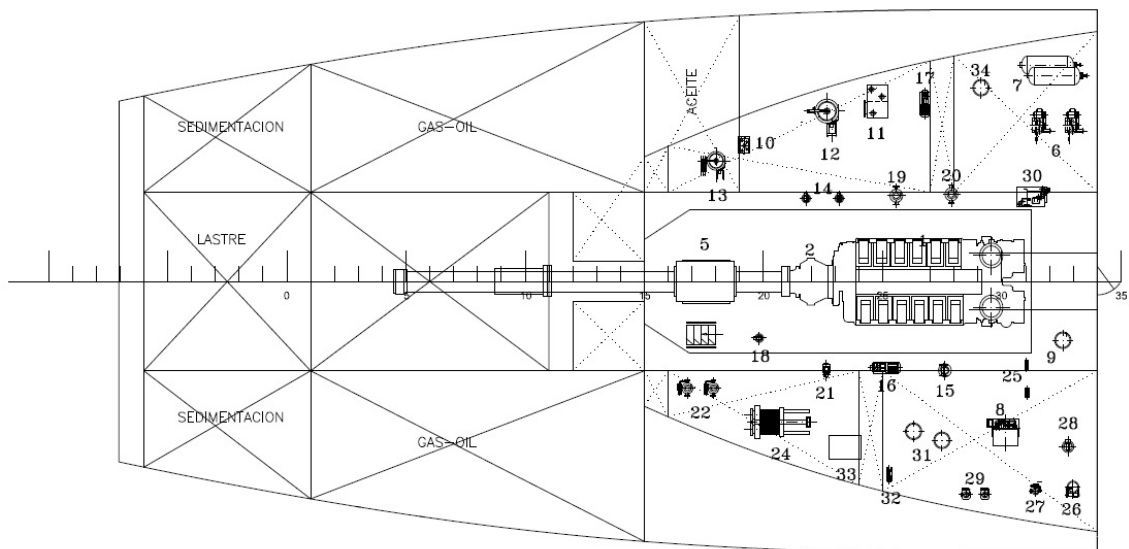
SECCION LONGITUDINAL

Vista de perfil de la cámara de máquinas

Como puede observarse los grupos electrógenos se disponen en un nivel superior al motor principal.



Vista en planta por cubierta principal



Vista en planta por del doble fondo



5.3.2. Posibles configuraciones del sistema propulsivo

Dentro de la propulsión diésel-eléctrica encontramos dos opciones claramente delimitadas.

- **Como primera opción**, se sustituyen los motores propulsores actuales (diésel) por motores eléctricos, que serán los encargados de propulsar el buque en todo momento y en todo el rango de velocidades que se requiera en función de las necesidades operativas. Estos motores eléctricos son accionados por generadores diésel, encargados de obtener la energía eléctrica por medio del combustible fósil para cubrir la necesidad energética del buque en todas las condiciones de operación, esto es, en este caso, la energía necesaria para la propulsión más la necesaria para el funcionamiento del resto de los equipos a bordo.
- **Como segunda opción (Sistema de propulsión CODOE)**: según las siglas “*combined diesel or electrical*”, (sistema combinado diésel o eléctrico) el motor propulsor original no es sustituido, se incorpora un motor eléctrico a la instalación, que iría engranado al reductor, con el fin de propulsar al buque en las condiciones más desfavorables para el motor propulsor diésel, esto es, a bajas velocidades o en maniobra. Con la implantación de este sistema se presentan los siguientes inconvenientes:
 - Al introducir un generador de cola acoplado al reductor se añaden equipos adicionales a la planta original.
 - El equipo a instalar requiere una formación más específica de la tripulación, así como un aumento de la complejidad a nivel logístico.



- Pese a ser una opción con coste de inversión menor que la opción completamente eléctrica, a la larga, la complejidad del mantenimiento puede provocar sobrecostes.
- Dada la naturaleza de este estudio, se busca la estandarización de equipos, lo que conlleva a una disminución del coste derivado de la propia explotación del buque durante todo su ciclo de vida al verse reducidas de manera significativa las tareas de mantenimiento, logística, complejidad de sistemas y formación de la tripulación. Portar un alternador de cola no contribuye a dicha estandarización, pues sería un nuevo equipo con un coste relativamente bajo a corto plazo, pero a la larga puede suponer importantes problemas al armador al tener un elemento más.

Según los objetivos de este trabajo, el caso óptimo será **el primero**, la sustitución del motor diésel propulsor por un motor eléctrico que cubra toda la gama de velocidades de operación. Para ello habrá que reformular el esquema de toda la planta de generación del buque base para determinar si se sustituyen los generadores ya instalados por otros de distinta capacidad o serán válidos para la nueva configuración.

Esto último posee gran relevancia desde el punto de vista económico y constructivo (plazos, operaciones, costes operacionales).



La configuración estructural de la propulsión diésel-eléctrica sigue un esquema básico común para todas las plantas de este tipo. Dicho esquema se constituye por:

- ✓ Generadores diésel



- ✓ Cuadros de distribución



- ✓ Motor propulsor eléctrico



- ✓ Eje propulsor y hélice



Cabe destacar que se cumple el orden esquemático descrito arriba.



5.4. Nuevo balance eléctrico

Este nuevo balance se destina a la alternativa puramente eléctrica, por lo tanto la potencia necesaria para la propulsión del buque se sumará a las líneas del balance eléctrico del buque base. Para ello, por un lado, se recoge información sobre las necesidades energéticas en cuanto a consumidores eléctricos y, por otro lado, la potencia solicitada por la propulsión, para cada situación de carga (navegación, maniobra, en puerto, faenando).

5.4.1. Desde el punto de vista de consumidores eléctricos ajenos al sistema propulsivo.

En esta área contamos con el balance eléctrico del buque base para las distintas situaciones en las que se encontrará a lo largo de la vida operativa del mismo.

Se reúnen en la siguiente tabla los resultados obtenidos:

<i>Balance eléctrico buque base</i>						
<i>Situación</i>	<i>Navegación al caladero</i>	<i>Navegación desde caladero</i>	<i>Pescando</i>	<i>Maniobrando</i>	<i>En puerto</i>	<i>Emergencia</i>
<i>KVA</i>	616.36	840.68	2878.45	2278.05	1066.6	184.33
<i>KW ($\Phi=0.8$)</i>	493.09	672.54	2302.76	1822.44	853.28	147.46

5.4.2. Desde el punto de vista de la propulsión.

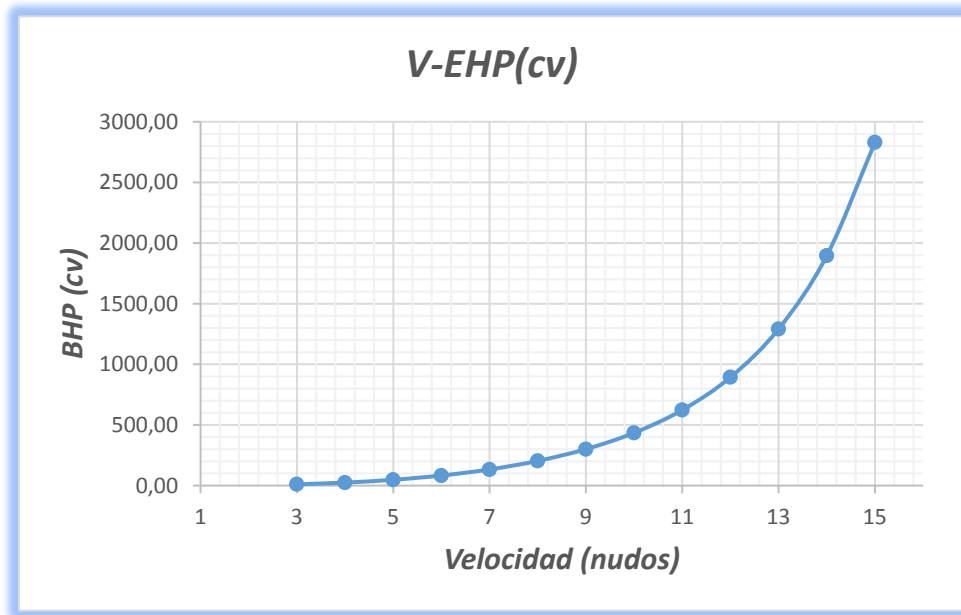
Para conocer la potencia necesaria para la propulsión del buque se usa un método sistemático de predicción de potencia. Se realizará el estudio para velocidades comprendidas entre 3 y 15 nudos, velocidades a las cuales se encontrará el pesquero durante su explotación.

Dado que se trata de un buque pesquero, se lleva a cabo el estudio de predicción de potencia a través del método de **Amadeo García Gómez ("Predicción de potencia y optimización del bulbo de proa en buques pesqueros")**, específico en este tipo de buques.



A modo de resumen se reúnen los resultados del análisis en las siguientes tablas y gráficos:

V (Kn)	V (m/s)	C_t	R_t	EHP (CV)
3	1.543	2.853E-03	519.152	10.683
4	2.058	2.795E-03	904.257	24.810
5	2.572	2.770E-03	1400.437	48.030
6	3.087	2.773E-03	2018.761	83.083
7	3.601	2.804E-03	2778.530	133.411
8	4.116	2.868E-03	3711.858	203.685
9	4.630	2.974E-03	4871.237	300.717
10	5.144	3.136E-03	6342.001	435.014
11	5.659	3.377E-03	8262.698	623.435
12	6.173	3.729E-03	10858.083	893.740
13	6.688	4.240E-03	14491.183	1292.183
14	7.202	4.981E-03	19741.076	1895.727
15	7.717	6.046E-03	27506.609	2830.122



Tal como ya se conoce, la curva de potencia-velocidad se asemeja a una función cúbica definida por una ecuación del tipo: $EHP = kV^3$

Dado que, el dato estrictamente necesario es la potencia en **kW** para la propulsión, se muestra a continuación la conversión de **EHP (cv)** a **BHP (cv)** y de este a **BHP (kW)**.

Conociendo el rendimiento mecánico ($\eta_m=0.95$) y el rendimiento propulsivo ($\eta_d=0.6$), se procede: $BHP = EHP * \eta_m * \eta_d$.

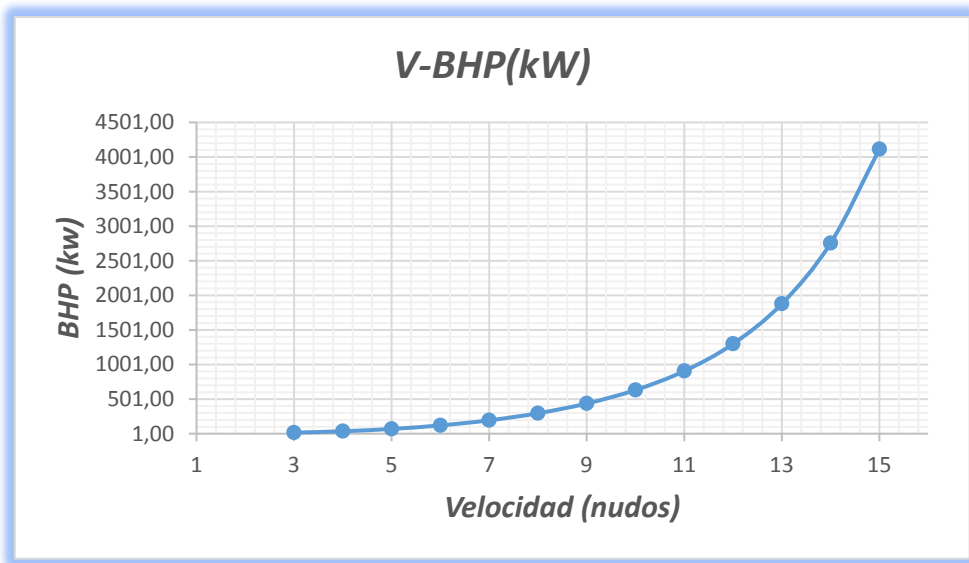
Dado que la potencia debe desarrollarse al **90%MCR**, se dividen los BHP obtenidos mediante el cálculo anterior entre 0.9.



Resultando, la potencia neta necesaria para la propulsión a las distintas velocidades:

V (Kn)	EHP (CV)	BHP (CV)	BHP (kW)
3	10.683	20.825	15.529
4	24.810	48.363	36.064
5	48.030	93.625	69.816
6	83.083	161.955	120.770
7	133.411	260.059	193.926
8	203.685	397.046	296.077
9	300.717	586.194	437.125
10	435.014	847.980	632.339
11	623.435	1215.274	906.229
12	893.740	1742.183	1299.146
13	1292.183	2518.875	1878.325
14	1895.727	3695.373	2755.640
15	2830.122	5516.807	4113.883

De forma más visual se incluye un gráfico representado por la potencia en función de la velocidad:





Una vez se dispone de todos los datos necesarios puede generarse el nuevo balance eléctrico, resultado del análisis de los requisitos energéticos de todos los consumidores del buque y, además, los requisitos energéticos destinados a la propulsión del pesquero.

Se realiza el sumatorio de la potencia requerida para cada situación de operación:

<i>Nuevo balance eléctrico</i>						
	<i>Navegación al caladero</i>	<i>Navegación desde caladero</i>	<i>Pescando</i>	<i>Maniobrando</i>	<i>En puerto</i>	<i>Emergencia</i>
<i>Consumidores no destinados a propulsión KW ($\Phi=0.8$)</i>	493.09	672.54	2302.76	1822.44	853.28	147.46
<i>Propulsión (kW)</i>	4113.88	4113.88	632.34	15.53	-	437.13
<i>Sumatorio</i>	4606.97	4786.42	2935.10	1837.97	853.28	584.59

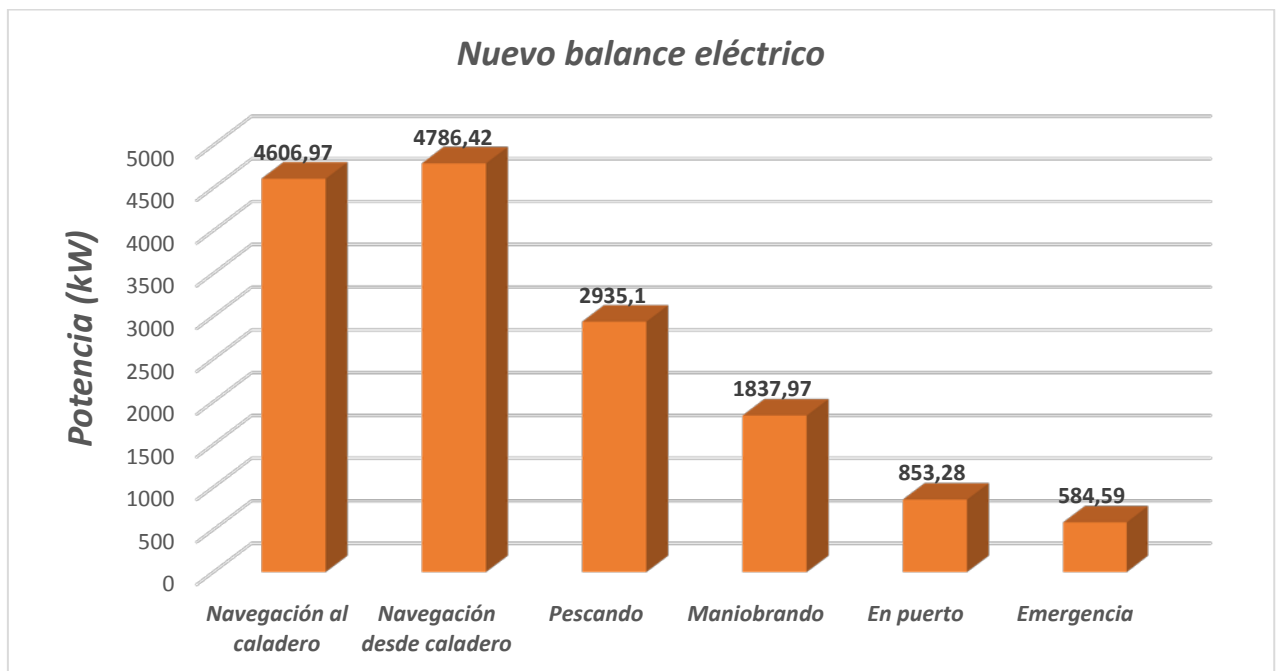
Las velocidades para cada situación se han establecido en:

- Navegación al caladero y desde el caladero: 16 nudos.
- Pescando: 10 nudos.
- Maniobrando: 3 nudos.
- En puerto: 0 nudos.
- Emergencia: 9 nudos

Como se manifiesta, la situación más desfavorable es la navegación desde el caladero hacia puerto. Resulta lógico este resultado ya que el pesquero, tras realizar



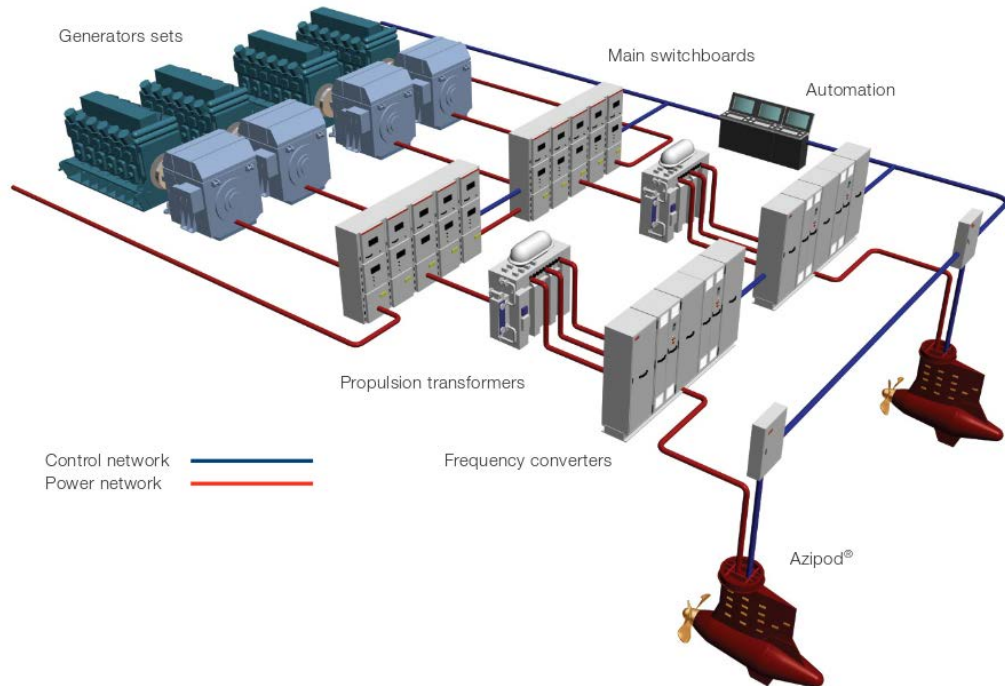
las labores de pesca, todos los sistemas de frío (gambuzas, cintas transportadoras, compresores) están trabajando normalmente al 100% de su capacidad, añadiendo que el buque se encuentra navegando a máxima velocidad para poder concluir cuanto antes la llegada a puerto y descarga del pescado con el objetivo de obtener los mayores beneficios posibles.





