



UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA

SECCION DE NAUTICA, MAQUINAS Y RADIOELECTRONICA NAVAL

TRABAJO FIN DE GRADO.

SISTEMAS DE PROPULSIÓN Y CLASIFICACIÓN DE BUQUES.

JOSÉ ADRIÁN RODRÍGUEZ PONCE

SEPTIEMBRE 2015

DIRECTOR/ES

JUAN I. GÓMEZ GÓMEZ

D. JUAN I. GÓMEZ GÓMEZ, Profesor asociado del área de conocimiento de Construcciones Navales, perteneciente al Departamento de Ciencias de la Navegación, Ingeniería Marítima, Agraria e hidráulica de la Universidad de La Laguna certifica que:

D. José Adrián Rodríguez Ponce, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: "Sistemas de propulsión y clasificación de buques".

Revisado dicho trabajo, estimo reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente Certificado.

En Santa Cruz de Tenerife a 7 de septiembre de 2015.



Fdo.: Juan Imeldo Gómez Gómez.

Director del trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Aprovecho para dar las gracias en el último escalón de esta etapa a mis padres “José y Vicky” y mis hermanos (Oliver y Rubén) que son el pilar de mi vida, sin ellos este sueño nunca hubiera podido ser posible.

A esas tres mujercitas “Mina, Amanda y Lucia” que han aparecido en mi vida en esta última etapa alumbrándome los días oscuros y contagiándome sus sonrisas.

También a mi primo, padrino y mejor amigo Jesús G. y A su madre “Sensi” por enseñarme que nada es imposible y que nunca es tarde.

A mí tío Idelfonso y mi tía Carolina por apoyarme, preocuparse y estar siempre ahí, al pie del cañón en los buenos y malos momentos.

Muchas gracias al resto de mi familia, amigos y demás personas que me rodean por enseñarme y acompañarme en este camino.

CONTENIDO

RESUMEN	1
OBJETIVOS	3
1. HISTORIA Y EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE PROPULSIÓN.	5
2. SISTEMAS DE PROPULSIÓN	9
2.1. MAQUINAS PRIMARIAS	9
2.2. SISTEMAS BÁSICOS.....	10
2.3. PROPULSIÓN A VAPOR.	11
2.4. PROPULSIÓN POR MOTORES.	13
2.5. PROPULSIÓN POR TURBINAS DE GAS.	14
2.6. PROPULSIÓN NUCLEAR.....	16
3. EL PROPULSOR	19
3.1. PROPULSIÓN DIESEL-ELÉCTRICA.	20
4. CLASES DE BUQUES	23
4.1. BUQUES DE CARGA GENERAL.	24
4.2. BUQUES PORTA-CONTENEDORES.	25
4.3. PETROLEROS.....	26
4.4. BUQUES GRANELEROS.....	27
4.5. QUIMIQUEROS.	28
4.6. BUQUES FRIGORÍFICOS.....	29
4.7. ROLL ON- ROLL OFF (RO- RO)	30
5. RENDIMIENTO PROPULSIVO	31
5.1. POTENCIA PROPULSIVA.	35
6. HÉLICES	37
6.1. MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LAS HÉLICES:	37
6.2. HÉLICES DE PASO FIJO O PASO CONTROLABLE:.....	38
6.3. HÉLICES DE PASO CONTROLABLE (H.P.C):.....	38
6.4. HÉLICES DE PASO FIJO (H.P.F):.....	39
7. LEGISLACIÓN.	41

7.1. LEGISLACIÓN INTERNACIONAL:	41
7.2. LEGISLACIÓN NACIONAL.....	43
8. EL FUTURO.....	45
CONCLUSIONES	49
BIBLIOGRAFÍA.....	51

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1. Troncos ahuecados del hombre primitivo. (12)</i>	5
<i>Ilustración 2. Embarcación Trirremes (8)</i>	6
<i>Ilustración 3 El Savannah. (13)</i>	6
<i>Ilustración 4 El Clemont. (13)</i>	7
<i>Ilustración 5. MÁQUINA DE VAPOR</i>	12
<i>Ilustración 6. motor de combustión. (14)</i>	13
<i>Ilustración 7. Turbina de gas. (22)</i>	15
<i>Ilustración 8. Motor nuclear. (21)</i>	17
<i>Ilustración 9. MOTOR DIESEL-ELÉCTRICO. (15)</i>	20
<i>Ilustración 10. Maresme. (16)</i>	24
<i>Ilustración 11. WHITE TOBA. (18)</i>	24
<i>Ilustración 12. Porta-contenedores. (24)</i>	25
<i>Ilustración 13. Porta-contenedores (24)</i>	25
<i>Ilustración 14. Petrolero. (11)</i>	26
<i>Ilustración 15. LNG. (11)</i>	26
<i>Ilustración 16. Buque Granelero. (23)</i>	27
<i>Ilustración 17. Buque granelero.2. (23)</i>	27
<i>Ilustración 18. Bow Saga. (7)</i>	28
<i>Ilustración 19. Quimiquero. (20)</i>	28
<i>Ilustración 20. Frigorífico. (9)</i>	29
<i>Ilustración 21. Buque frigorífico. (17)</i>	29
<i>Ilustración 22. Ro-Ro. (6)</i>	30
<i>Ilustración 23. Ro-Ro. (19)</i>	30

RESUMEN

Un gran salto se produjo en la historia humana, el día en el que el hombre decidió empezar a navegar. La evolución de los navíos así como la caracterización para sus distintas labores y el ingenio para llegar a lograr transformar la energía calorífica en energía mecánica con los diversos sistemas de propulsión, tantos sistemas básicos provistos de una sola máquina, como de sistemas mixtos provistos de la agrupación de distintos sistemas de propulsión. La optimización y estudios de las prestaciones de los propulsores, de las hélices y construcción del buque para así lograr la optimización del consumo y lograr obtener las mejores prestaciones. Hoy en día se igualan las necesidades de consumir lo mínimo posible con la de navegar lo más ecológicamente posible.