5.4.3. Estudio de la alternativa de propulsión eléctrica

En la siguiente imagen podemos ver de manera gráfica la disposición de elementos que se han comentado en la alternativa de eléctrica integral:



Disposición de elementos en una planta propulsora eléctrica convencional

Cabe destacar que en el buque de estudio no se dispone de propulsores azimutales, por lo que su planta eléctrica y propulsora será ligeramente distinta a la de la imagen. La imagen se establece a modo de ejemplo.

Aplicando este diseño nos encontramos con grandes ventajas.

- ✓ Una de las más importantes consiste en la elevada redundancia, en situaciones de problemas mecánicos de un motor o mantenimiento siempre se tendrá capacidad suficiente para mantener cubiertas todas las necesidades energéticas sin poner en riesgo al buque ni su tripulación.



- ✓ Los generadores pueden trabajar cómodamente en su punto óptimo de funcionamiento ya que la carga de trabajo se reparte entre todos ellos de manera flexible, esto nos lleva, adicionalmente a una mejora en cuanto al consumo de combustible, que se ve potencialmente reducido, y también a una notable reducción de las emisiones contaminantes tales como el **NO_x**, una de las más importantes de cara al obligado cumplimiento de emisiones **IMO tier II y III**.
- ✓ Otra de las mejoras, derivada del punto anterior, consiste en la optimización de todas las operaciones de mantenimiento de los motores generadores, esto es, reducción de dichas tareas, reducción de la posibilidad de averías y todos los costes adjuntos a dichas labores.
- ✓ La transmisión de la energía eléctrica a través de cables ofrece total flexibilidad en cuanto a la instalación de componentes.
- ✓ Por último, el ruido radiado al mar, crítico en nuestro caso por el papel que juega este tipo de buque, se verá sustancialmente reducido, favoreciendo el éxito de las tareas de pesca y al mismo tiempo mostrándose responsable con el medio ambiente.

Una vez establecidos todos los requisitos energéticos para cada situación de operatividad quedaría concluir el número de equipos que conformaran la planta y su disposición en la cámara de máquinas.

Los equipos necesarios a instalar son:

- ✓ Grupos diésel generadores
- ✓ Cuadros eléctricos de control, transformadores
- ✓ Motor propulsor eléctrico



Se plantean varias opciones en cuanto al número y potencia de los grupos electrógenos. Hay que tener en cuenta que según las normas de clasificación la potencia total en maniobra deberá ser alcanzada por N-1 generadores funcionando.

Analizando la condición más desfavorable, que consta de **4786.42 kW** a suplir por los diésel generadores, se estudian las características de motores de distintas casas fabricantes, en este caso se escogen tres:

- Opción 1: Caterpillar
- Opción 2: Wärtsilä
- Opción 3: MTU

Se centra la atención en ciertos parámetros técnicos de dichos motores, los cuales son:

1. Potencia unitaria
2. Peso unitario
3. Dimensiones
4. Unidades necesarias
5. N° total de cilindros

Toda la información requerida se representa en las siguientes tablas para cada uno de los motores, también se adjuntan al estudio las fichas técnicas obtenidas a través de la web de los distintos fabricantes.

- **Opción 1: Caterpillar**

<i>Modelo C280-6</i>	
Potencia (kW)	1820
Nº Cilindros	6L
Dimensiones(LxAxH)m	4.23x1.961x2.75
Peso (t)	8.165



- **Opción 2: Wärtsilä**

<i>Modelo 20DF Genset</i>	
Potencia (kW)	1140
Nº Cilindros	6L
Dimensiones(LxAxH)m	3.89x1.92x2.323
Peso (t)	16.8

- **Opción 3: MTU**

<i>Modelo 12V4000 G63</i>	
Potencia (kW)	1310
Nº Cilindros	12V
Dimensiones(LxAxH)m	2.49x1.61x1.87
Peso (t)	6.2

Observando las características reunidas en las tablas anteriores se compara y analiza la repercusión de cada una de ellas en relación a los objetivos básicos de este estudio, la optimización y estandarización del buque y sus equipos.

1. Potencia unitaria

En función de la potencia capaz de generar cada uno de los grupos electrógenos, habrá que disponer un determinado número de ellos para cubrir en su totalidad, con la potencia necesaria. Cuanto mayor potencia sean capaces de generar, menos equipos serán necesarios a instalar. Esto ofrece una ventaja desde el punto de vista de la reducción de equipos a bordo, probabilidad de averías y fallo, menor coste de adquisición y reducción de tiempos de montaje. Por el contrario, un menor número de equipos requiere de mayor potencia unitaria para cada motor, lo que está ligado siempre a peso mayor.



2. Peso unitario

Como es obvio, en un buque, el peso de los equipos a bordo juega un papel fundamental, y con mayor relevancia en buques de carga, donde el beneficio es directamente proporcional a la cantidad o volumen de carga que estos puedan transportar durante cada travesía. Es por ello que habrá que prestar atención a esta característica con el objetivo de minimizar el peso en rosca tras la modificación.

3. Dimensiones

Aunque las dimensiones de los equipos con potencias similares no varían en exceso, hay que investigar si, por razones de disposición de la cámara de máquinas, hay algún factor limitante como puede ser la altura entre cubiertas o el empacho resultante.

4. Unidades necesarias

Las unidades necesarias para la instalación de energía serán aquellas tal que en su conjunto logran ofrecer toda la potencia requerida por el buque en cualquier maniobra. Según la reglamentación, debe cubrirse la demanda de potencia con N-1 generadores activos, por lo que se calculará el número mínimo de equipos para suplir dicha demanda y se incorporará uno adicional.

5. Nº Total de cilindros

La importancia de este apartado es gobernada por las labores de mantenimiento necesarias, la probabilidad de fallo y la capacidad logística requerida, en función de la cantidad de cilindros total que conformen el conjunto de los equipos diésel instalados. De acuerdo a esto, se busca tener el mínimo número de cilindros, ya que un número elevado de estos aumenta drásticamente las labores de control, mantenimiento y seguridad descritas anteriormente con el sobrecoste añadido de cada una de ellas



En concordancia a los requisitos descritos con anterioridad, se dispone a escoger el modelo de motor óptimo para la instalación requerida por el buque tras el cambio de la propulsión.

Se muestra, para cada uno de los modelos elegidos, las características que compondrían la planta de generación de energía en caso de su implantación como equipo de la misma.

- **Opción 1: Caterpillar**

<i>Características de la instalación energética</i>	
Unidades a instalar	4
Peso total (t)	32.66
Nº Total cilindros	24
Potencia instalada(kW)	7280

- **Opción 2: Wärtsilä**

<i>Características de la instalación energética</i>	
Unidades a instalar	6
Peso total (t)	100.8
Nº Total cilindros	36
Potencia instalada(kW)	6840

- **Opción 3: MTU**

<i>Características de la instalación energética</i>	
Unidades a instalar	5
Peso total (t)	31
Nº Total cilindros	60
Potencia instalada(kW)	6550

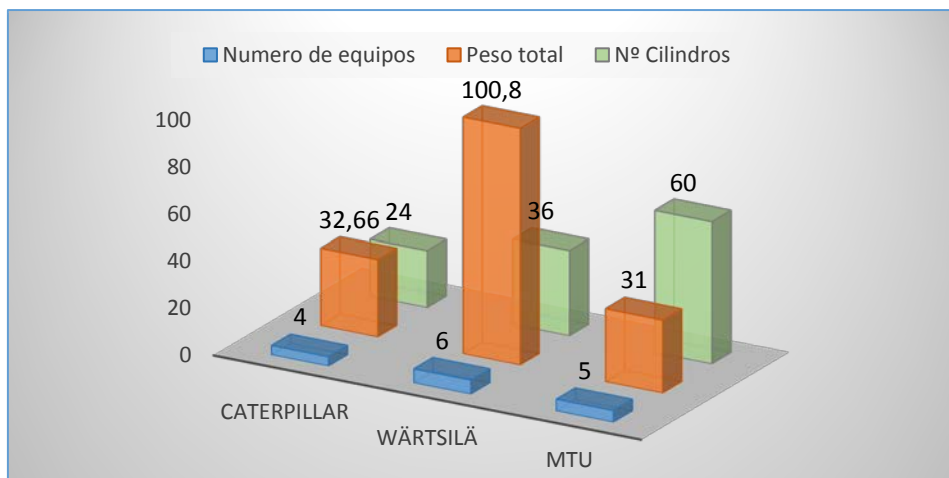


Atendiendo a las características de cada una de las opciones puede deducirse que, la **opción 1**, destaca por ser la que más energía proporciona y al mismo tiempo la que menor número de equipos presenta, trae también el menor número de cilindros total de las tres opciones.

La **opción 2** posee un número de equipos y de cilindros aceptable, pero en su contra, trae arraigado un gran peso total de los equipos en su conjunto. El peso asciende hasta las 100.8 toneladas, esto se debe a que la casa *Wärtsilä*, en el rango de potencia estudiado, ofrece un motor **semi-rápido** y, por lo tanto, más robusto que los modelos de las casas *Caterpillar* y *MTU*, que ofrecen un motor **rápido** y por lo tanto menos robusto y más ligero.

La **opción 3**, presenta características similares a la opción 1, un menor peso que esta, 1.66 toneladas menos y menor potencia de generación (aunque sigue cubriendo toda la demanda). La característica más destacable frente a la opción 1 es el número total de cilindros, que sería bastante más elevado, 60 cilindros frente a 24 del caso 1.

Dado que la potencia de todas las opciones disponibles garantiza la demanda energética del buque en cualquier situación, se representan visualmente el resto de características, enfrentadas entre las tres opciones para deducir cual será el modelo óptimo buscado:





A la hora de optar por el modelo óptimo para su instalación como planta energética, se revela, que la casa *Caterpillar* (**opción 1**), cumple con mayor éxito los requisitos necesarios:

- ✓ Presenta el menor número de equipos a instalar.
- ✓ A pesar de tener una masa superior al modelo 3, resulta insignificante.
- ✓ Posee el menor número de cilindros posible.
- ✓ Cumple soberanamente con la demanda de potencia del buque.

Una vez conocido el modelo de los equipos que sustituirán a los diésel-generadores del buque base sólo restaría conocer el número de elementos y su situación en la cámara de máquinas.

La planta de generación eléctrica constará de:

Planta de generación eléctrica	
4 motores C280-6 Caterpillar	1820 kW/motor
1 motor emergencia C18 TIER 3 Caterpillar	550 kW/motor

Hay que destacar que con la potencia obtenida de los 4 diésel-generadores principales se cubre toda la demanda operativa del buque, pudiendo prescindir del grupo de emergencia. Se decide su instalación meramente por cuestiones de reglamentación.

Un importante factor a tener en cuenta al realizar la modificación de equipos a bordo del buque es la nueva situación de los pesos. Primero, se estudiará la diferencia de peso resultante y, en segundo, lugar se analizará cual será la distribución óptima de los mismos con el fin de no alterar la estabilidad del pesquero.



En el buque base, se dispone:

<i>Peso de equipos buque base</i>	
Motor propulsor	31.2 t
2 Generadores 1000 kVA	12.78 t
2 Generadores 650 kVA	4.34 t
Generador emergencia	1.86 t
Sumatorio	50.18 t

Tras las obras de optimización del buque base se resume la lista de pesos resultante aplicando las directivas comentadas anteriormente para la instalación de la nueva planta de generación de energía y propulsión:

<i>Peso de equipos buque optimizado</i>	
Motor eléctrico propulsor	6.26 t
4 Generadores 1820 kW	32.64 t
Generador emergencia 550kW	1.84 t
Sumatorio	40.74 t

El peso del motor eléctrico propulsor se estima a partir del ratio potencia/peso obtenido tras analizar la relación entre dichos parámetros en motores de distintas casas fabricantes. Mediante una estimación lineal, para la potencia necesaria según el balance eléctrico, se obtiene un ratio potencia/peso de **1.3077**. Aplicando dicho valor se obtiene un peso para el motor eléctrico propulsor (MEP) de: **6.260 toneladas**.



Según el estudio de pesos de la propuesta optimizada, el peso total de la instalación resulta menor que el peso de la planta de la que se parte en el proyecto, dando así un margen que puede ser aprovechado para ampliar la capacidad de carga o incluso, si la diferencia de desplazamiento provoca un menor calado de proyecto, aumentar sensiblemente la velocidad del buque al disminuir la superficie mojada y por tanto la resistencia al avance. Dicha variación resulta en **9.44** toneladas menos.

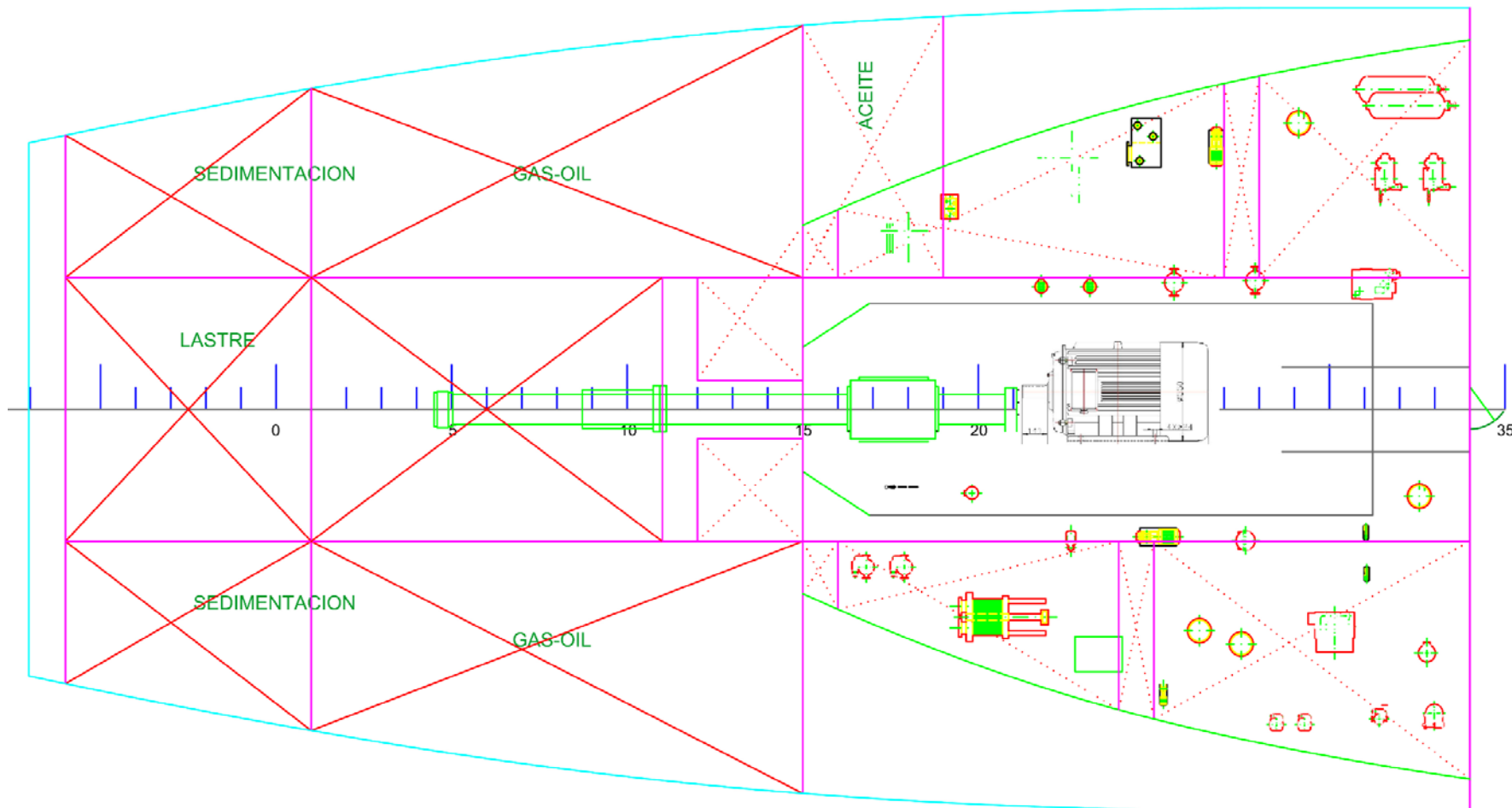
Se admite que la nueva propuesta no afecta al centro de gravedad del buque, ya que la componente más importante sería la vertical, viéndose ésta prácticamente invariable puesto que la cámara de máquinas no ha cambiado su posición en el buque y, por tanto, la altura metacéntrica no se ve afectada.

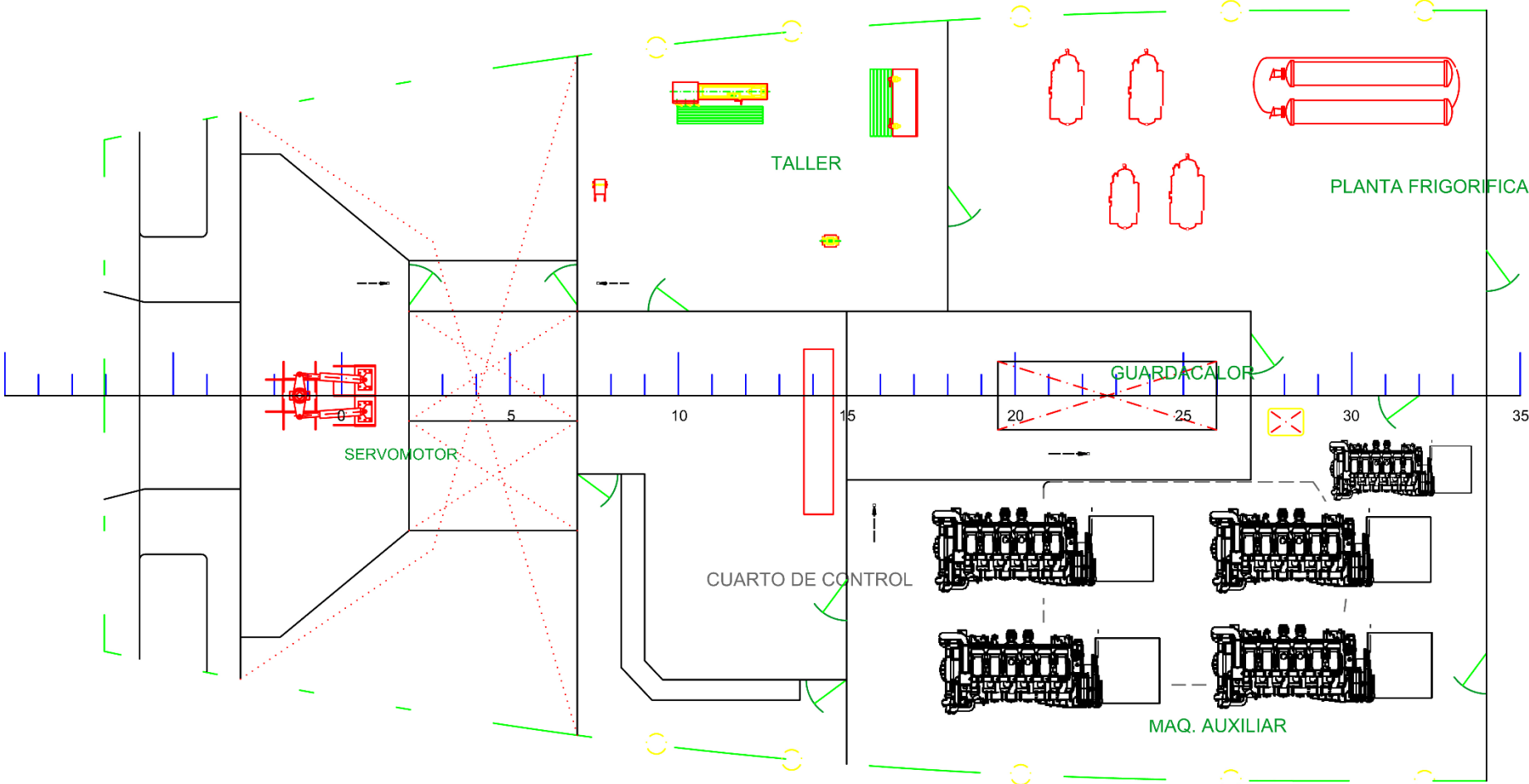
Si bien es cierto, los nuevos grupos electrógenos son más pesados que los del proyecto base y, dado que se ubican próximos al costado de estribor, provocaría un pequeño desplazamiento del centro de gravedad horizontal. Dicho desplazamiento no supone un problema ya que pueden moverse fácilmente tanques y otros equipos a bordo.

Finalmente, la modificación, visualmente resulta prácticamente inalterable. El cambio del motor propulsor diésel por un motor eléctrico sería la reforma más notoria a la vista.

En cualquier caso, sería interesante modelizar el cambio de instalación en un software informático y analizar las variaciones que se produjeran en el centro de gravedad y otras características hidrostáticas.

De forma esquemática, la nueva distribución en cámara de máquinas sería la siguiente:







Optimización estructural, propulsiva y del astillero de construcción de un buque atunero congelador

CUADERNO N^o6

ASTILLERO DE CONSTRUCCIÓN

Álvaro Escámez Conesa

Director: Carlos A. Mascaraque Ramírez



Universidad
Politécnica
de Cartagena





Índice

- 6.1. Introducción**
- 6.2. Lean manufacturing**
 - 6.2.1. Definición**
 - 6.2.2. Referencias del lean**
 - 6.2.3. Estructura Lean**
- 6.3. Metodologías Lean**
 - 6.3.1. Las 5S**
 - 6.3.2. Kanban**
 - 6.3.2.1. Funcionamiento Kanban**
 - 6.3.2.2. Beneficios del sistema Kanban**
 - 6.3.3. Jidoka**
 - 6.3.4. SMED**
 - 6.3.4.1. Etapas del proceso**
 - 6.3.4.2. Ventajas del sistema SMED**
 - 6.3.5. Heijunka**
 - 6.3.5.1. Objetivos de Heijunka**
 - 6.3.6. Just in time**
 - 6.3.6.1. Principios fundamentales del JIT**
- 6.4. Aplicación del Lean Manufacturing sobre el astillero de construcción**
 - 6.4.1. Flujo de trabajo continuo y Takt time**
 - 6.4.2. Diseño orientado a la producción**
 - 6.4.3. Estandarización**
- 6.5. Conclusiones**
- 6.6. Bibliografía**



6.1. Introducción

En la búsqueda de la competitividad de parte de cualquier empresa constituye uno de los puntos más importantes a tener en cuenta por los directivos. A lo largo de este cuaderno, se enfocará la atención en los distintos modelos de producción que buscan dicha competitividad a través de cambios en todos los niveles de la empresa, desde los más bajos a los más altos cargos.

El Lean manufacturing, conforma una elección reforzada, su aplicación y potencial se deben tener en cuenta para cualquier empresa bajo el objetivo de ser una compañía competitiva en un mundo globalizado.

Este sistema posee su origen en el sistema de producción Just in Time (JIT) implantado por la empresa automovilística Toyota, que luego se extendió a otros tipos de industrias.

En resumen, el Lean consiste en un conjunto de métodos que posibilita al material y elementos llegar al lugar indicado, en el momento indicado y sin errores ni defectos, lo que deriva en un flujo continuo de material y una fácil estandarización de los procesos de producción.

La clave del modelo consiste en generar una nueva cultura enfocada a encontrar la manera de aplicar mejoras en la planta de fabricación, tanto a nivel de puesto de trabajo como de línea de fabricación, para lo cual es esencial la colaboración y comunicación entre directivos, mandos y operarios.



6.2. Lean manufacturing

6.2.1. Definición

Las traducciones al castellano de Lean Manufacturing son diversas, tales como, “manufactura esbelta”, “producción limpia” o “producción sin desperdicios”.

EL Lean manufacturing constituye una verdadera filosofía de trabajo, basada en las personas, que busca la manera de optimizar un sistema de producción, enfocándose en un flujo continuo con el fin de aportar el máximo valor para el cliente empleando los mínimos recursos de distinta índole y eliminando todos los procesos que no aporten valor al producto.

Los procesos que no aportan valor al producto se denominan desperdicios, de forma general, se localizan distintos tipos de desperdicios durante la producción como:

Los 7 Desperdicios

- Sobreproducción
- Tiempos de espera
- Transporte
- Exceso de procesado
- Inventarios
- Movimientos
- Defectos/Reparaciones

The diagram illustrates the 7 wastes of Lean Manufacturing with cartoon illustrations and labels:

- Espera**: A worker stands next to a machine with a clock, indicating waiting.
- Sobre Procesamiento**: A worker pushes a shopping cart full of unnecessary items, representing over-processing.
- Sobre Producción**: A worker produces more than needed, shown by a worker with a large stack of finished goods.
- Reparaciones**: A worker is shown repairing a machine, representing defects and rework.
- Inventario**: A worker stands next to a large stack of boxes, representing inventory.
- Transporte**: A worker pushes a cart full of boxes, representing transportation.
- Movimiento**: A worker carries boxes, representing motion.



Los principios básicos del lean manufacturing son:

- ✓ **Calidad perfecta a la primera:** búsqueda de cero defectos, detección y solución de los problemas en su origen.
- ✓ **Minimización del desperdicio:** eliminación de todas las actividades que no son de valor añadido y optimización del uso de los recursos escasos (capital, gente y espacio).
- ✓ **Mejora continua:** reducción de costes, mejora de la calidad, aumento de la productividad y Compartir la información
- ✓ **Procesos "Pull":** los productos se fabrican en respuesta a las solicitudes del cliente final, no empujados por el final de la producción.
- ✓ **Flexibilidad:** producir rápidamente diferentes mezclas de gran variedad de productos, sin sacrificar la eficiencia debido a volúmenes menores de producción.

La filosofía Lean busca continuamente nuevas formas de hacer las cosas de manera más rápida, flexible y económica. Se trata de una cultura de la mejora basada en la comunicación y el trabajo en equipo.

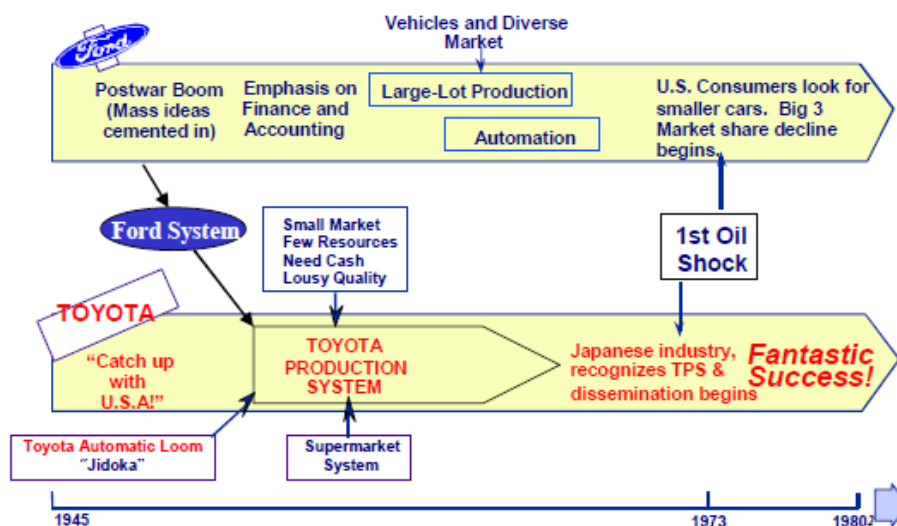
6.2.2. Referencias del lean

El concepto Lean Manufacturing surge a partir del año 1990, es una metodología que deriva de "Toyota Production System", el cual a su vez, tiene sus orígenes en los postulados de Eli Whitney, Henry Ford, Frederick W. Taylor y otros estudiosos.

A partir del siglo XX Henry Ford y Charles E. Sorensen, implantan la primera estrategia global de fabricación. Tomaron todos los elementos de un sistema de fabricación: las personas, las maquinas, las herramientas y los productos, formalizando y metodificando los conceptos de fabricación en serie que se habían empezado a aplicar a finales del siglo XIX, siendo los ejemplos más relevantes la fabricación de misiles o turbinas de barcos.



Los estudios de tiempo y movimiento de Frederick Taylor, en concreto la división del trabajo en función de la habilidad de grupos específicos, permitió que la productividad aumentara enormemente. A principios de siglo el crecimiento y el movimiento fueron masivos en EEUU llegándose a triplicar su población, debido a esto surgió la necesidad de un vehículo de bajo coste. Había un gran mercado con una demanda ilimitada. La respuesta de Henry Ford fue crear el modelo T que consistía en un coche para las masas, para ello, H. Ford introdujo las primeras cadenas de fabricación de automóviles en donde hizo un uso intensivo de la normalización de los productos, la utilización de máquinas para tareas elementales, la simplificación-secuenciación de tareas y recorridos, la sincronización entre procesos, la especialización del trabajo y la formación especializada. Mientras tanto, en Japón, Sakichi Toyota, el que más tarde fuera fundador con su hijo Kiichiro de la Corporación Toyota Motor Company, inventó un dispositivo que detenía el telar cuando se rompía el hilo e indicaba con una señal visual al operador que la maquina necesitaba atención. Este sistema de “automatización con un toque humano” fue una simple y efectiva medida, un único operario se podía controlar varias máquinas, lo que supuso una tremenda mejora de la productividad.





En 1929, Toyota vende los derechos de sus patentes de telares a la empresa británica Platt Brothers para crear la compañía de motores Toyota. Después de la segunda guerra mundial, los japoneses se enfrentaron al grandísimo reto de reconstruir una industria competitiva en un escenario de post-guerra, su objetivo era lograr beneficios de productividad sin recurrir a economías de escala, por ello, empezaron a estudiar los métodos de producción de EEUU, en especial las prácticas productivas de Ford, a el control estadístico de procesos desarrollado por W. Shewart, a las técnicas de calidad de Edwards Deming y Joseph Moses Juran, junto con las desarrolladas en el propio Japón por Kaoru Ishikawa.

A finales de 1949, un colapso de ventas obligó a Toyota a despedir a una gran parte de su personal. El mercado automovilístico comenzó a cambiar, los vehículos fueron adoptando mayor complejidad y cada vez había más tipos de vehículos para servir diferentes necesidades. Con varios modelos fabricándose se estaba haciendo más difícil mantener la producción fluida de manera coordinada, Toyota necesitaba dar un giro rápido a su economía.

Así pues, los objetivos de Toyota cada vez más diferentes a los de las empresas americanas. En vez de economías de escala, buscaron un camino para obtener una alta calidad, un bajo coste con tiempos de espera cortos. Concluyeron que esto solo sería posible suprimiendo los stocks y toda una serie de despilfarros. Toyota asignó a Taiichi Ohno como director de producción, quien estableció las bases del nuevo sistema de gestión Just in time (JIT) también conocido como Toyota Production System (TPS). Las aportaciones de Ohno se complementaron con los trabajos de Shigeo Shingo, también ingeniero industrial de Toyota, que estudió detalladamente la administración científica de Taylor y teorías de tiempos y movimientos de Gilbreth. Se entendió la necesidad de transformar las operaciones productivas en flujos continuos, sin interrupciones, con el fin de proporcionar al cliente únicamente lo que requería, focalizando su interés en la reducción de los tiempos de preparación. Sus primeras aplicaciones se centraron en la reducción radical de los tiempos de cambio de herramientas, creando los fundamentos



del sistema SMED. Al amparo de la filosofía JIT fueron desarrollándose diferentes técnicas como el sistema Kanban, Jidoka, Poka-Yoke que fueron enriqueciendo el sistema Toyota.