OBJETIVOS

El objetivo que perseguía con este trabajo era la de complementar ante todo los conocimientos adquiridos durante mis estudios y prácticas profesionales:

- 1 • Estudio de la evolución de la navegación a lo largo de la historia.
- 2 • Diferenciar y conocer los distintos sistemas de propulsión del buque.
- 3 • Conocer las principales clases de buques.
- 4 • saber calcular el rendimiento propulsivo y su estimación.
- 5 • Diferenciar entre hélices y sus usos.
- 6 • Crear curiosidad sobre nuevas tecnologías.

1. HISTORIA Y EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE PROPULSIÓN.

En los comienzos de la humanidad el hombre utilizaba troncos ahuecados a modo de embarcaciones o cualquier otro tipo de material flotante del entorno, utilizando como medio de impulso sus propios brazos evolucionando en el tiempo, a remos. Más tarde y tras combinación de distintos troncos o materiales flotantes empezaron a crear balsas y con ellas surgió el timón.



Ilustración 1. Troncos ahuecados del hombre primitivo. (12)

En cuanto a los primeros poblados que consiguieron navegar por alta mar a remo y vela son los fenicios y los egipcios, poblados en los cuales se realizaban grandes estudios de los astros con los cuales se guiaban usándose así lo que muchos en la actualidad la estrella Polar durante y la noche y el sol durante el día.

Los trirremes que son embarcaciones de tres hileras de remos estas galeras fueron necesarias por los distintos imperios pues se usaban para acciones bélicas y así de esta manera se logró perfeccionar las velas dando un gran salto en cuanto a la navegación pues llegaron a controlar el viento casi por completo.



Ilustración 2. Embarcación Trirremes (8)

Esta navegación prevaleció durante mucho tiempo hasta que un norteamericano John Finch en 1787 creó un barco accionado por vapor mediante una o dos ruedas de paletas, hasta 1804 no se modificó la construcción de los barcos de vapor pero este año John Stevens creó unos principios fundamentales para los buques de vapor entre ellos el uso de una hélice en lugar de la ruedas de paletas. Entre 1870 y 1880 se produjeron muchos perfeccionamientos en dichos buques creando de esta manera la llamada época dorada de los vapores.

Algunos vapores de vital importancia para la historia de la navegación son el Clemont que fue la primera nave enteramente con propulsión a vapor, otra nave de vital importancia que no se nos puede pasar es el Savannah que fue el primer barco a vapor capaz de cruzar el Océano Atlántico.

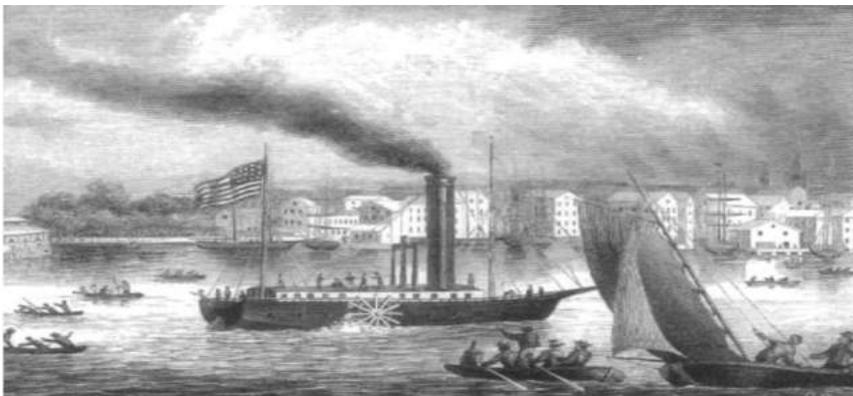


Ilustración 3 El Savannah. (13)

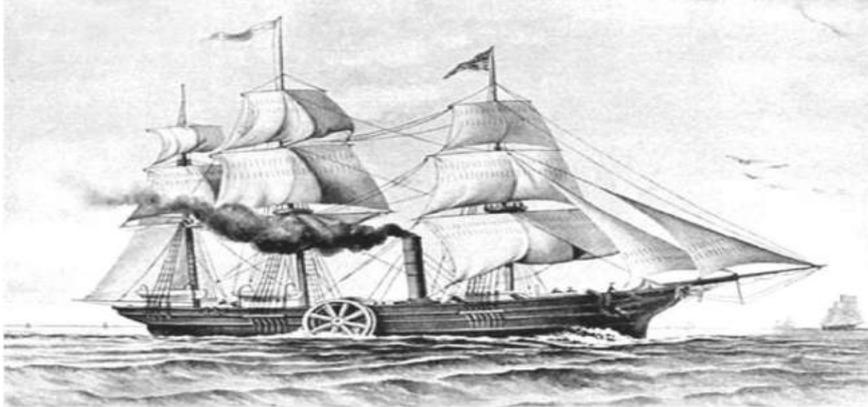


Ilustración 4 El Clemont. (13)

El inicio del siglo XX fue un tiempo en el que el hombre sintió la necesidad de mejorar los diseños de los sistemas de propulsión donde se ensayaron y probaron novedosos diseños y medios alternativos de energía, entre los cuales el que más ha prosperado ha sido el motor diesel que en la actualidad es el más usado. No solo se produjeron cambios a nivel de propulsión y generación de energía también en cuanto al diseño y construcción de naves. Durante el siglo XX también se produjo un aumento de eficiencia de la maquinaria con el uso de turbinas a gas, la energía nuclear... dando mayor autonomía, velocidad y maniobrabilidad a los buques actuales.

En la actualidad se hace referencia a sistemas de máquinas combinadas entre las cuales:

- CODOG: combinación de diesel o gas.
- CODAG: combinación de diesel y gas.
- COGAG: combinación de gas y gas.
- COGLAG: combinación de diesel eléctrico y turbina de gas.

Dejando los avances a un lado cabe nombrar la importancia de la energía nuclear usada como sistema de propulsión en el ámbito naval todo encamina a que será este recurso al futuro de la propulsión en este sector.

2. SISTEMAS DE PROPULSIÓN.

La definición de propulsar en el ámbito naval consiste en hacer avanzar un barco entre dos puntos "A" Y "B".

Por lo tanto el sistema de propulsión es una serie de combinaciones entre distintos elementos que provoca un desplazamiento sobre la superficie del mar de un barco.

A continuación desglosaremos el tema de los elementos que componen la cadena de propulsión.