Sin embargo, pese a todos estos antecedentes, no es hasta principios de la década de los 90, cuando repentinamente el modelo japonés tiene “un gran eco” en occidente y lo hace a través de la publicación de “La máquina que cambió el mundo” de Womack, Jones y Roos. En esta obra fue donde por primera vez se utilizó la denominación de Lean Manufacturing como un nuevo sistema de producción capaz de combinar eficiencia, flexibilidad y calidad.

Los astilleros japoneses introdujeron la cultura Lean después de la segunda guerra mundial ya que no eran tan productivos como los astilleros líderes de Inglaterra y el norte de Europa. Pero desde 1960 mejoraron su productividad considerablemente mediante un desarrollo completo del enfoque de construcción de bloques estructurales y pre-equipamiento.

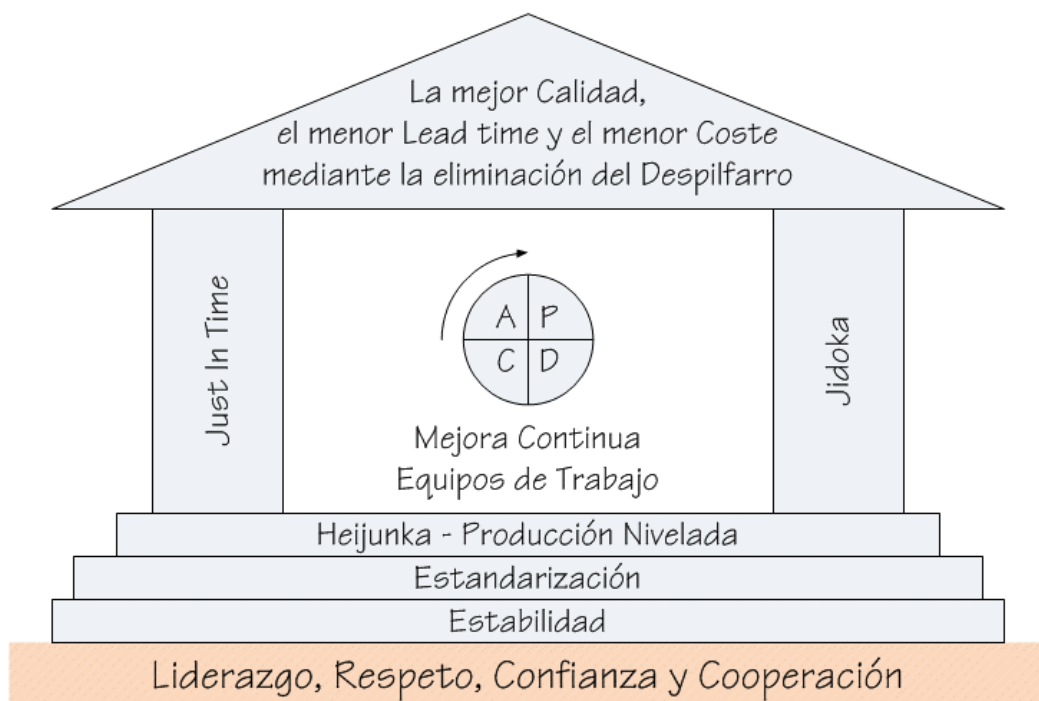
Un factor importante fue la involucración de todos los empleados en el esfuerzo continuo por mejorar. Otros factores importantes fueron la estandarización, fabricar una pieza por línea de trabajo, tener un flujo de trabajo continuo, prestar atención a la eliminación de los desperdicios, tener un grupo tecnológico y piezas familiares, dedicación a líneas de producción provisionales, mejorar continuamente, asignar múltiples tareas para los trabajadores y asignar las 5S para algunos niveles. Por lo tanto, se puede afirmar que los astilleros japoneses se han desarrollado a partir de los principios del Lean Manufacturing adaptándolos y adecuándolos a su situación alcanzando así su excepcional aumento de productividad.



6.2.3. Estructura Lean

El Sistema de Producción de Toyota (Toyota Production System, TPS) se puede representar como una casa como se muestra en la siguiente imagen. Las metas del TPS se ilustran en el tejado: calidad, coste y entrega pasando por acortar el tiempo de producción mediante la eliminación de desperdicios. Esto lleva a centrarse en la calidad del producto haciéndolo bien desde un principio, pudiendo incluso reducir los costes y mejorar la calidad simultáneamente. Esto es, construir con calidad para reducir significativamente los costes.

Toyota descubrió que eliminando los desperdicios que causan el alargamiento del tiempo la calidad mejoraba, ya que cada persona informaba rápidamente de los problemas de calidad y los costes se reducen ya que las ineficiencias son expulsadas del sistema.



Tradicionalmente se recurre a la metáfora de la casa, que representa un tipo de sistema. Sin cimientos y pilares fuertes y consolidados, la casa caerá. Los dos principales pilares del **TPS son Just- In-Time (JIT) y Built-In-Quality (BIQ)**.



Creando un flujo JIT llegaremos a incrementar la calidad. Pero hay que tener cuidado ya que sin los almacenes temporales de la producción masiva y si hay frecuentemente problemas de calidad que interrumpen el flujo de la producción, el sistema JIT fallará.

Los cimientos del sistema lo componen las personas, que deben llevar el sistema a flote respeto, liderazgo e implicación. El término japonés *kaizen* significa literalmente “cambiar para mejorar”. Y sin personas que no estén comprometidas a mejorar el proceso y gestionar para que funcione el sistema de manufacturación lean, la casa tambaleará.

Se debe tener en cuenta que esto es un esquema flexible, una simple aproximación al sistema Lean. Cada empresa debe elaborar su propio plan de implantación, adecuándolo a sus objetivos y estudiando y seleccionando las técnicas que más se adecuan a sus necesidades, preparando al personal para ello e implantándolas paso a paso. Para una buena implantación del sistema Lean Manufacturing es imprescindible tener claro sus principios, la manera de trabajar y pensar:

- ✓ **Calidad perfecta** a la primera, búsqueda de cero defectos, detección y solución de los problemas en su origen de manera que satisfaga las necesidades del cliente por su alta calidad.
- ✓ **La mejora continua** como principio de que “todo puede mejorar” en cada uno de los pasos del proceso como en la producción en sí.
- ✓ **Minimización del desperdicio**, eliminación de todas las actividades que no son de valor añadido y/o optimizar el uso de los recursos.
- ✓ **El flujo** en los pasos del proceso debe ser lo más uniforme posible por lo tanto debe ser continuo, minimizando el despilfarro.
- ✓ **Introducir el sistema Pull**, es decir, producir a demanda del cliente, tratando de dar en todo momento una respuesta rápida a sus peticiones, evitando la sobreproducción y los inventarios.



- ✓ **Flexibilidad**, producir rápidamente gran variedad de productos, sin sacrificar la eficiencia debido a volúmenes menores de producción.
- ✓ **Construcción y mantenimiento** de una relación a largo plazo con los proveedores tomando acuerdos para compartir el riesgo, los costes y la información.

6.3. Metodologías Lean

6.3.1. Las 5 "S"

El método de las 5 "S" es una de las herramientas que incluye el denominado método Toyota. Su nombre proviene de las primeras letras de las palabras japonesas que conforman los cinco puntos a seguir para aumentar el orden y la eficiencia del lugar de trabajo con el objetivo de incidir positivamente en la productividad empresarial. A continuación explicaremos cada una de las fases de esta táctica de éxito aplicada por primera vez la Toyota Motor Corporation:

1. Seiri (clasificación)

El primer paso de la técnica japonesa de las 5 S es la clasificación de todos los objetos y materiales que hay en el lugar de trabajo. Esta acción tiene por objetivo eliminar los elementos innecesarios e identificar aquellos importantes para los procesos de trabajo. En este paso se deberá:

- ✓ Preguntarse qué criterios registrarán la purga de objetos, como su utilidad, frecuencia de uso o cantidad. Para la clasificación puede utilizarse etiquetas de distintos colores, para diferenciar cada tipo de objeto.
- ✓ Los artículos clasificados como innecesarios deberán almacenarse en un área de espera, hasta que el gerente u otra persona autorizada decida qué hacer con ellos: llevarlos a otro departamento dónde se necesiten,





venderlos o desecharlos.

- ✓ El resto de objetos deberán ser clasificados según su frecuencia de uso: aquellos que se usan a diario, los que se usan una vez por semana o mes y los utilizados con menor frecuencia.

2. *Seiton (orden)*

Una vez eliminado o reubicado todo el material de oficina que no era necesario para trabajar, el siguiente paso del método de las 5 "S" tiene que ver con el orden del resto de objetos. Para ello será necesario:



- ✓ Colocar los objetos de oficina que se utilizan cada hora o a diario dentro del espacio al que podamos llegar estirando los brazos.
- ✓ En cambio, disponer los materiales usados una vez por semana o al mes, cerca del lugar de trabajo.
- ✓ Aquellos elementos que se usan con menos frecuencia deberán ubicarse más lejos y así sucesivamente.
- ✓ Asegurar que en todo momento los supervisores y superiores autorizan la reubicación de objetos, así como que los trabajadores estén informados de las nuevas ubicaciones.

3. *Seiso (limpieza)*

La limpieza es una regla indispensable de la metodología de trabajo japonesa, que debe llevarse a cabo diariamente antes de iniciar la jornada laboral y a la hora del cierre. Según esta regla, los mismos trabajadores deben asegurarse de que su lugar de trabajo está limpio en estos dos periodos de tiempo, mientras que un supervisor deberá comprobar que efectivamente se ha llevado a cabo una limpieza adecuada.



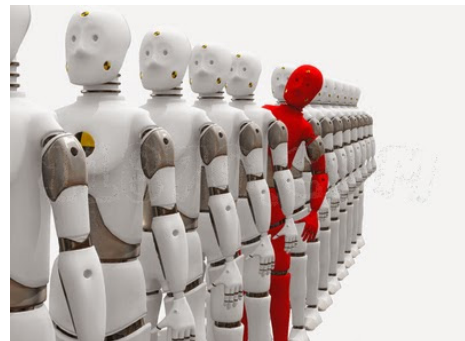


Para ello, deberá desarrollarse un plan para evaluar todos los elementos a limpiar y distribuir responsabilidades. En este sentido, también será necesario identificar los focos de suciedad así como idear nuevas formas de prevenir la suciedad.

4. *Seiketsu (estandarización)*

En la fase de estandarización se pretende que las fases anteriores se conviertan en hábito, de forma que se lleven a cabo naturalmente. Para lograr que las prácticas anteriores se conviertan en un estándar va a ser indispensable:

- ✓ Crear procedimientos para evaluar periódicamente el seguimiento de la clasificación, el orden y la limpieza en el lugar de trabajo.
- ✓ Plasmar la nueva configuración de los objetos, así como las normas que rigen la clasificación y el orden de los mismos, en un documento claro y conciso, visible para todos los trabajadores.
- ✓ Asimismo, se deberá elaborar un documento con el horario, las reglas y las responsabilidades de la limpieza de la organización.
- ✓ Una de las claves para fomentar el cumplimiento y estandarización de las reglas se centra en incentivar la competición entre departamentos de la empresa.



5. *Shitsuke (autodisciplina)*

En la última fase del método Toyota de la 5 S, se trata el comportamiento y actitud adecuada en el trabajo, con el objetivo de asegurar el buen cumplimiento de las 5 "S". A continuación, se mencionan los pasos aconsejados:





- ✓ Los trabajadores deben tratar el lugar de trabajo como si fuera su propia casa e integrara los 5 pasos como una tarea más de su jornada laboral y no como una imposición absurda.
- ✓ Todos los integrantes de la organización deberán velar por el cumplimiento del método, por lo que deberá aplicarse valores como la dedicación, el compromiso y la sinceridad.
- ✓ Los propietarios y gerentes de la empresa deberán participar activamente en el método, dando ejemplo con la puesta en práctica personalmente. Asimismo, deberán incentivar siempre la mejora y la eficiencia exponiendo periódicamente los resultados y evaluaciones de las tareas.

6.3.2. Kanban

El Kanban es un sistema que trata de organizar, de manera fluida, los trabajos de control. También se hace llamar “sistema de tarjetas”, pues en una de sus implementaciones, las usa como señales visuales. Las tarjetas actúan de testigo visual del proceso que se lleva a cabo.

Trata de determinar cuánto se fabrica, hasta cuándo y en que instante cambiar de producto. Este sistema (*Kanban*), se considera un sistema derivado del JIT, por ajustar la producción en el tiempo, cantidad y calidad establecidos.

6.3.2.1. Funcionamiento Kanban

Lleva a cabo una sencilla metodología, basada en los flujos “pull”.

Comienza determinando la cantidad de producto o productos a entregar. En el proceso posterior se retira, del anterior, los elementos que necesita, de modo que solo se producen las piezas retiradas, creando un flujo de materiales entre taller, proveedores y línea de producción.

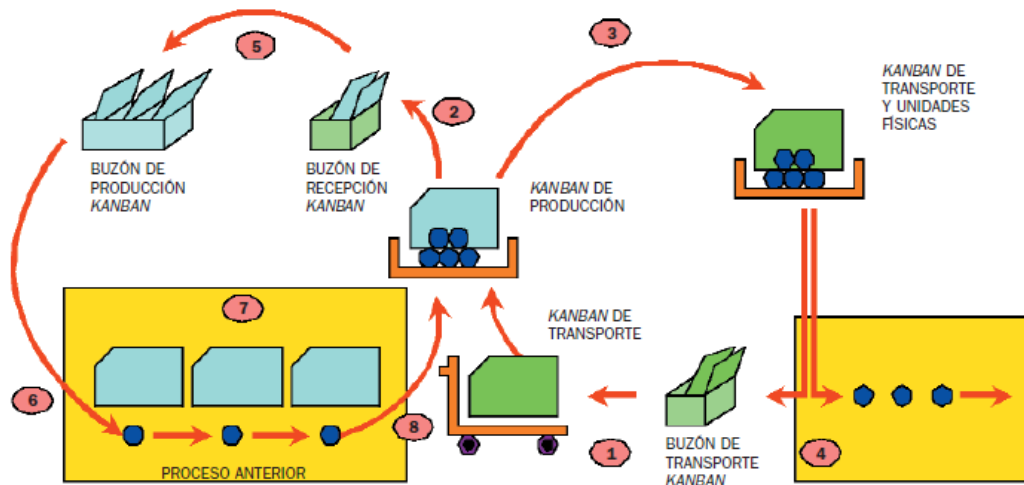



Diagrama de flujos "pull"

Se adjuntan tarjetas a los recipientes que contienen los productos, mediante esto, las tarjetas se convierten en señales de comunicación que guían la producción a lo largo de la línea de trabajo. Después se retiran de los recipientes correspondientes y son actualizadas asegurando la continuidad del proceso.

En dichas tarjetas se adjunta información de distintos tipos como:

- Código de pieza
- Materia prima
- Cantidad a producir
- Lugar de almacenamiento
- Descripción de la pieza



KANBAN 1 de 3 – Tarjeta # 4541612 // Orden de Pedido: 509112			
Aspecto	Número de Parte	5548-041A	Proceso
	Nombre del Producto	Tuerca 3/8" AISI 316L	Ensamble base motor tipo B
	Número de Contenedor	B2-013	
	Capacidad Contenedor	20.000 unidades	Línea
	Embalaje	Bolsa x 2.000 unidades	B2
			

Ejemplo de tarjeta en sistema kanban

6.3.2.2. Beneficios del sistema Kanban

Las principales ventajas que se obtienen a través del método Kanban se resumen como:

1. Prevención de procesos innecesarios
2. Control de las fases del proceso
3. Incentiva el trabajo en equipo
4. Flexibilidad de la producción
5. Aumento en la eficacia de los procesos



6.3.3. Jidoka

El término japonés denominado **Jidoka** toma significado como “automatización por toque humano”. El objetivo busca posibilitar que el proceso sea autónomo, de modo que solo deba intervenir el operario si ocurre algún fallo y que este posea los medios para detener el problema y solucionarlo sin que el fallo se pueda extender a la siguiente etapa de producción. Dado que solo se producirán piezas con cero defectos, se minimiza el número de piezas defectuosas a reparar y la posibilidad de que éstas pasen a etapas posteriores del proceso.

Gracias a este nivel de automatización un mismo operador de planta puede llevar a cabo tareas de supervisión y actuación en varios equipos al mismo tiempo, reduciendo así los excesos de personal y la necesidad de mantener un trabajador a cargo de una única máquina, provocando un aumento del rendimiento productivo.

Este sistema contradice los métodos de actuación tradicionales, en los que solamente un encargado de la planta era autorizado para tomar medidas activas en la línea de producción, mientras el resto de operarios quedaban limitados a actuar de forma pasiva y con continua supervisión del encargado superior. Con este método, el operario corriente posee autorización para actuar directamente sobre el problema detectado en la cadena de producción y trabajar como inspector de calidad.

Otro aspecto primordial de Jidoka afecta a los departamentos de calidad, que tradicionalmente realizaban los controles de calidad sobre el producto ya acabado, eliminándolo si no cumplía los estándares establecidos, ocasionando un despilfarro ya que es el momento más costoso para detectar defectos. Por esta razón este método se enfoca en prevenir los defectos durante el proceso de fabricación y evitar así que dichos errores puedan pasar al siguiente nivel en la línea productiva.

Se focaliza con mayor énfasis en el control de cada proceso que en el producto en sí. Uno de los métodos empleados para evitar los errores es la técnica de Poka-Yoke, que consiste en evitar el fallo, aunque exista error humano, impidiendo el proceso en cuestión de manera eficaz. Son mecanismos a prueba de fallo.



Deben cumplir tres funciones básicas contra los fallos:

- Detenerlos
- Controlarlos
- Avisar de ellos

Para ello parten de la base de que han de ser:

- Duraderos
- Baratos
- Prácticos
- Fácil mantenimiento

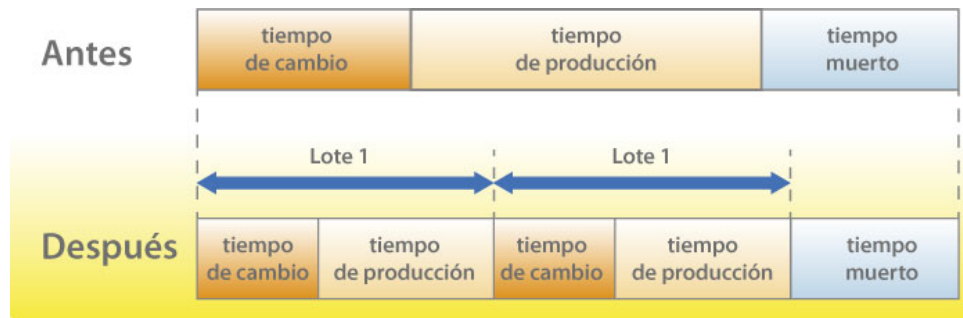
6.3.4. SMED

Atendiendo a las siglas en inglés, **SMED (Single minute Exchange of Dies)**, remite su significado en castellano como: “cambio de herramienta en un solo dígito de minutos”.

Esta metodología se enfoca en obtener el mínimo tiempo de preparación de la máquina que va a realizar cierto proceso. Para conseguirlo, se analiza con precisión como se realiza dicho proceso y aportando cambios que pueden afectar tanto a la máquina, la herramienta o inclusive al producto, cambiando el diseño de este último.

A menudo los cambios pueden resumirse en nuevos mecanismos de posicionamiento rápido, centrado, retirada y anclajes o plantillas. Obtiene resultados tan rápidos y directos como las modificaciones que lleva a cabo.

El objetivo que persigue este método es de gran importancia, pues, si el tiempo de cambio es alto, afecta a la fluidez de la línea de producción, generando la necesidad de un inventario. Si se reduce el tiempo al mínimo posible, haciéndolo insignificante, puede producirse diariamente el total de producto eliminando casi por completo los inventarios.



Ejemplo gestión del tiempo con sistema SMED

Los cambios realizados disminuyen o eliminan la posibilidad de fallos en la preparación de la maquinaria y por tanto evita a su vez posibles errores en materia de seguridad. Los nuevos cambios pueden mejorar los equipos sin necesidad de realizar inversiones en nueva maquinaria, lo que supone una gran ventaja económica y productiva.

6.3.4.1. Etapas del proceso

1ª Etapa

Se resume en la diferenciación entre preparación interna y externa. La primera se realiza estando la maquina en estado de reposo y la última, con la maquinaria en funcionamiento. Normalmente todas las operaciones se realizan como internas, por ello debe quedar clara la clasificación entre los dos tipos de preparación.

2ª Etapa

Trata de detectar y clasificar las tareas externas e internas para posteriormente convertir, cuanto sea posible de la preparación interna en externa por ejemplo : (ajustes de color, mediciones, chequeos, preparación de herramienta).

En esta etapa se deben analizar las labores internas de preparación a través de:

- Reevaluación de las operaciones para comprobar que ninguna se ha catalogado por error.
- Búsqueda de alternativas para la transformación de actividades internas en externas.



Dentro de los cambios también se incluyen las tareas repetitivas o que no añadan valor en sí.

Deben llevarse a cabo las siguientes pautas con el fin de poder convertir la preparación interna en externa y reducir el tiempo de la última:

- ✓ Preparar todos los elementos(herramientas, plantillas, materiales)
- ✓ Realizar el mayor número posible de reglajes externamente
- ✓ Mantener los elementos en perfectas condiciones de uso
- ✓ Utilizar tecnologías que ayuden a la puesta a punto de los procesos
- ✓ Mantener el buen orden y limpieza tanto de las zonas de trabajo como de las zonas de almacenamiento (5S).

3ªEtapa

En la tercera etapa se establecen los métodos para optimizar los aspectos de la preparación externa e interna, analizando exhaustivamente cada uno de ellos.

En las operaciones externas se consigue disminuir el tiempo mejorando la localización, disposición, identificación y clasificación de los materiales y cualquier elemento necesario para el trabajo.

En las operaciones internas que no sea posible su conversión en externas serán objeto de un proceso de mejora continua. Se realizan operaciones de modo paralelo, métodos de utillaje sencillos y rápidos o eliminación de ajustes. Los procesos de ajuste pueden llegar a ocupar un volumen de trabajo equivalente entre un 50% y un 70% de la preparación interna. Para conseguir la optimización de estos procesos se persigue la estandarización de los sistemas de sujeción y la revisión de los tiempos de parametrización y ajuste centrados en un estándar que tenga relación con los parámetros de calidad.



4ª Etapa

Se desarrolla en base a estandarizar el nuevo proceso y mantenerlo activo en el tiempo mediante generación de guías y documentos descriptivos sobre el proceso nuevamente establecido.

6.3.4.2. Ventajas del sistema SMED

Finalmente, se exponen varias de las ventajas derivadas de la implantación de la técnica SMED:

- ✓ Eliminación o reducción de tiempos muertos
- ✓ Aumento del tiempo productivo
- ✓ Aumento de la productividad de la planta
- ✓ Reducción de plazos
- ✓ Reducción de inventarios
- ✓ Optimización y estandarización de procesos
- ✓ Control de calidad simplificado
- ✓ Disminución de la probabilidad de defectos

6.3.5. Heijunka

Otra de las metodologías orientadas a la producción, derivadas de las técnicas “*just in time*” JIT, es *Heijunka*. Esta técnica promueve la elaboración de una producción eficiente y sin discontinuidades, eliminando desniveles en la carga de trabajo. Esta técnica demanda un preciso conocimiento de la cartera de pedidos, y como esta influye en cada uno de los procesos, requiriendo estrictamente las bases de la estandarización y optimización del Jit.

Del termino *Heijunka* se obtiene la expresión “*transformación a un nivel plano*”, derivada de sus silabas “*HEI*”=Plano, “*JUN*”=Nivel y “*KA*”=Transformación.

Esta técnica junto con la reducción de residuos, el *Takt Time* y el *Kanban* constituyen las 4 herramientas fundamentales del *Just In Time*.



Esta práctica se basa, principalmente, en la demanda del cliente, con la finalidad de poder amoldar el volumen y la secuencia de los elementos a producir a dicha demanda evitando así el despilfarro. También requiere, como base, el apoyo de otras metodologías como SMED, adaptabilidad de los medios de producción y capacidad de los trabajadores para producir distintos elementos.

6.3.5.1. Objetivos de Heijunka

Heijunka persigue los siguientes objetivos:

- ✓ Atenuar, mediante producción de pequeños lotes, distintos modelos en la misma cadena, las oscilaciones de demanda.
- ✓ Optimizar los recursos humanos, estabilizando la plantilla de la compañía al establecer una producción a un solo nivel.
- ✓ Minimizar inventarios ya que se produce en pequeños lotes.
- ✓ Aumento de la adaptabilidad de la planta ante pequeños cambios.
- ✓ Minimizar despilfarros.
- ✓ Reducción de los tiempos de espera

6.3.6. Just In Time "JIT"

Las siglas JIT corresponden con las iniciales de Just In Time que en castellano podría equivaler a la expresión Justo A Tiempo.

La filosofía base de esta técnica radica en:

“El principal objetivo para ser competitivo es que se compre o se produzca el número de unidades que se necesite en el momento en que hay que satisfacer la demanda del material o del producto”.

Las máximas JIT, desembocan en un trato inmediato, en el momento preciso, en la cantidad especificada, elaborando el producto con la máxima calidad y mediante procesos de elaboración que demanden la mínima materia prima, el mínimo inventario y estén exentos, en la medida de lo posible, de cualquier despilfarro.



Consiste en una verdadera filosofía basa en un proceso de mejora continua. Esta filosofía busca eliminar todo proceso que no añada valor al producto y que sea una fuente de gasto innecesaria.

El JIT se basa en dos estrategias:

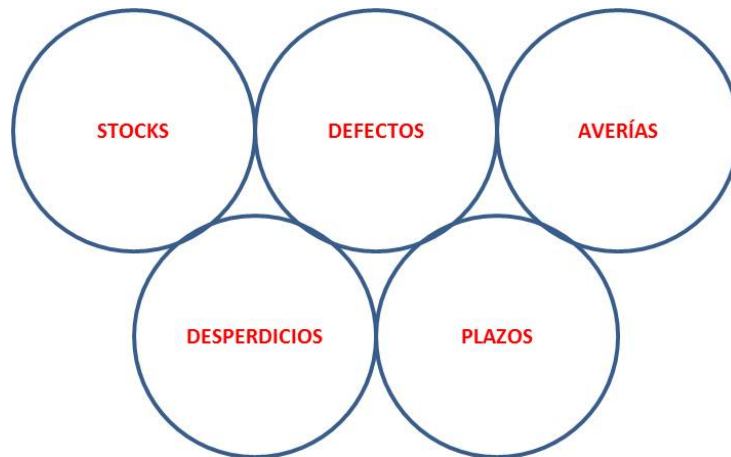
- Eliminar actividades y gastos que no aporten valor, requiriendo del mínimo personal, materia prima, espacio y tiempo.
- Producir las cantidades ajustadas a la demanda, en el momento requerido y con la máxima calidad posible.

Todo aquello que aborde en algo distinto al empleo mínimo de recursos (personal, maquinaria, espacio, material), se concibe como un desperdicio.

Los objetivos primordiales para conseguir la implementación del JIT se basan en la llamada **“Teoría de los cinco ceros”**.

Los cinco ceros son:

1. **Cero defectos.** La calidad bajo la filosofía JIT significa un proceso de producción sin defectos en el que la calidad se incorpora al producto cuando se fabrica.
2. **Cero averías.** Es decir, cero tiempo inoperativo. Se evita cualquier retraso por fallos en los equipos durante las horas de trabajo.
3. **Cero stocks.** La filosofía JIT lucha contra cualquier política de empresa que implique mantener altos inventarios al considerar los inventarios como el derroche más dañino.
4. **Cero plazos.** Elimina al máximo todos los tiempos no directamente indispensables, en particular los tiempos de espera, de preparación y de tránsito.
5. **Cero papel.** O cero burocracia. El JIT en su lucha por la sencillez y eliminación de costes superfluos entabla una batalla permanente contra la burocracia de la empresa.



6.3.6.1. Principios fundamentales del JIT

Los principios fundamentales en los que se centra la metodología de JIT se resumen como:

1. Atacar los problemas fundamentales
2. Eliminar despilfarros
3. Simplicidad/estandarizar
4. Sistema para identificar problemas
5. Relación cliente/proveedor
6. Vínculos con los proveedores y clientes

Atacar los problemas fundamentales.

Como problemas principales, desde el punto de vista de JIT, se identifica la gestión de inventarios, cuya tendencia deberá ir a la baja y finalmente a cero, pues un nivel alto de stock provoca un coste a la empresa y además puede ocultar otro tipo de problemas de la misma.



Eliminar despilfarros

Como ya se conoce, se denomina despilfarro a cualquier elemento o proceso que no aporte valor al producto. . Por ejemplo, el enfoque tradicional inspecciona las piezas para detectar defectos y rechazarlas. Con este enfoque se pierde el tiempo con la inspección, y que se descubren los fallos después de haber fabricado las piezas con lo cual hay que rechazarlas en su totalidad o reprocesarlas para eliminar los defectos, ambas soluciones muy caras. En el sistema JIT el énfasis se pone en hacerlo bien a la primera, fabricar bien no es más caro que fabricar mal.

Simplicidad

EL flujo de materiales y el control constituye la primera etapa del camino a la simplicidad. El JIT busca soluciones simples, efectivas y eficaces.

Sistema para identificar problemas

La simplificación puede mostrar problemas que antes quedaban ocultos. En muchas empresas se demostró que tenían proveedores poco fiables, problemas de calidad y procesos con cuellos de botella, gracias a la implementación de sistemas como el Kanban.

Relación cliente/proveedor

Las relaciones con tanto con los clientes como con los proveedores son de vital importancia ya que pueden establecer vías de actuación o generar una planificación a corto o medio plazo que ayude a conocer las intenciones futuras de proveedores y clientes y con ello prever las posibles fluctuaciones que puedan afectar a la producción

Un ejemplo puede ser, tomar medidas para mejorar la calidad de los componentes de un proveedor, reduciendo las medidas de inspección que habrá que tomar a la llegada de equipos a la empresa y garantiza que la mejor calidad de los componentes se refleje en la calidad final del producto (beneficio para el cliente).



Vínculos con proveedores y clientes

En general se recomienda que, de ser posible se tenga un solo proveedor, que suministre los componentes de una misma “familia”. Se trata de aumentar el volumen del proveedor, y disminuir el número de proveedores. Se estimula al proveedor para que haga inversiones y se pueden hacer contratos a largo plazo.

El objetivo principal de los vínculos con los clientes es poder mejorar la respuesta del JIT a las fluctuaciones del mercado. Un ejemplo podría consistir en un pedido firme que se demande con tiempo suficiente para posibilitar el éxito en plazos y fechas de entrega y de esta forma reducir costes que pueden afectar al cliente.

6.4. Aplicación del Lean Manufacturing sobre el astillero de construcción

El comienzo de la aplicación del sistema Lean manufacturing, se llevará a cabo de manera parcial, esto es, se implementarán procesos característicos de este sistema de manera ordenada y, en ningún momento se pretenderá cambiar de manera integral todos los procesos que se lleven a cabo dentro del astillero de forma conjunta, pues esta situación sería totalmente inapropiada dado que conllevaría a un colapso del sistema de producción del astillero y una enorme confusión de los trabajadores y operarios.

Como indica la filosofía “Lean”, los cambios son progresivos, se trata de introducir una nueva forma de pensamiento, un conocimiento que forma parte de todo el equipo de la empresa, tanto del equipo operativo como el equipo directivo.

Dicho esto, este estudio pretende indicar las pautas básicas para el comienzo de la implantación del sistema “Lean”, ofrecer una hoja de ruta consiguiendo los primeros cambios que conducirán, en el futuro, a una implantación lo más completa posible de este sistema en el astillero de construcción.



6.4.1. Flujo de trabajo continuo y Takt time

Como primera medida, se promueve el cambio del tipo de flujos de materiales y de trabajo. Se trata de implantar un flujo continuo de piezas y procesos, con el objetivo de eliminar “desperdicios”, es decir, operaciones que no añadan valor al producto.