2.1. MAQUINAS PRIMARIAS

Para que una máquina sea capaz de realizar su función es necesaria una energía, la energía como ya hemos explicado en el punto anterior en la evolución de los sistemas de propulsión es necesario un combustible que puede ser de origen orgánico fósil o nuclear; o mediante una energía renovable (energía eólica, energía solar...) transformando la energía calorífica en energía mecánica.

En cuanto al combustible fósil que es el más utilizado en la actualidad posee distintas maneras de lograr convertir esas energías caloríficas en energía mecánicas las cuales son:

Motor de combustión interna: funciona quemándolo directamente en el interior de la máquina para ser quemado ahí directamente produciendo el movimiento de un pistón y de esta manera convirtiendo la energía calorífica en energía mecánica.

- Caldera: consiste en quemar el combustible dentro de un recipiente para usando la energía calorífica del combustible se lleva el agua en estado líquida a estado gaseoso, este vapor actúa sobre una turbina de vapor la cual convierte la energía calorífica en energía mecánica. También en el caso

de combustible nuclear la energía se libera al someter el núcleo fusionable a neutrones de baja energía produciendo de esta manera calor.

- Turbina de gas: consiste en quemar el combustible en una zona de la máquina usando el flujo de gas llevándolos mediante los conductos adecuados a una turbina que forma parte de la misma máquina la cual transforma la energía calorífica en energía mecánica.

El trabajo mecánico producido por estas máquinas es lo que provoca la propulsión del barco. En cuanto al rendimiento ha de ser el mayor posible bajo la unión de los distintos sistemas dentro de las seguridades de contaminación y bajo la seguridad de la vida humana, para ello es preciso que los elementos que componen la máquina tenga un óptimo rendimiento conjuntamente y por separado para ello en ocasiones es necesario la utilización de reductores entre los distintos sistemas pues funcionan a distintas revoluciones.

2.2. SISTEMAS BÁSICOS.

Resumiendo los sistemas básicos que utilizan combustibles fósiles son:

- Propulsión a vapor (la propulsión nuclear es muy similar a la propulsión a vapor).
- Propulsión por motores
- Propulsión por turbinas de gas

2.3. PROPULSIÓN A VAPOR.

En cuanto a la navegación a vapor hay que considerar como la pionera en la navegación a grandes distancias y de los buques de la actualidad también nombrar que ha sido el sistema más usado por el hombre en cuanto a barcos de combustión y aún perdura en determinadas aplicaciones. Estos motores buques sufrieron una gran decadencia en las crisis del petróleo cuando se consideró al petróleo un producto a tener en cuenta económicamente.

En cuanto a los elementos que componen la cadena de vapor, la turbina de vapor es una máquina compuesta por un cuerpo giratorio, el rotor, dotado de unos elementos situados en su periferia, los álabes o paletas, sobre los que incide el vapor produciendo su giro. Este cuerpo giratorio se aloja en una envoltura a fija donde van situadas las toberas y coronas de paletas fijas que son necesarias para la expansión y dirección del vapor.

El funcionamiento y la producción de la energía calorífica en estos sistemas es muy sencillo. Se introduce agua en una caldera por medio del calor aportado por la combustión del fuel en los mecheros, se vaporiza, el vapor asciende por los tubos y se recoge en la parte superior o colector de vapor de donde vuelve a entrar en los haces sobre calentadores para sufrir un aporte de calor a presión constante, aumentando así su entalpía, es decir, su capacidad de producir trabajo, el vapor sobre calentado sale a trabajar en las turbinas, primero en la de alta y luego en la de baja donde se expansiona sucesivamente aumentando su volumen y produciendo trabajo que se traduce en el giro del eje propulsor a través del engranaje reductor. El vapor, fuertemente expansionado, se recoge en un recipiente donde reina el vacío, el condensador principal, en el cual en virtud de los condicionantes reinantes y de la refrigeración que sufre por el agua de mar que circula a su través, este vapor se condensa y transforma en agua. En el condensador se hace la adición del agua de alimentación necesaria para reponer las pérdidas que siempre hay en el circuito y el condensado (agua condensada) es recogida por la bomba de condensado y pasa al “tanque des aireador” que, como su nombre indica, tiene por misión librar lo que

va a ser agua de alimentación de la caldera del aire (oxígeno) que pueda llevar disuelto y calentarla. El agua de alimentación la recogen las bombas booster y las bombas de alimentación principal, que le dan la presión necesaria para su introducción a la caldera donde entra a una presión ligeramente superior a lo que reina en ella y a una temperatura inferior, pero próxima a la del agua del interior para que el ciclo real se aproxima lo más posible al ciclo teórico. El agua, una vez en la caldera, inicia de nuevo el ciclo ya descrito, ciertamente el circuito principal necesita para su funcionamiento el concurso de circuitos auxiliares ya que hay que accionar las distintas bombas, lubricar y recoger el vapor que se utilice en diversos usos para aumentar el rendimiento de la instalación.

Los tipos básicos de turbinas de vapor son dos: de acción y de reacción. En las de acción, el vapor, que ha aumentado su velocidad a costa de una caída de presión en las toberas, mueve el rotor por la impulsión que ejerce sobre los álabes móviles, al cambiar de dirección en ellos. Su característica diferencial es que en ellas sólo hay caída de presión en las toberas fijas y caída de velocidad en los álabes móviles.

En las de reacción las paletas móviles se disponen de modo que forman entre sí una suerte de tobera, que da lugar a que el vapor, al circular entre ellas, se expande y produce su giro por reacción y de ahí su nombre. Así pues en este tipo de turbinas hay caída continua de presión, aumento de velocidad en los álabes fijos y caída de velocidad en los álabes móviles.

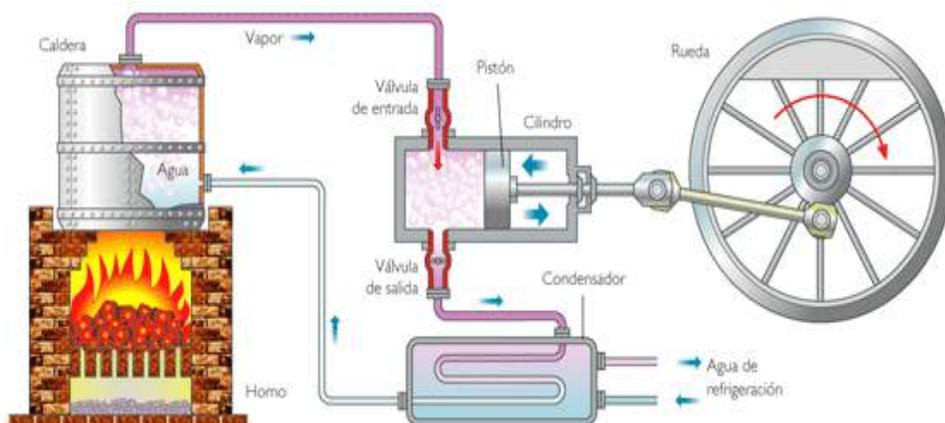


Ilustración 5. MÁQUINA DE VAPOR.