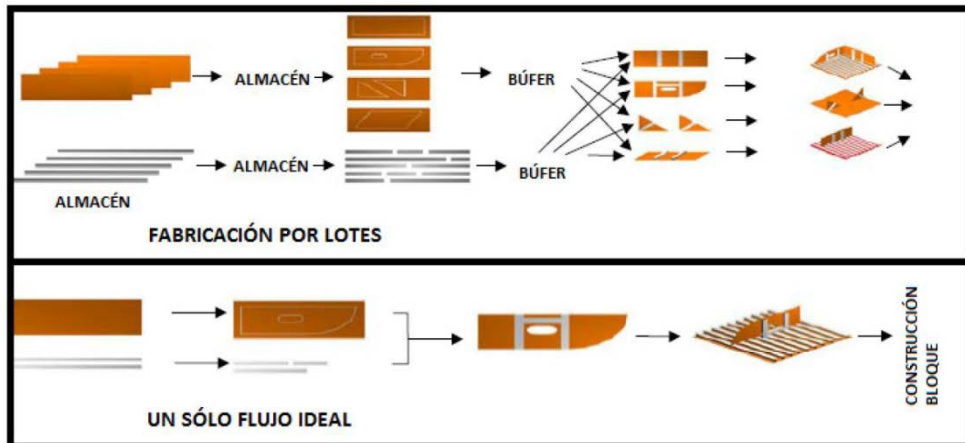
Una de las ventajas es la disminución o eliminación de inventarios, menor espacio necesario para la planta, lo que se traduce como un menor coste directo.

Esto implica el aumento del rendimiento de los equipos y los operarios dado que se produce una mayor utilización de los mismos y se requieren estrategias de planificación simplificadas, estableciendo claramente los objetivos que deben llevarse a cabo y como.

El flujo continuo pretende que los distintos componentes que conforman un bloque o conjunto de piezas ensambladas, realicen su recorrido por el proceso productivo sin paradas, de forma constante y continua. Para ello, las piezas siguen el flujo correspondiente sin detenerse en los inventarios y ser almacenadas durante un tiempo ya que esto no incorpora ningún valor añadido al producto y se generan costes de tiempo y dinero.

En el entorno del astillero, se propone un flujo único de producción, prácticamente, todos los componentes siguen la misma línea de procesos. Hay unidades que, por su naturaleza, deberán saltar de una etapa a otra sin ser estas consecutivas. Se ha de destacar que estos saltos se llevarán a cabo en minoría respecto al resto de procesos.

Partiendo de la clásica fabricación en masa, (producción de chapas rectas o curvadas y posterior almacenamiento) se insta a seguir el método de flujo continuo implantado en astilleros japoneses. En la siguiente ilustración puede verse la diferencia entre ambas organizaciones productivas.



Fabricación por lotes frente a flujo único

En un entorno de fabricación por lotes, algunas planchas destinadas a un bloque se cortan sin prestar atención a las formas de corte finalmente requeridas, obligando a almacenar y clasificar estas planchas de cara al corte final, provocando extensos inventarios y tiempos muertos. Una vez se procede al corte final, es necesario de nuevo, el transporte de las planchas previamente almacenadas, para luego llevarlas a la nave de montaje. Todos los movimientos de material requeridos no aportan ningún valor directo ni indirecto al producto final (el buque), son “desperdicios”.

En la zona inferior de la imagen, se obtienen los materiales necesarios para comenzar el proceso, se realiza el corte exacto requerido, posteriormente, pasan a su sub-ensamblaje y finalmente al montaje del boque en cuestión. Durante este proceso se focaliza la atención en los materiales que están en el proceso correspondiente y se llevan hasta su etapa final sin interrumpir el flujo ni ser clasificados y almacenados provocando pérdidas de tiempo y espacio en transportes. En el caso de no poder llevar a cabo este tipo de procedimiento, se debe reducir el tamaño del lote en cuestión.

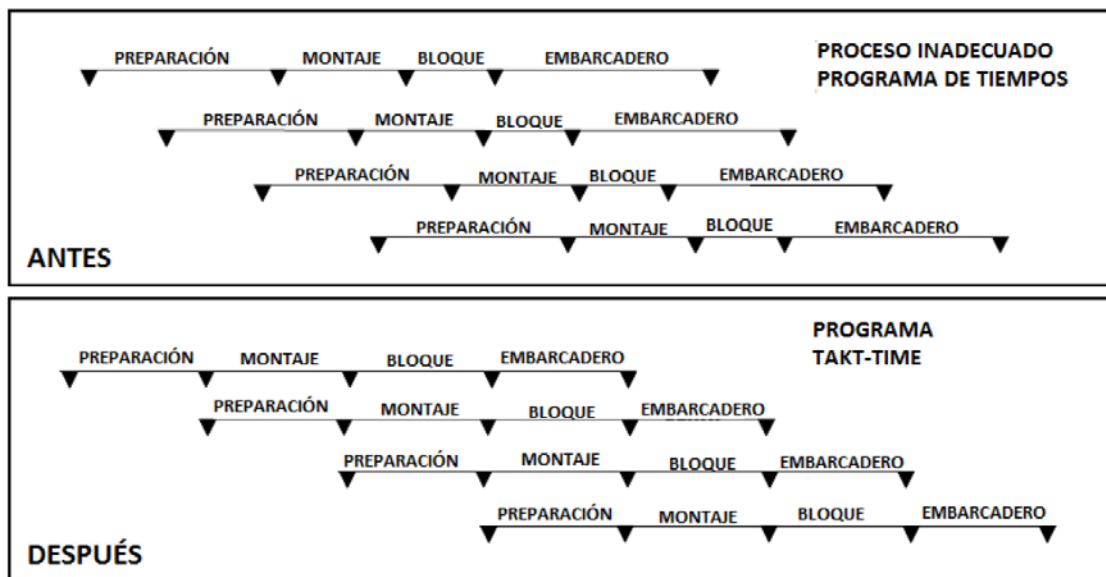


Takt Time

Se define como el ritmo de producción del bien que se está fabricando, es decir, el ciclo de tiempo necesario para producir. El objetivo es igualar el ritmo de producción actual al *Takt time*. Ir por detrás del *Takt time* implica que hay desperdicio en el proceso, mientras que ir más rápido que este, generará un inventario en el sistema.



A modo de ejemplo, en la siguiente imagen se muestra el programa de tiempos *Takt time* para la construcción de un buque:



Adecuación de la producción al Takt time en astillero



6.4.2. Diseño orientado a la producción

El diseño orientado a la producción se basa en desarrollar todas y cada una de las fases del diseño, teniendo en cuenta la fabricación de la pieza. Esto es, teniendo en cuenta el proceso de montaje, pruebas, inspección, facilitando la siguiente etapa del proceso.

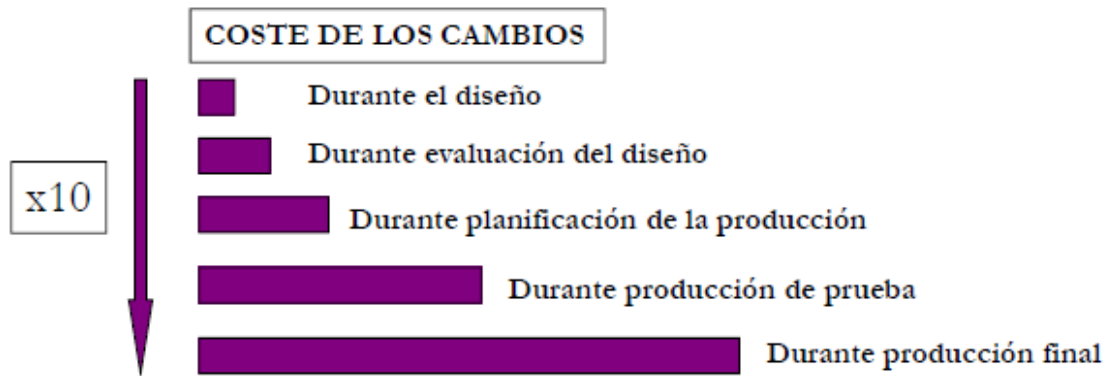
Favorece la reducción de costes y el tiempo de cada etapa del proceso de producción, ya que cada una de ellas ha sido facilitada, previamente, cuando el producto estaba en fase de diseño.

Este tipo de actuación, además, permite el acercamiento al tiempo de ejecución del *Takt time*, reduciendo los “desperdicios” presentes en la línea productiva.

Llevando a cabo esta actuación, se permite:

- ✓ Reducción de costes y tiempos
- ✓ Transición diseño-fabricación suave y rápida
- ✓ Aumento de calidad
- ✓ Eliminación de problemas de fabricación
- ✓ Mejora de la productividad

Cada cambio en el producto, desde el diseño hasta su producción final, supone un coste adicional que se multiplica proporcionalmente en función de la etapa en la que se realice dicho cambio. De este modo, cuanto más avanzada sea la etapa en la que se realiza el cambio, mayor coste supondrá. En teoría, la diferencia del coste generado por un cambio en el producto entre una etapa y la siguiente se multiplica por 10. Esto no siempre es válido, ya que la naturaleza de la modificación incide de manera directa en el coste generado. Este incremento del coste, en función de la etapa en la que se produce se plasma en la siguiente imagen de forma esquemática:



Aumento del coste en función de la etapa en la que se realizan los cambios

Con el diseño orientado a la producción, se busca poder realizar todas las modificaciones del producto durante la fase de diseño, etapa en la que los costes económicos y temporales resultan menores que en etapas posteriores de la línea de producción, en las cuales, incluso, el sobrecoste o la dificultad de realizar la modificación pertinente pueden poner en riesgo un proyecto e incluso la estabilidad de la compañía encargada del desarrollo del mismo.

6.4.3. Estandarización

Mediante la estandarización de procesos se consigue un procedimiento único y óptimo de las tareas. De este modo, cada una de las tareas se realizarán de forma exacta a la vez anterior, asegurando la calidad y minimizando los posibles errores que puedan darse durante las operaciones.

La estandarización es el punto base del que parte el proceso de mejora continua. En primer lugar, se establecen las subtareas a llevar a cabo para cumplir una determinada operación. Posteriormente se analiza detenidamente todo el proceso para mejorarlo.

En resumen, se crea el estándar y posteriormente se busca su mejora continua. Se evidencia la mejora tras el estudio y se estandariza el método una vez demostrada su eficacia. La mejora continua consiste en la repetición de este proceso.



Gracias a la estandarización, se establece la referencia para analizar las tareas y justificar las mejoras.

La creación y mejora de estándares proporciona ventajas como:

- Asegura la calidad de los productos
- Aumenta la seguridad de las personas
- Mantiene los costes bajo control
- Reduce el desperdicio
- Facilita la mejora continua

Los principales rasgos que conforman un estándar se resumen en:

1. Descripción simple y clarificada de las tareas
2. Garantizar el cumplimiento de cada una de las subtareas
3. Considerar cada punto de partida para mejoras en el futuro

La estandarización en el entorno de fabricación japonés se ha convertido en el punto de partida y la culminación de la mejora continua y, probablemente, en la principal herramienta del éxito de su sistema.



6.5. Conclusiones

Con la implementación de las herramientas *Lean* descritas durante este cuaderno, se consigue posicionar, al astillero encargado de la construcción del buque, en un marco altamente competitivo y en un proceso de mejora continua, con el objetivo de seguir una tendencia al alza en competencias e innovación.

El flujo continuo y el diseño orientado a la producción consiguen la mejora de la producción y la disminución de los desperdicios, cumpliendo con la filosofía dictada por el método *Lean Manufacturing*.



6.6. Bibliografía

- <http://www.gambarmemek.online/toyota/toyota-production-system.html>
- <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/>
- <http://www.iebschool.com/blog/metodo-de-las-5-s-agile-scrum/>
- <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/kanban/>
- Shingō, Shigeo (1989). A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint. Productivity Press. p. 228. ISBN 0915299178.
- Para Conesa, Juan Eugenio; Apuntes de la asignatura 'Procesos de fabricación y montaje'
- Madariaga Neto, Francisco Lean Manufacturing, Bubok Publishing, 2013
- Alvariño castro, Ricardo; Azpíroz, Juan Jose; Meizoso Fernández, Manuel; "El proyecto básico del buque mercante" (1997)
- Martínez Martínez, Aurora; Apuntes de la asignatura 'Economía y gestión de empresas'
- Guide To The Project Management Body Of Knowledge (PMBOK Guides). Project Management Institute. 2004



*Optimización estructural, propulsiva y del astillero de
construcción de un buque atunero congelador*

CUADERNO N^o7 PRESUPUESTO

Álvaro Escámez Conesa

Director: Carlos A. Mascaraque Ramírez



Universidad
Politécnica
de Cartagena





Índice

7.1. Presupuesto

7.1.1. Introducción

7.1.2. (100) Estructura del buque

7.1.3. (200) Planta propulsora

7.1.4. (300) Planta eléctrica

7.1.5. (400) Comunicación y control

7.1.6. (500) Servicios auxiliares

7.1.7. (600) Equipo y habilitación

7.1.8. (700) Armamento

7.1.9. (800) Servicios técnicos

7.1.10. (900) Apoyo al buque durante la construcción

7.1.11. Personal dedicado a la obra

7.1.12. Conclusión del presupuesto

7.2. Planificación temporal

7.2.1. Planificación temporal del proyecto base

7.2.2. Planificación temporal del proyecto optimizado

7.3. Bibliografía



7.1. Presupuesto

En cualquier proyecto, la correcta formulación del presupuesto es uno de los factores más importantes a tener en cuenta, puesto que, en función de este, se decidirá el éxito o el fracaso del nuevo estudio. Para obtener un resultado exitoso se pretende alcanzar un presupuesto lo más ajustado posible para dotar al producto de una alta competitividad y, además, a la propia empresa que desempeña el trabajo.

Para elaborar el presupuesto, se dividen las partidas de costes en distintos bloques o conceptos, según el origen de los elementos a presupuestar.



7.1.1. Introducción

Los conceptos en los que se clasifican los elementos a presupuestar son los siguientes:

- ✓ 100 ESTRUCTURA DEL CASCO
- ✓ 200 PLANTA PROPULSORA
- ✓ 300 PLANTA ELÉCTRICA
- ✓ 400 COMUNICACIÓN Y SERVICIOS
- ✓ 500 SERVICIOS AUXILIARES
- ✓ 600 EQUIPO Y HABILITACIÓN
- ✓ 700 ARMAMENTO (No procede)
- ✓ 800 SERVICIOS TÉCNICOS
- ✓ 900 APOYO AL BUQUE DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

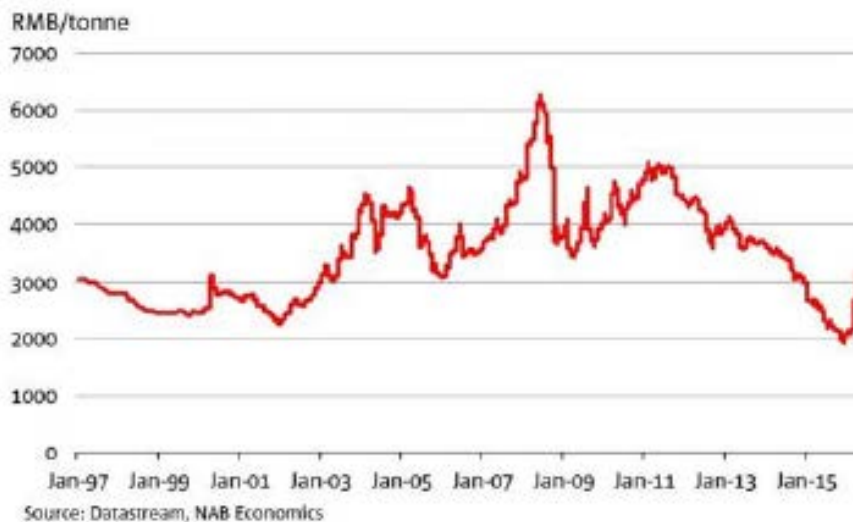
Aparte de estos, se incluirán los costes derivados de la mano de obra y los trabajos de ingeniería dedicados al proyecto.

A lo largo de este cuaderno se realizará una comparativa de presupuesto entre el buque base y el buque optimizado con el fin de comprobar si las modificaciones estudiadas resultarán viables económicamente.



7.1.2. (100) Estructura del buque

Se incluyen en este concepto, el coste del acero del casco, el de la mano de obra para su adecuación, el coste de la pintura, preparación de superficies y su aplicación y materiales auxiliares. Se incluyen los apéndices como el timón.



El coste del acero se estima en unos 512 €/ton, puesto que, según la biografía consultada, el precio del acero en 1997 era de aproximadamente 85.000 ptas./ton y dicho valor difiere muy poco con el actual observando el histórico de precios de los últimos 10 años.

Para el cálculo del acero necesario se tomará como dato el peso del acero continuo del buque base y, para el buque optimizado, el peso de acero será el mismo que el del buque base, incrementado en un 2% debido a las modificaciones estructurales realizadas en el cuaderno nº2. Como se observará, este incremento supone un aumento del coste muy pequeño ya que solo se modificaron las planchas, y el resto de elementos permanece inalterable.