2.4. PROPULSIÓN POR MOTORES.

El motor de combustión en la actualidad es el más usado y mas cotidiano usado en automóviles maquinaria generadores.... Esto es debido a su extraordinaria economía de funcionamiento ya que de media su consumo es de unos 135 g/CV.Hora esto lo convierte en la opción más atractiva para los buques mercantes, incluso en las Marinas de Guerra.

En cuanto a los buques la disposición usual es que el motor vaya directamente acoplado al eje y en casos donde sea aconsejable se pueda instalar uno o varios motores acoplados al eje propulsor mediante el correspondiente engranaje. En buques de guerra no de combate se utiliza ya profusamente el motor diesel y en buques de línea la forma más usual de encontrarlo a bordo es formando parte de las llamadas "Instalaciones Mixtas".

El motor de explosión no tiene casi aplicación en propulsión de buques, salvo, naturalmente, en embarcaciones de recreo y deportivas.

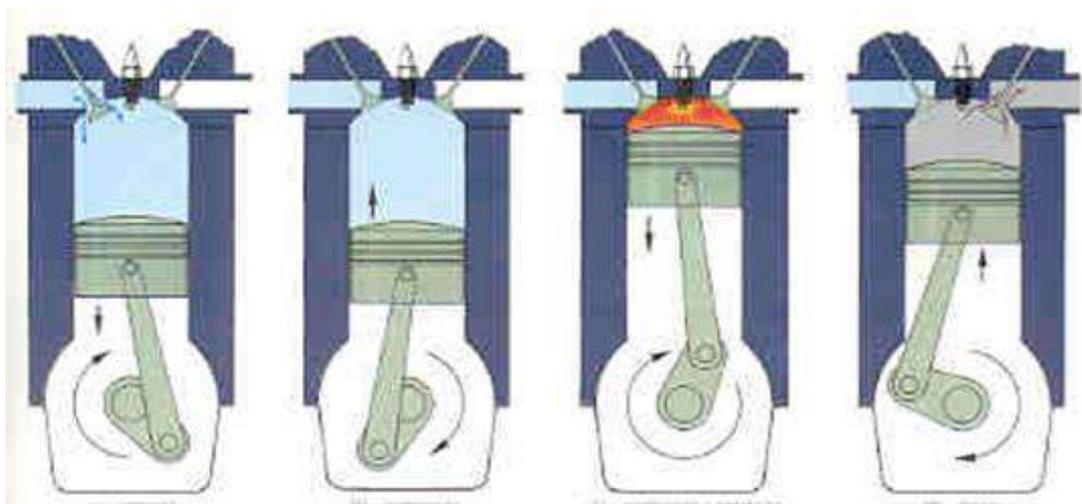


Ilustración 6. motor de combustión. (14)

2.5. PROPULSIÓN POR TURBINAS DE GAS.

De los sistemas de propulsión que usan combustibles fósiles es el más moderno este sistema es el elemento de propulsión más usado en los buques de combate por su relación peso-potencia. En cuanto a la marina mercante las distintas crisis petrolíferas han frenado su utilización en beneficio de los motores diesel ya que el consumo medio de un motor diesel es de 135 g/CV. Hora y la turbina de gas en torno a 180 g/CV.Hora.

En la aplicación naval de la turbina de gas es referida a las turbinas marinas derivadas de las turbinas que propulsan los aviones, ya que en la aviación es necesario propulsores potentes, reducidos y de poco peso y por estas circunstancias es por lo que los buques de guerra se han beneficiado de dicha tecnología también cabe nombrar que son máquinas simples sin grandes complejidades a la hora de operar, reparar o inspeccionar. La turbina de gas funciona con el llamado ciclo de Brayton la cual especifica que un gas perfecto sufre una compresión a entropía constante en un compresor, y seguida de un calentamiento a temperatura elevada y presión constante en una cámara de combustión de esta manera seguidamente se expande isentrópicamente en una turbina hasta la presión de aspiración inicial del compresor. El resultado del trabajo desarrollado de expansión es mayor que el de absorción en la fase de compresión.

La turbina de vapor es una máquina de ciclo abierto, ya que el fluido que comienza el nuevo ciclo no es el mismo que realizó el anterior esto se dice de forma técnica que el fluido que evoluciona se exhausta. A esta máquina no se le llama de combustión interna ya que el combustible no necesariamente tiene que encontrarse en la turbina sino que puede venir de otra máquina o caldera.

En el proceso de funcionamiento de esta máquina así como el esquema que veremos a continuación los desglosaremos en unos sencillos pasos:

- El aire atmosférico es aspirado por el compresor el cual es axial esto quiere decir que el aire aspirado va pasando a compartimentos más pequeños en su evolución de esta manera sufre una compresión, tras esta fase el aire comprimido pasa a mezclarse con el combustible esto se produce en una cámara de combustión donde el combustible es inyectado resultando gas el cual va directamente a la turbina de alta que a su vez acciona el compresor y después de expansionarse pasa a la turbina de baja o también llamada turbina de potencia en la cual se produce el trabajo. Como toda combustión se producen residuos que salen a la atmósfera.

En el diagrama se puede observar en la máquina dos zonas la zona de generación de gas, con los extremos de frío y caliente y la zona de potencia y en la figura se aprecia claramente lo que decíamos que no hay ligazón mecánica entre ambas, si bien existe la ligazón física del fluido que evoluciona en ellas.

Comentar que la aplicación de la turbina de gas ha de hacerse siempre mediante un engranaje reductor ya que la salida de la turbina de potencia es del orden de 3.500 r.p.m. y la velocidad de la hélice ha de ser considerablemente menor.

La disposición puede variar mucho: una única turbina moviendo el eje: dos turbinas sobre un reductor con salida única e incluso una sola turbina con dos salidas (buque de dos hélices). Aunque actualmente ya existen muchas instalaciones donde se utilizan un solo tipo de turbinas de gas, lo usual es utilizar como máquina de potencia en instalaciones mixtas, asociada a motores diésel o a otras turbinas de gas de menor potencia utilizadas para la velocidad de crucero.

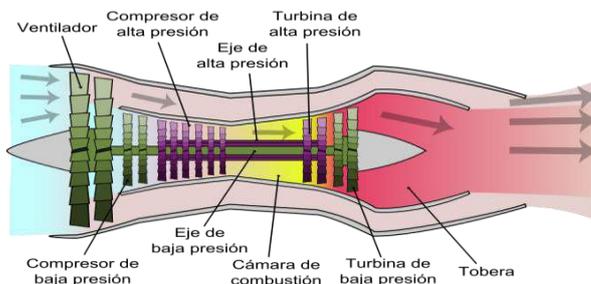


Ilustración 7. Turbina de gas. (22)

2.6. PROPULSIÓN NUCLEAR.

En cuanto a este tipo de propulsión cabe nombrar como vemos en películas y en historia es que tiene riesgos inherentes a su funcionamiento en la actualidad se toman muchas medidas de precaución así como los conocimientos en la actualidad del trato y los peligros que conllevan hace que sea algo realmente remoto que se produzca un accidente.

En cuanto a la propulsión nuclear es básicamente una propulsión a vapor y además a vapor y de no muy elevadas características, ya que, el propio proceso nuclear no permite tener temperaturas muy elevadas del vapor obtenido, como es siempre de desear para aumentar el rendimiento del ciclo.

Respecto al reactor nuclear diremos que el fundamento del mismo es el fenómeno de la fisión nuclear. Existen ciertos elementos químicos pesados cuyos núcleos, al tener una cierta inestabilidad, son susceptibles, mediante el bombardeo de neutrones de baja energía de escindir en dos núcleos aproximadamente iguales, más ligeros, con producción de nuevos neutrones y un defecto de masa resultante. Este defecto de masa aparece en forma de energía calorífica, en virtud de la conocida Ley de Einstein $E = m \cdot c^2$, en la cual E es la energía, m la masa y c la velocidad de la luz.

Existe varios tipos de reactores pero el que se utiliza a bordo de los barcos es el de "agua a presión" o PWR (Pressurized Water Reactor), en el cual el núcleo se mantiene a presión, para que el agua no hierva en su interior.

En cuanto a este tipo de propulsión es muy poco usado solo a algunas marinas militares en submarinos y algunos buques ya que no les da limitación a la hora de repostar y pueden permanecer más tiempo sumergidos.

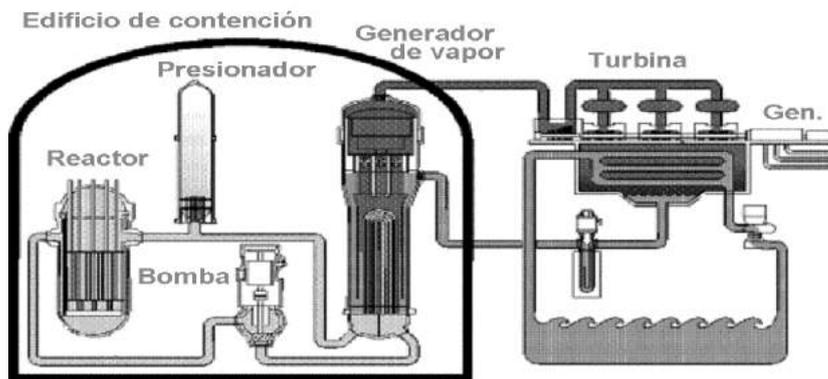


Ilustración 8. Motor nuclear. (21)

2.7. INSTALACIONES MIXTAS.

Existen dos tipos de instalaciones en buques los sistemas básicos y los sistemas mixtos, los sistemas básicos son en mayor medida las aplicaciones que se instalan solos lo que significa que son barcos de turbinas de gas, barcos de vapor, barco de motor o por sistema nuclear, por el contrario los sistemas mixtos son en las que utilizan varias máquinas sean o no del mismo tipo o de las mismas características de esta manera queda descrito que una instalación mixta puede ser de dos máquinas del mismo tipo simplemente para repartir el trabajo u obtener potencia extra en el momento oportuno como puede ser necesario en un buque de guerra ya que en un buque mercante se opera normalmente durante toda la navegación a velocidad uniforme, que se mantiene hasta rendir viaje. En cambio en los buques de guerra es tal la diferencia de situaciones en que puede encontrarse, que es en ellos donde este tipo de instalaciones tiene aplicación específica y racionaliza la utilización de la maquinaria. Por ello parece lógico, si existe posibilidad, disponer dos tipos de máquinas, una de bajo consumo que proporcione la relativamente pequeña potencia que se necesita para la velocidad de crucero y otra, lo más ligera y compacta posible, para que dé ella sola o ayude a dar la plena potencia, aunque su consumo específico sea mayor, ya que es poco el tiempo relativo que va a actuar.

En cuanto a las combinaciones más usadas las especificaremos a continuación:

La designación de estos sistemas empieza por “CO”, iniciales de la palabra inglesa “COMBINED”, luego seguidamente se coloca la inicial de la máquina utilizada en el sistema mixto para dar velocidad de crucero: S de steam = vapor, D de diesel y G de “gas” = turbina de gas.

Respecto a las combinaciones más utilizadas son las citadas de acuerdo con su aparición en el tiempo. Algunas de esas combinaciones, concretamente la COSAG ya no se utiliza por la complejidad tan tremenda que supone el llevar a bordo simultáneamente vapor y gas. Fue sin embargo la evolución lógica de lo existente y conocido, que era el vapor, hacia una instalación combinada. La Marina Inglesa, que fue la que la utilizó, pasó rápidamente a instalaciones “todo gas”.