- **Acero laminado**

El coste del acero laminado se estima a través de la siguiente ecuación:

$$C_{AL} = WST \cdot ps \cdot cas \cdot ccs$$

Donde:

WST es el peso de acero

ps, precio unitario del acero (acero de calidad A)

cas, coeficiente de aprovechamiento del acero (1.08-1.15, según el tamaño del buque)

ccs, coeficiente de coste ponderado de las distintas calidades de acero del buque, chapas y perfiles (1.05-1.1)

- **Piezas fundidas y forjadas**

El coste de las piezas fundidas y forjadas se determina:

$$C_{FF} = 4 \cdot L \cdot H$$

- **Timones y accesorios**

$$C = 2 \cdot 40 \cdot L_T^2 \cdot H_T$$

- **Materiales auxiliares de construcción del casco**

Por cada tonelada de acero se estiman 50€

$$C_{aux} = 50 \cdot WST$$



- **Preparación de superficies**

Los trabajos de imprimación y granallado se estiman en un coste de 12€/m² de superficie

- **Pintura y control de corrosión**

Hay que destacar dos subconceptos:

- Pintado del casco: para la obra viva se tiene un coste de 20€/m² y 5€/m² para la obra muerta.
- Pintado de tuberías: el coste derivado se estima a través de:

$$C_{pt} = 0.18 \cdot (0.057 \cdot BHP + 0.18 \cdot L) \cdot K$$

Donde K es un factor dependiente del tipo de pintura, en este caso se trata de pintura Zinc-epoxi, K=4.8. BHP corresponde a la potencia instalada en cada caso

	BHP (kW)
Buque Base	3765,78
Buque optimizado	4101,35

- Galvanizado y cementado: supone un 7% del coste total del pintado del casco
- Protección catódica: se emplean ánodos de sacrificio con un coste aproximado de:

$$C_{pc} = 1.55 \cdot S_m$$



Agrupando todas las partidas estructurales se obtiene:

100 - ESTRUCTURA DEL CASCO

	Buque base	Buque optimizado
Acero laminado	631,786	644,422
Piezas fundidas y forjadas	2,481	2,481
Timones y accesorios	3,111	3,111
Materiales auxiliares de construcción del casco	50,990	52,010
Preparación de superficies	90,952	90,952
Pintura y control de corrosión	65,776	65,799
Coste Pintado del Buque	59,175.85	59,175.85
Coste Pintura de Tuberías	259.48	281.64
Galvanizado y cementado	4,142.31	4,142.31
Protección catódica	2198.83	2198.83
	845,097 €	858,775 €

Como queda reflejado, el coste en concepto de estructura del casco crece tras las modificaciones estructurales.

7.1.3. (200) Planta propulsora

En este concepto se detalla el coste de todos los motores y elementos pertenecientes al servicio de propulsión del buque.

- Motor propulsor

El coste del motor propulsor diésel se estima según:

$$CMD = cmd \cdot N_c^{0.85} \cdot DIA^{2.2} / RPM^{0.75}$$

Donde:

cmd: coef. coste del motor diésel

N_c: Número de cilindros

DIA: diámetro de los cilindros

rpm: revoluciones por min del motor



El buque base dispone de 1 motor diésel dedicado a la propulsión y, además, un motor eléctrico de pequeña potencia empleado para hélice de maniobra en proa, este último se tendrá en cuenta en el concepto (500) Servicios Auxiliares.

En el buque optimizado, la planta propulsora se modifica, eliminando el motor propulsor diésel y sustituyendo este por un motor propulsor eléctrico.

Para estimar el coste del motor propulsor eléctrico se emplea la siguiente formulación:

$$C_{ME} = c_{me} \cdot (kW/rpm)^{2/3}$$

Donde:

cme: coef. coste de los motores eléctricos

kW: potencia eléctrica entregada

rpm: revoluciones por min del motor

- **Línea de ejes**

- Acoplamientos y embragues

$$C_{ae} = c_{acop} \cdot n \cdot BHP/RPM$$

Donde:

cacop: coef. coste de los acoplamientos elásticos

n: número de motores

- Reductor

$$C_{red} = n \cdot c_{red} \cdot Pr^{0.5}$$

Donde:

cred: coef. coste del reductor

n: número de motores

Pr: peso del reductor



Cabe destacar que en el buque optimizado no se dispondrá de reductor, ya que la transmisión será eléctrica.

- Eje y chumacera

-

Su coste se estima como:

$$C_{ec} = 3.6 \cdot n \cdot BHP$$

- Bocina y cierres

$$C_{bc} = 7.515 \cdot n \cdot BHP^{0.85}$$

- Frenos y torsiómetros: se estiman en 12.700€

- Hélice propulsora

El coste de la hélice propulsora se estima en función de la potencia instalada según:

$$C_H = 450 \cdot BHP^{0.7}$$



Reuniendo todas las partidas para la planta de propulsión, este concepto queda:

200 - PLANTA PROPULSORA		
	Buque base	Buque optimizado
Motores Propulsores		
Motor Diésel	1,000,094	0
Motores Eléctricos	0	184,440
Línea de ejes		
Acoplamientos y embragues	8,417	13,750
Reductores	79,057	0
Ejes y Chumaceras	19,190	18,700
Bocinas y Cierres	10,681	11,485
Frenos y Torsiómetros	12,700	12.700
Hélices Propulsoras	156,446	166,079
Resto Planta Propulsora	66,908	80
	1,353,492 €	474,062 €

Nótese la gran reducción del coste al realizar el cambio de propulsión, eliminar el motor diésel, el reductor y la modificación de la línea de ejes.



7.1.4. (300) Planta eléctrica

Las partidas de la planta eléctrica se dividen en, generadores eléctricos principales, generador de emergencia e instalación de cuadros eléctricos.

- **Grupos diésel-generadores**

Para cada uno de los generadores, su coste se estima mediante:

$$C_{DG} = c_{ge} \cdot D^{2.2} \cdot N_c^{0.8} / RPM + cal \cdot (kWe / RPM)^{2/3}$$

Donde:

cge: coef. coste del grupo electrógeno

D: diámetro del pistón

Nc: número de cilindros

cal: coef. coste del alternador

kWe: potencia efectiva

rpm: revoluciones por min del motor

- **Generador de emergencia:** su coste se deriva de la misma forma que los grupos principales.
- **Instalación eléctrica**

El coste de cuadros eléctricos, cables y demás elementos se aproxima como:

$$C_{IE} = cie \cdot kW^{0.77}$$



El coste total de la planta de generación eléctrica resulta:

300 - PLANTA ELÉCTRICA

	Buque base	Buque optimizado
Grupos Electrógenos	886,785	1,485,771
Grupo de Emergencia	58,410	76,494
Instalación Eléctrica	257,425	478,011
	1,202,620 €	2,040,276 €

El coste de la planta eléctrica tras la optimización del buque asciende muy notablemente, ya que tanto la planta propulsora como la planta de generación de energía eléctrica se abastecen a través de los diésel-generadores instalados.

7.1.5. (400) Comunicación y control

Dentro de este concepto, los costes serán exactamente los mismos para el buque base y el buque optimizado ya que no se realizan modificaciones en este ámbito. Las partidas se resumen en, equipo de navegación, equipos auxiliares de navegación, comunicaciones externas GMDSS y comunicaciones internas. Ya que se trata de un buque pesquero no llevará a bordo ningún tipo de sistema de combate.

400 - COMUNICACIONES Y CONTROL

	Buque base	Buque optimizado
Equipo de Navegación	30,000	30,000
Equipos auxiliares de Navegación	2,400	2,400
Comunicaciones externas GMDSS	5,000	5,000
Comunicaciones Internas	2,000	2,000
	39,400 €	39,400 €

El coste de los equipos auxiliares de navegación se estiman en un 8% del coste de los equipos de navegación principales.



7.1.6. (500) Servicios auxiliares

Dentro de los servicios auxiliares se encuentran incluidos los equipos de fondeo y amarre, salvamento, contraincendios, tuberías, equipos sanitarios, estabilización y maniobra, servomotor y el resto de servicios auxiliares.

- **Equipo de fondeo y amarre**

Se usarán los datos del buque base ya que no se realiza ninguna modificación en este aspecto.

- Anclas

$$C_a = n \cdot \text{peso} \cdot \text{ctn}$$

Donde:

n : número de anclas

ctn : precio por tonelada

- Cadenas, cables y estachas

$$CC = 0.15 \cdot k \cdot d^2 \cdot Lc$$

Donde:

k : coeficiente coste del acero

d : diámetro de la cadena

Lc : longitud de la cadena

- Equipos de fondeo y amarre

$$C_f = e^{3.1} \cdot 6 \cdot (L \cdot (B + H))^{0.815}$$

Donde:

L : eslora

B : manga

H : puntal hasta la cubierta principal



- Toldos, fundas y accesorios de estiba

$$C_{acc} = 40 \cdot (L \cdot (B + H))^{0.68}$$

- Medios de salvamento

Balsas salvavidas, aros, chalecos y lanzacabos. En este caso se dispone de un total de 2 balsas de 20 plazas.

- Botes salvavidas

$$C_{bs} = K_b \cdot N^{1/3}$$

Donde:

K_b : coef. balsas

D : diámetro del pistón

N : número de personas de capacidad de las balsas

- Aros, chalecos y lanzacabos

$$C_{a,c} = 2500 + 30 \cdot N$$

Donde N es el número de personas a bordo (32)

- Medios contraincendios cámara de maquinas

$$C_{ci} = 8.4 \cdot L_m \cdot B \cdot H_m$$

Donde:

L_m : eslora de la cámara de máquinas

B : manga

H_m : puntal de la cámara de máquinas



- **Tuberías**

$$Ct = 2705 \cdot (0.015 \cdot Lm \cdot Hm \cdot B + 0.018 \cdot L) + K \cdot BHP + 1.5 \cdot (3 \cdot Lm \cdot Dm \cdot B + 4 \cdot Sh)$$

Donde:

Lm: eslora de la cámara de máquinas

Hm: puntal de la cámara de máquinas

B: manga

L: eslora

K: factor de combustible

BHP: Potencia propulsora instalada

Sh: superficie de habilitación

- **Equipos sanitarios**

Aquí se agrupan, la generación de agua dulce, grupos hidróforo y la planta de aguas grises.

- Generación de agua dulce

$$Cad = c_{gad} \cdot Q_{ad}$$

Donde:

c_{gad}: coef. coste de generación agua dulce por tonelada

Q_{ad}: toneladas de agua dulce producidas al día

- Grupos hidróforos

$$C_{gh} = c_{gh} \cdot N^{0.5}$$

Donde:

c_{gh}: coef. coste de grupos hidróforos

N: número de personas que pernoctan a bordo



- Tratamiento de aguas fecales

$$Cas = ctas \cdot N^{0.5}$$

Donde:

ctas: coef. coste de la planta tratamiento de aguas sucias

N: número de personas que pernoctan a bordo

- Sistemas de Estabilización y auxiliares maniobra

Este buque no posee aletas estabilizadoras, solamente dispone de una hélice de maniobra situada en la proa.

- Hélice transversal de proa

$$CHT = cht \cdot BHP_t^{0.73}$$

Donde:

cht: coef. coste hélice transversal

BHPt: potencia de la hélice transversal

- Servomotor

$$Cs = 3700 \cdot M^{2/3}$$

M, indica el momento torsor necesario

Agrupando todas las partidas, el concepto de Servicios auxiliares se presupuesta según la siguiente tabla:



500 - SERVICIOS AUXILIARES

	Buque base	Buque optimizado
Equipo de Fondeo y Amarre		
Anclas	13,050	13,050
Cadenas, cables y estachas	35,509	35,509
Equipos de fondeo y amarre	53,585	53,585
Toldos, fundas y accesorios de estiba de respetos	5,959	5,959
Medios de Salvamento	6,635	6,635
Balsas Salvavidas	3,175	3,175
Aros, chalecos, lanzacabos, etc.	3,460	3,460
Medios Contraincendios Cámara de Máquinas	9,391	9,391
Tuberías	128,503	131,203
Equipos Sanitarios	36,370	36,370
Generador de agua dulce	17,400	17,400
Grupos hidróforos	3,130	3,130
Planta tratamiento de aguas sucias	15,839	15,839
Sistema de Estabilización y Auxiliares Maniobra	120,635	120,635
Sistema de Estabilización Activa	0	0
Hélice de empuje Transversal	120,620	120,620
Servomotor	14,800	14,800
Resto Servicios Auxiliares	167,270	167,270
	585,747 €	588,447 €



7.1.7. (600) Equipo y habilitación

En este concepto, solo influirá el número de personas a bordo del buque, en este caso, 32, lo que no supondrá un coste muy importante.

- **Habilitación y fonda**

$$C_h = K_h \cdot S_h$$

Donde:

K_h : depende del nivel de calidad de la habilitación, al ser un buque destinado al transporte de personas se considerará alto.

S_h : Área de habilitación

- **Resto de equipos**

$$C_e = W_{er} \cdot p_{st} \cdot c_{pe}$$

Donde:

W_{er} : peso de los equipos restantes

p_{st} : precio unitario del acero montado

c_{pe} : coef. comparación coste del equipo montado

Contabilizando todo el conjunto, se tiene:

600 - EQUIPO Y HABILITACIÓN		
	Buque base	Buque optimizado
Habilitación y Fonda	218,400	218,400
Resto Equipos	33,454	33,454
	251,854 €	251,854 €

En la partida de habilitación no se ha realizado ningún cambio, por lo que el presupuesto entre el buque base y el optimizado resulta ser el mismo.



7.1.8. (700) Armamento

Dado que se trata de un buque pesquero, no se dispone de armamento de ningún tipo a bordo. Si bien, algunas navieras contratan servicios de seguridad armados, en principio el coste por dichos servicios no se tendrá en cuenta en este presupuesto.

7.1.9. (800) Servicios técnicos

Para obtener el presupuesto por servicios técnicos, se realiza el sumatorio de todos los demás conceptos del presupuesto general, incluidos los trabajos de mano de obra y se añade un 2% de ese total.

En el concepto de servicios técnicos se incluirían:

- Elaboración de planos
- Mantenimiento
- Documentación técnica de equipos
- Gastos por traslados de personal
- Acreditación por la sociedad de clasificación
- Seguro de obra
- Experiencias de estabilidad
- Elaboración de informes

En conjunto, el coste total se resume en la siguiente tabla:

800 - SERVICIOS TÉCNICOS		
	Buque base	Buque optimizado
Porcentaje correspondiente a servicios técnicos	2%	2%
Importe resto de costes (del 100 al 700 y mano de obra)	7,556,291	7,101,613
Coste de servicios técnicos	151,126 €	142,032 €

Dado que los costes en su conjunto, de los conceptos del 100 al 700, se han reducido, los costes por servicios técnicos también se ven disminuidos tras los trabajos de optimización estudiados.



7.1.10. (900) Apoyo al buque durante la construcción

Como costes de apoyo al buque durante la construcción pueden encontrarse distintos conceptos, tales como:

- Ensayos de canal
- Estudios de consultoría
- Inspección de buques
- Botadura
- Prácticos y remolcadores
- Pruebas y ensayos
- Andamiaje
- Limpieza
- Seguros

De todos estos servicios, se aproxima su valor entorno a un 8% de los costes totales resultado del sumatorio de conceptos del 100 al 700, incluidos también los gastos de mano de obra.

Reuniendo todos los gastos mencionados, se determina la siguiente tabla:

900 - APOYO AL BUQUE DURANTE LA CONSTRUCCIÓN		
	Buque base	Buque optimizado
Porcentaje correspondiente al apoyo durante construcción	8%	8%
Importe resto de costes (del 100 al 700 y mano de obra)	7,556,291	7,101,613
Costes de apoyo al buque durante la construcción	604,503 €	568,129 €



7.1.11. Personal dedicado a la obra

Para poder establecer el coste derivado de la mano de obra para la construcción del buque, se dividirá en varios tipos de servicios, según la función que desempeñen los grupos de trabajo en el proyecto.

Dichos grupos de trabajo se clasifican como:

- Mano de obra directa
- Mano de obra subcontratada
- Ingeniería directa funcional y detalle
- Ingeniería de apoyo

La mano de obra directa constituye un 60% de las horas totales de producción, mientras, la mano de obra subcontratada prestará servicio para el 40% restante.

En cuanto a las actividades de ingeniería, el equipo de ingeniería directa funcional y detalle compondrá el 80% de las horas dedicadas a este ámbito y el equipo de ingeniería de apoyo responderá al 20% restante.

De acuerdo con la planificación del proyecto del buque base, se requerían un total de 116,320 horas de trabajo, repartidas en torno a 17 meses.

Tras las innovaciones propuestas para optimizar el buque, se ha visto alterada la plantilla de trabajadores en general y la planificación del proyecto, resultando en un coste menor al proyecto base. Este argumento se estudiará con más detalle en la sección de planificación de este cuadernillo.