Las instalaciones mixtas más usadas y completando el anterior apartado donde nombrábamos los distintos sistemas:

- **COSAG COMBINACIÓN VAPOR Y TURBINA DE GAS**
- **CODAG COMBINACIÓN DIESEL Y TURBINA DE GAS**
- **CODOG COMBINACIÓN DIESEL O TURBINA DE GAS**
- **COGAG COMBINACIÓN TURBINA DE GAS Y TURBINA DE GAS**
- **COGOG COMBINACIÓN TURBINA DE GAS O TURBINA DE GAS**
- **CODAD COMBINACIÓN DIESEL Y DIESEL**
- **CODLAG COMBINACIÓN DIESEL ELECTRICA Y TURBINA DE GAS**

3. EL PROPULSOR.

El propulsor es el último eslabón de la cadena es el cual transforma dicha energía mecánica en movimiento.

El propulsor más utilizado es la hélice es el más común y no es ni más ni menos que un tornillo que se atornilla en una gran tuerca no sólida que constituye el agua, este propulsor al girar accionada por el eje propulsor que la enlaza con el motor o máquina principal, va enroscándose en el agua y, al igual que sucede con un tornillo cualquiera, avanza y produce el movimiento del barco al que está fijada por medio de una chumacera de empuje, sobre la cual se produce el impulso hacia delante (avante) o atrás según el sentido de giro de la hélice.

Lógicamente existen otras formas de propulsión, como el chorro de agua, que consiste en lanzar por medio de un sistema adecuado de bombas una masa de agua hacia atrás a través de un conducto tipo tobera, de forma que al salir a una determinada velocidad hacia atrás produzca, por reacción, un movimiento del barco hacia delante.

Para dar atrás es necesario en este caso dotar a la instalación, a la salida del chorro, de un desviador de empuje que, cuando se desee, produzca la deflexión del chorro hacia delante, haciendo que el barco que desplace hacia atrás.

También cabe citar los modelos de propulsores circulares tipo Voith-Schneider que permiten vectorizar su empuje en 360º con lo cual el barco en que se instala puede maniobrar con toda precisión avante, atrás o desplazarse lateralmente en cualquier dirección. Se utilizan en remolcadores, cazaminas y en general buques pequeños que necesitan una excelente maniobrabilidad y que no requieren el uso de grandes potencias propulsoras.

En cualquier caso la hélice, con todos sus defectos, es el propulsor por excelencia, susceptible de ser utilizada en buques de todos los tamaños y aplicaciones y que, insisto nuevamente, con un proyecto cuidado y con la debida experimentación junto con la carena con que ha de trabajar da unos excelentes resultados.

En los últimos años estamos asistiendo a una auténtica revolución en el campo de la propulsión de buques, pues los proyectistas están diseñando y realizando combinaciones “ad hoc” de máquinas propulsoras para lograr una instalación versátil y que satisfaga todos los requisitos de funcionamiento.

Como por ejemplo presentamos un sistema de propulsión diésel-eléctrica en buques de crucero, que ha sido ampliamente divulgado en las revistas técnicas especializadas.

3.1. PROPULSIÓN DIESEL-ELÉCTRICA.

Es aquella en que los motores diésel de propulsión en lugar de ir directamente acoplados al eje o ejes propulsores accionan alternadores que producen la energía eléctrica necesaria para la propulsión y todos los demás servicios del buque. En concreto la propulsión se efectúa por medio de motores eléctricos situados en la proximidad de la hélice, se evitan los largos ejes de transmisión y se tiene una mayor flexibilidad de diseño.



Ilustración 9. MOTOR DIESEL-ELÉCTRICO. (15)

Las ventajas de una instalación de este tipo son:

- La más significativa es que tanto motores primarios como motores eléctricos de accionamiento pueden estar situados prácticamente en cualquier parte del barco y, por lo tanto, la flexibilidad de instalación y disposición a efectos de daños (importantísima en su aplicación a buques de guerra) está garantizada.
- Los motores de propulsión pueden situarse muy a popa o en los llamados AZIPODS o postes azimutales dando lugar a líneas de ejes muy cortas o inexistentes.
- Se pueden unificar los generadores que suministren las necesidades de potencia requeridas, tanto para la propulsión principal como para los restantes servicios.
- Al ser la transmisión de la energía eléctrica por medio de cables, se pueden llevar prácticamente siempre por el recorrido más conveniente y su protección es mucho más simple que cuando, como ocurre en los sistemas actuales, los ejes propulsores son largos, llegando a veces a un tercio de la eslora o más.
- Por otra parte se prescinde, por su propia esencia, de los engranajes reductores haciendo innecesaria la utilización de hélices de paso variable.

4. CLASES DE BUQUES.

BUQUE:

Es un barco con cubierta que por su tamaño, solidez y fuerza es apropiado para navegaciones marítimas de importancia. Para aclarar este concepto, se puede decir que cualquier buque es una embarcación o barco, pero que cualquier embarcación o barco no es necesariamente un buque. Además, debe reunir las siguientes condiciones:

- **FLOTABILIDAD**
- **SOLIDEZ O RESISTENCIA**
- **ESTANQUEIDAD**
- **ESTABILIDAD**
- **NAVEGABILIDAD (VELOCIDAD Y EVOLUCIÓN).**

Buque mercante: buque especializado en el transportes de mercancías o pasajeros.

Dentro de la clasificación de buques mercantes encontramos los siguientes tipos:

4.1. BUQUES DE CARGA GENERAL.

Buques catalogados por excelencia como multipropósito. Se encargan del transporte de diversos tipos de mercancías, las cuales vienen empacadas en guacales, cajas o bolsas. La mercancía es cargada y descargada por las propias grúas del buque. Este tipo de buques son considerados obsoletos para el transporte de mercancía; desde que la carga general es llevada en contenedores.



Ilustración 10. Maresme.



Ilustración 11. WHITE TOBA. (18)

4.2. BUQUES PORTA-CONTENEDORES.

Son aquellos que se encargan del transporte de carga en contenedores. Se trata de una familia de buques de mayor tamaño. Para el cargue y descargue; el puerto necesita de grúas especiales.



Ilustración 13. Porta-contenedores (24)



Ilustración 12. Porta-contenedores. (24)

4.3. PETROLEROS.

Buques encargados del transporte de petróleo o de productos derivados a este, son muy fácil de identificar; ya que pasee grandes cajones de proa a popa, tuberías para el cargue y descargue sobre la cubierta y grúas sobre estribor y babor que se encargan de mover las mangueras por donde pasa el crudo. Los petroleros requieren de diversas medidas de seguridad.

Dentro de los petroleros también se encuentran:

- VLCC's (very large crude carriers / buques petroleros muy grandes)
- LGN (liquefied nature gas tankers) y LPG (liquefied petroleum gas tankers): Buques especializados para el transporte de gas natural o licuado.



Ilustración 15.LNG. (11)



Ilustración 14.Petrolero. (11)

4.4. BUQUES GRANELEROS.

Estos buques son conocidos como los bulk carriers, se encarga de transportar mercancía como cereales, minerales, cargas secas, fertilizantes, etc. estos barcos son diseñados con bodegas; las cuales están divididas en compartimientos, que le brindan estabilidad al barco. La carga a granel es cargada y descargada por medio de grúas con cucharas o por bombas.



Ilustración 16. Buque Granelero. (23)



Ilustración 17. Buque granelero.2. (23)

4.5.QUIMIQUEROS.

Transportan químicos como fenol, amoníaco, gasolina, entre otros derivados. Son buques de un elevado costo por las exigencias de seguridad que deben cumplir.



Ilustración 18.Bow Saga. (7)



Ilustración 19.Quimiquero.

4.6. BUQUES FRIGORÍFICOS.

Transportan carga perecedera como carne o frutas, estos buques deben ser monitorizados constantemente durante el viaje. Los Reefer como son conocidos son buques que poseen equipos con planta de refrigeración.



Ilustración 21. Buque frigorífico. (17)



Ilustración 20. Frigorífico. (9)

4.7. ROLL ON- ROLL OFF (RO- RO)

Sus siglas " rodar dentro - rodar fuera ".Transportan únicamente mercancías con ruedas que son cargadas y descargadas vehículos tractores en varias cubiertas comunicadas mediante rampas o ascensores.



Ilustración 23.Ro-Ro. (19)



Ilustración 22.Ro-Ro. (6)

5. RENDIMIENTO PROPULSIVO.

Este punto del proyecto es el más complejo, pero también el más importante económica y ecológicamente. Consiste en la aplicación de las leyes de Newton para permitirnos realizar los estudios pertinentes que nos permitirán seleccionar con mayor asertividad los distintos sistemas que permiten la propulsión de nuestro buque.

Definiciones:

- **Potencia indicada (IHP = Indicated Horsepower)** es la potencia del ciclo térmico del motor
- **Potencia al freno (BHP = Brake Horsepower)** es la potencia del motor, medida en el acoplamiento del motor al eje (por medio de un freno).
- **Potencia en el eje (SHP = Shaft Horsepower)** es la potencia transmitida a través del eje (medida con un torsiómetro tan cerca de la hélice como sea posible).
- **Potencia entregada a la hélice (PHP = Propeller Horsepower)** es la potencia entregada a la hélice (descontando las pérdidas en el eje de la anterior).
- **Potencia de empuje (THP = Transformed Horsepower)** es la potencia transformada por la hélice (se obtiene descontando su rendimiento de la potencia a la hélice).
- **Potencia efectiva o de remolque (EHP = Effective Horsepower)** es la potencia que realmente se emplea en mover el barco o la potencia que sería necesario emplear para remolcar el barco a la velocidad de proyecto (puede obtenerse descontando de la anterior las pérdidas debidas a la forma del barco, apéndices, etc.).

- **Rendimiento del motor (η_{Motor}):** El rendimiento del motor nos indica su eficacia en convertir la energía generada en los pistones en potencia mecánica.

$$\eta_{Motor} = \frac{BHP}{IHP}$$

- **Rendimiento mecánico de la línea de ejes (η_m):** El rendimiento del motor nos indica su eficacia en convertir la energía generada en los pistones en potencia mecánica.

$$\eta_{Motor} = \frac{BHP}{IHP}$$

- **Rendimiento propulsivo (η_p):** Este rendimiento nos da idea de eficacia propulsiva del proyecto y se compone de cuatro factores, el rendimiento del casco (η_h), el rendimiento del propulsor (η_o), el rendimiento rotativo relativo (η_{rr}) y el rendimiento mecánico de la línea de ejes.

$$\eta_p = \eta_h \cdot \eta_o \cdot \eta_{rr} \cdot \eta_m = \frac{EHP}{BHP} = \eta_m \frac{EHP}{PHP}$$

- **Ensayo del Propulsor Aislado para la determinación del rendimiento de la hélice.** Para ello se miden los coeficientes de empuje (K_T) y de par (K_Q) para diferentes grados de avance (J) de la hélice.

$$J = \frac{V_A}{n \cdot D}, K_T = \frac{T}{\rho \cdot n^2 \cdot D^4}, K_Q = \frac{Q}{\rho \cdot n^2 \cdot D^5}$$

Donde V_A es la velocidad de avance de la hélice, n sus revoluciones por segundo, D su diámetro y T , Q los valores medidos de empuje y par motor, respectivamente. De esta manera, el rendimiento de la hélice se calcula por, los anteriores valores, obtenidos directamente para el modelo, también deben extrapolarse a la escala del buque, para lo que existen diversas técnicas que no se incluyen aquí.

$$\eta_o = \frac{V_A \cdot T}{2\pi \cdot n \cdot Q} = \frac{J K_T}{2\pi K_Q}$$

- **Ensayo de Autopropulsión para la determinación del rendimiento del casco y rotativo relativo.** En este ensayo se miden el empuje de la hélice y par motor entregado, de igual manera que en el ensayo del propulsor aislado, observando que para un mismo valor de K_T , el valor correspondiente de K_Q difiere entre los dos ensayos. De esta manera, se define el rendimiento rotativo relativo como,

$$\eta_{rr} = \frac{K_Q^{AP}}{K_Q^{PA}}$$

Donde AP se refiere al ensayo de autopropulsión y PA al del propulsor aislado. Por otra parte, a partir del valor medido de K_T , podemos determinar el valor de J correspondiente a partir de los datos del ensayo del propulsor aislado. Este valor nos permite determinar el denominado factor de estela (w) que mide la velocidad de avance real del agua que llega a la hélice, en relación a la velocidad de avance del buque según,

$$w = \frac{V - V_A}{V} = 1 - \frac{J \cdot D \cdot n}{V}$$

Los anteriores parámetros (η_{rr} y w) también están sujetos a efectos de escala por lo que deben ser corregidos. Esta corrección no se incluye aquí.