Se resume el desglose de costes del personal dedicado a la obra en la siguiente tabla:



PERSONAL DEDICADO A LA OBRA

	Buque base	Buque optimizado
Mano de obra directa	1,615,680	1,296,000
Mano de obra subcontratada	897,600	744,000
Ingeniería directa funcional y detalle	460,800	576,000
Ingeniería subcontratada funcional y detalle	96,000	120,000
Ingeniería directa apoyo	46,080	57,600
Ingeniería subcontratada apoyo	9,600	12,000
	3,125,760 €	2,832,640 €

Se observan diferencias en los costes, en algunos ámbitos hay un incremento y en otros una disminución, esto se debe al reajuste de la plantilla durante la planificación del nuevo proyecto.

Por ende, la mano de obra, en general deriva un menor coste debido a las mejoras introducidas en el astillero mediante las técnicas *Lean*.

En cambio, en el área de ingeniería, se origina un incremento de costes dada la importancia de la ingeniería de diseño y concurrente necesaria para el éxito del estudio.

Cabe destacar que, a pesar de proveer un mayor peso al departamento de ingeniería y disminuir el de producción, se ha obtenido una reducción del coste total en el proceso de construcción del buque.



7.1.12. Conclusión del presupuesto

Tras concretar el coste de cada uno de los conceptos, se reúnen para realizar el sumatorio de todos ellos a fin de obtener el presupuesto total para la construcción del buque y, además, definir el importe por el cual se ofrecerá su venta, teniendo en cuenta el margen de beneficio del astillero que suele variar entre un 5% y un 15%.

En este caso, se fija el beneficio del astillero en un valor medio, un 10%

Reuniendo todas las partidas, se muestra la siguiente tabla con los resultados obtenidos:

CONCEPTO		
	Buque base	Buque optimizado
100 - ESTRUCTURA DEL CASCO	845,097	858,775
200 - PLANTA PROPULSORA	1,353,492	474,062
300 - PLANTA ELÉCTRICA	1,202,620	2,040,276
400 - COMUNICACIONES Y CONTROL	39,400	39,400
500 - SERVICIOS AUXILIARES	585,747	588,447
600 - EQUIPO Y HABILITACIÓN	251,854	251,854
700 - ARMAMENTO (No Procede)	0	0
800 - SERVICIOS TÉCNICOS	148,079	141,709
900 - APOYO AL BUQUE DURANTE LA CONSTRUCCIÓN	592,318	566,836
PERSONAL DEDICADO A LA OBRA	3,125,760	2,832,640
COSTE TOTAL DE CONSTRUCCIÓN DE BUQUES	8,144,368 €	7,793,999 €

MARGEN DE BENEFICIO	10%	10%
IMPORTE PRESUPUESTADO	8,958,805 €	8,573,399 €

Como se puede observar, tras las modificaciones propuestas en el proyecto, resalta un decremento del coste de adquisición del buque, lo que corrobora el éxito de los objetivos de este estudio.

La reducción se sitúa en un **4.3%** de diferencia entre el proyecto base y el proyecto optimizado, lo que resulta en un valor de **385,406 €** menos en el precio de venta.



7.2. Planificación temporal

La planificación temporal de todo proyecto debe ser la correcta, ordenada y muy meditada, ya que todas las operaciones que deban realizarse durante en él quedarán marcadas en su inicio y final, determinando el tiempo durante el cual cada trabajo debe realizarse, y, por ende, el volumen de recursos y trabajadores requeridos para efectuar tales trabajos.

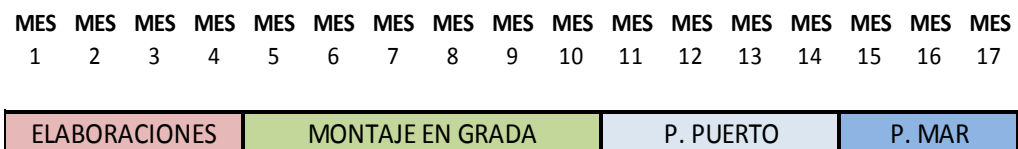
En el proyecto de construcción de un buque se identifican varios estadios generales y básicos:

1. Elaboraciones
2. Montaje en grada
3. Pruebas en puerto
4. Pruebas de mar

7.2.1. Planificación temporal del proyecto base

En el proyecto base del buque pesquero estudiado, la planificación temporal indica que, todo el proceso de elaboración, montaje en grada y pruebas se lleva a cabo en un total de 17 meses.

Esto refleja una falta de ritmo de trabajo (Takt-Time) y una coordinación mejorable durante la producción.



Planificación temporal del proyecto base



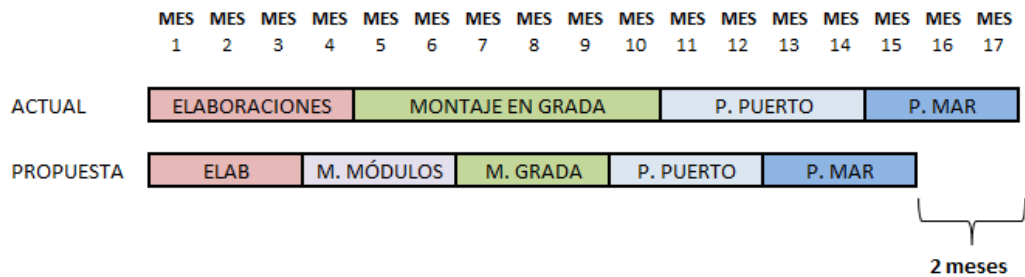
7.2.2. Planificación temporal del proyecto optimizado

Gracias a los ajustes introducidos en el astillero, la implementación de las técnicas Lean Manufacturing y los procesos de estandarización en la estructura y propulsión del buque se consigue disminuir la planificación del nuevo proyecto en dos meses. Esto resulta en procesos más cortos en el tiempo y mejor controlados, creando registros claros y ordenados de todos los procesos de producción. La conclusión del proyecto propuesto se llevaría a cabo en 15 meses.

Tras las modificaciones y técnicas implementadas en el nuevo proyecto, la plantilla de empleados se ve modificada, tanto en el área de producción como de ingeniería.

En el proyecto base, la plantilla de trabajadores se compone de 33 empleados dedicados a producción y 10 en ingeniería.

Tras el estudio llevado a cabo, con las modificaciones propuestas, se determina una reducción de plantilla dedicada a producción y un incremento de la misma en el área de ingeniería, resultando un total de 30 empleados en área de producción y la contratación de un total de 16 ingenieros.



Impacto en la planificación temporal tras la optimización

Tras la justificación descrita en este cuaderno, queda patente la consecución de los distintos objetivos propuestos al comienzo de este estudio, orientado a la mejora de la construcción de un buque pesquero congelador.



Gracias a la optimización estructural de planchas del forro, el cambio integral de propulsión diésel a eléctrica y, además, la implantación de las técnicas y filosofía del método *Lean Manufacturing* en el astillero de construcción se alcanza:

- ✓ Reducción de costes
- ✓ Aumento de competitividad
- ✓ Menor precio de venta
- ✓ Aumento de ingresos durante la explotación
- ✓ Optimización del astillero



7.3. Bibliografía

- Junco Ocampo, Fernando “Proyecto de buques y artefactos” (2000)
- Alvariño castro, Ricardo; Azpíroz, Juan Jose; Meizoso Fernaández, Manuel; “El proyecto básico del buque mercante” (1997)
- Ahsan, K., & Gunawan, I.; “Analysis of cost and schedule performance of international development projects”. (2010)
- Project-Management-Institute. “ A guide to the proyect management body of knowledge (2013).
- Lloyds-Register. (2015). IHS Fairplay Register of Ships 2015-2016. Redhill (United Kingdom): IHS Global Incorporated.
- Project-Management-Institute. (2004). A Guide To The Project Management Body Of Knowledge (PMBOK Guides). Project Management Institute.
- Reich, B. H., Gemino, A., & Sauer, C. (2013). How knowledge management impacts performance in projects: An empirical study. International Journal of Project Management, 32(4), 590-602.



*Optimización estructural, propulsiva y del astillero de
construcción de un buque atunero congelador*

CUADERNO N^o8 LÍNEAS FUTURAS

Álvaro Escámez Conesa

Director: Carlos A. Mascaraque Ramírez



Universidad
Politécnica
de Cartagena





Índice

- 8.1. Introducción**
- 8.2. Nuevas tecnologías orientadas a la pesca**
- 8.3. Grafeno**
- 8.4. Perfiles de ala rígidos**
- 8.5. Titanio**
- 8.6. Combustible GNL**
- 8.7. Bibliografía**



8.1. Introducción

La industria naval, como cualquier otra, sufre los cambios tecnológicos que dominan el mundo actual. Si bien es cierto, con cierta demora respecto a otros tipos de industria por la naturaleza de este tipo de sector, en el que los cambios pueden generar una brecha en la concordancia de los procesos de construcción o de operación del buque.

Por estas razones, los astilleros deben promover la inversión en I+D+I con el fin de alzarse en el mercado como compañías altamente competitivas.



8.2. Nuevas tecnologías orientadas a la pesca

Drones

La sustitución del clásico helicóptero a bordo del atunero por un dron supone una mejora muy significativa en diversos aspectos tales como la reducción de costes, la mejora en seguridad de la tripulación y en el mantenimiento global del buque.



Vehículo aéreo no tripulado

Además, de este modo, se puede prescindir de personal cualificado para manejar aeronaves y formar a cualquier miembro de la tripulación en el pilotaje de aeronaves no tripuladas.

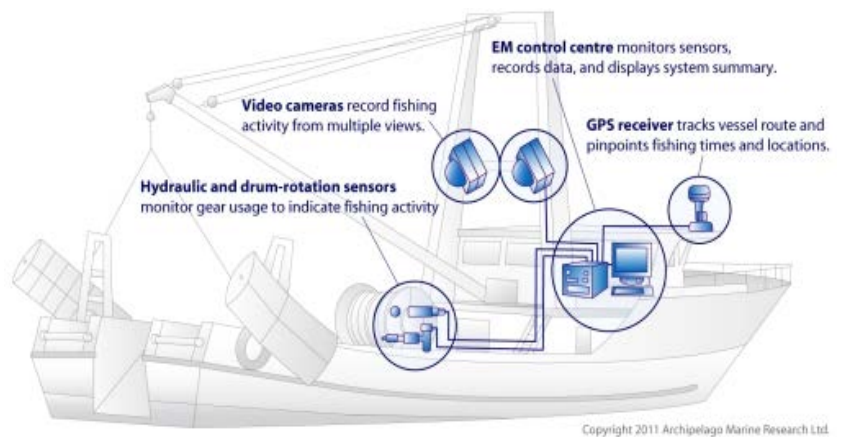
Por ende, el buque, al no tener helipuerto sobre el puente de mando, se demandarían estructuras mucho menos solicitantes y por tanto más ligeras, añadiendo una importante mejora de la estabilidad del buque al no llevar pesos importantes a tanta altura.

Como ejemplo, la empresa “*Marine Instruments*” ha desarrollado un dron con un peso de aproximadamente 2Kg y 6 horas de autonomía. Lo que permitiría la detección de la mancha de pescado de manera sencilla, aportando imágenes a tiempo real.



Sistemas de monitorización electrónica

Se trata de una tecnología diseñada para operar ante situaciones adversas en el mar, casos en los que no sea práctico o seguro utilizar un observador humano o incluso para acompañar en el trabajo a los propios observadores.



Circuito de monitorización

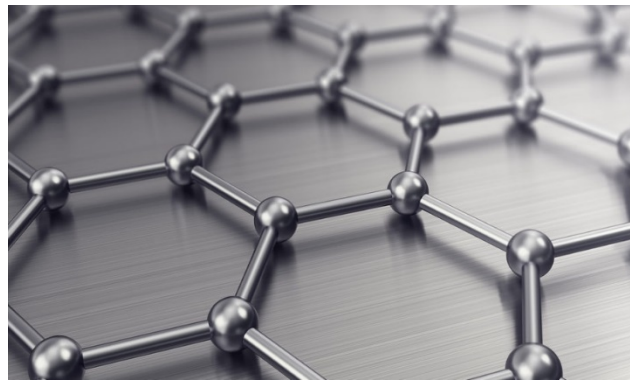
El sistema usa un abanico de sensores para controlar los principales aparejos de pesca, además de poner en marcha las cámaras de video cuando detecta actividad de pesca. Un centro de control abordo gestiona el sistema e integra los datos, además de la localización del barco, velocidad e información de ruta proporcionada por el receptor GPS del sistema. Durante el viaje, el sistema despliega también actualizaciones horarias por medio del satélite, indicando la posición de la embarcación, actividad de pesca y otra información relevante. Cuando el barco vuelve al puerto, los datos almacenados se pueden revisar en detalle con el fin de ayudar a evaluar la actividad de pesca.



8.3. Grafeno

El grafeno es una sustancia formada por carbono puro, con átomos dispuestos en patrón regular hexagonal, similar al grafito, pero en una hoja de un átomo de espesor. Es muy ligero: una lámina de 1 metro cuadrado pesa tan solo 0,77 miligramos. Se considera 200 veces más fuerte que el acero y su densidad es aproximadamente la misma que la de la fibra de carbono, y es aproximadamente cinco veces más ligero que el aluminio.

Se trata de un material reciclable, inmune a la corrosión y a la adherencia de especies marinas al casco, lo que reduciría la resistencia al avance del buque, provocando una reducción del consumo de combustible, de gases contaminantes y del coste por mantenimiento de antifouling.



Estructura del grafeno

Su aplicabilidad alcanza, desde pequeñas embarcaciones hasta grandes buques mercantes, pasando por yates y distintos tipos de pesqueros



8.4. Perfiles de ala rígidos

Se trata de situar varios perfiles de ala de avión sobre una cruceta giratoria, consiguiendo empujes realmente importantes. La idea se basa en que un perfil de ala es en torno a un 50% más efectivo que la superficie única de una vela tradicional moderna. Los perfiles rígidos aguantan vientos huracanados sin romperse.

La problemática surge cuando, al tratarse de un sistema rígido, las “velas” no pueden recogerse como una vela tradicional.



Perfiles de ala rígidos para propulsión

8.5. Titanio

El titanio ofrece propiedades excepcionales para la náutica. Totalmente inerte e inoxidable, ligero casi como el aluminio, duro como el acero.

El titanio es un material muy adecuado para ser utilizado en barcos y elementos mecánicos, como en tornillería especialmente en los palos de los veleros, también para hélices, flaps, tuberías y depósitos en equipos desaladores, tensores y diferentes elementos de la jarcia, o en piezas estructurales, incluyendo al propio casco y forros del barco. Ya es posible encontrar en el mercado pasa-cascos y algunas otras piezas fabricadas en titanio que además de ser totalmente inmune al agua salina, pesa del orden de la mitad que el bronce.



El titanio es además un material que permite ser utilizado junto con los composites en fibra de carbono sin ningún problema, lo que hace de él el aliado perfecto para los barcos de altas prestaciones.

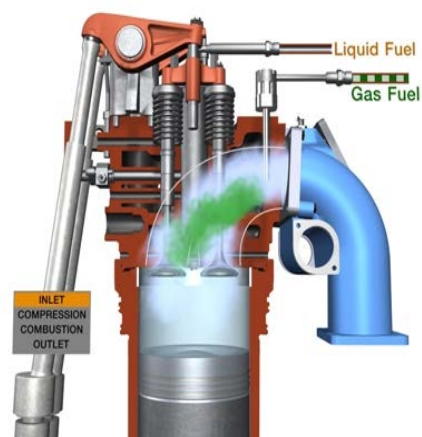


Titanio en mástiles y jarcias

8.6. Combustible GNL

La industria marítima viene investigando desde hace muchos años la búsqueda de alternativas a los combustibles tradicionales, y entre ellas lleva ya destacando, desde hace varios años, el gas natural licuado (el GNL ó LNG). Se trata de una solución eficiente para reducir las emisiones necesarias, sin necesidad de invertir en costosos equipos de tratamiento de gases de escape de soluciones alternativas.

Dadas las nuevas normativas IMO Tier, el uso de motores que usen el GNL como combustible o motores duales diésel-gas, es una de las opciones mas viables a aplicar en el sector marítimo. La reducción de los gases contaminantes como el SO_x y el NO_x en este tipo de motores está claramente demostrada, dejando una notable diferencia contra los motores tradicionales operados con fuel oil.



Sistema de inyección dual



8.7. Bibliografía

- http://www.fondear.org/infonautic/Equipo_y_Usos/Equipamiento/Tornilleria-Titanio/Titanio-Tornilleria.asp
- <https://sectormaritimo.es>
- <https://www.infografeno.com/>
- <http://www.farodevigo.es/mar/2014/04/13/atuneros-prueban-tecnologia-control-sustituir/1004910.html>
- <http://profesionaleshoy.es/construccion-naval/2017/08/21/la-flota-atunera-espanola-se-convierte-en-pionera-en-el-mundo-en-el-uso-de-nuevas-tecnologias-de-comunicaciones-via-satelite/10035>
- www.estudiomar.org.es