Además, se comprueba experimentalmente que para una velocidad de avance del buque, en el ensayo de autopropulsión, el empuje que suministra la hélice es mayor que el valor de la resistencia del casco, obtenido en el ensayo de remolque, para la misma velocidad. Este efecto se mide por el denominado coeficiente de succión,

$$t = \frac{T - R}{T}$$

A partir de los coeficientes anteriores, se define el rendimiento del casco como,

$$\eta_h = \frac{1 - t}{1 - w} = \frac{EHP}{THP}$$

Finalmente, el rendimiento propulsivo se calcula como:

$$\eta_p = \eta_m \cdot \frac{EHP}{PHP} = \eta_m \cdot \left[\frac{R \cdot V}{V_A \cdot T} \right] \cdot \left[\frac{2\pi \cdot n^{AP} \cdot Q^{AP}}{2\pi \cdot n^{PA} \cdot Q^{PA}} \right] \cdot \left[\frac{V_A \cdot T}{2\pi \cdot n^{AP} \cdot Q^{AP}} \right] = \eta_m \cdot \eta_h \cdot \eta_{rr} \cdot \eta_o$$

También es posible estimar el rendimiento propulsivo de un diseño, sin recurrir a ensayos experimentales.

Existen diversos métodos estadísticos, entre los cuales el más conocido es el desarrollado por Holtrop y Menen, que permiten calcular a partir de las dimensiones características y otros datos generales del buque, los siguientes parámetros: k , w , t y η_{rr} .

Las características de la hélice pueden calcularse con bastante exactitud a partir de los datos de series sistemáticas, entre las que destaca la serie B (o la más reciente BB). A partir de sus características, podemos calcular las de una hélice cualquiera, mediante expresiones del tipo, $H \cdot c \cdot Z$

$$K_T = K_T^{serieB} + 0.3 \cdot \Delta C_D \frac{H \cdot c_{0.75} \cdot Z}{D^2}$$

$$K_Q = K_Q^{serieB} - 0.25 \cdot \Delta C_D \frac{c_{0.75} \cdot Z}{D}$$

Donde H , D son el paso y el diámetro de la hélice, Z el número de palas, $c_{0.75}$ la cuerda de la pala en la estación $0.75D/2$ y ΔC_D es el incremento en el coeficiente de resistencia del perfil de la sección.

5.1. POTENCIA PROPULSIVA.

La potencia propulsiva que se debe instalar en el buque viene entonces definida por:

$$BHP = \eta_p \cdot EHP = \eta_p \cdot R \cdot V$$

Donde V es la velocidad de proyecto, y R es la resistencia al avance para esa velocidad.

Una vez calculada la potencia propulsiva necesaria para la condición de navegación especificada, se habrá de elegir el motor propulsor, dentro de la gama disponible.

La potencia deberá aumentarse en aquellos casos en los que se desee incorporar alguna toma de potencia adicional como PTO (power take off).

Por otra parte la potencia pico del motor propulsor que se instalará deberá superar en un 15% (aproximadamente) la potencia calculada, con el objetivo de que la situación de navegación en mar se cumplan los criterios de velocidad exigidos (margen de mar).

Asimismo se acostumbra a aumentar en un margen del 10% adicional el valor la potencia instalada, para disminuir los costes de mantenimiento del motor.

6. HÉLICES.

La definición de hélice: mecanismo compuesto por varias palas o aspas ladeadas que al girar con fuerza alrededor de un eje desplazan el fluido en el que está produciendo así movimiento.

La teoría de la propulsión no depende del tamaño de la hélice o del tipo del buque para aquellos que están al tanto del diseño de hélice.

6.1. MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LAS HÉLICES:

Durante la extensa historia en la construcción de hélices se utilizaron varios tipos de materiales resistentes a la corrosión del agua de mar para las armadas al igual que para las marinas mercante. El mejor compromiso entre la necesidad de fortaleza, moldeo, capacidad de reparación y una adecuada resistencia a la corrosión de fabricación fácil y de costos accesibles es una aleación de bronce y aluminio.

El acero inoxidable es muy difícil de fundir correctamente en grandes cantidades pulir y moldear con gran precisión. Eso explica por qué solo se lo utiliza cuando se pretende una determinada propiedad como antimagnéticas para los barreminas o los cazaminas o la de extrema dureza para los rompehielos.

El titanio se debe forjar para las aplicaciones navales y es más duro para manipular que el acero inoxidable. Debido a los costos de forjadura y fabricación el uso del titanio es muy costoso.

Aleaciones de material (cobre manganeso) son adecuadas cuando son nuevas pero con el correr del tiempo se vuelven quebradizos no se pueden reparar incluso la propia vibración de la hélice es su primer gran inconveniente

Materiales compuestos, este tipo de materiales ha sido una gran revelación en la construcción de hélices e aeronaves pero para los buques no son adecuados ni siquiera en los de tamaño mediano el motivo es que las hélices de los buques deben soportar una gran cantidad de tensiones multidireccionales que ni siquiera las fibras más sofisticadas toleran la carga por mucho tiempo. La segunda desventaja de estos materiales es que son bajos niveles de elasticidad, la deflexión en el extremo de las hélices es bastante grande y el proceso de fabricación no son lo suficientemente precisos para garantizar la misma deflexión en cualquier pala de la hélice. Como consecuencia de ello cuando se produce el empuje las palas de este material no se doblan homogéneamente por lo que cada pala tiene su propio paso levemente diferentes al de los demás.

Por último la fibra más resistente es el carbón pero no resiste el agua de mar por ello se debe colocar un revestimiento especial pero dicho revestimiento resiste menos la erosión por la cavitación que las aleaciones metálicas.

6.2. HÉLICES DE PASO FIJO O PASO CONTROLABLE:

Esta es la pregunta que se plantean más a menudo, la respuesta depende de las elecciones relativas a la planta propulsora y al perfil de la misión del buque. También hay varios factores a tener en cuenta, se deben analizar cuidadosamente como, la flexibilidad, eficiencia, maniobrabilidad, seguridad, características del ruido, confiabilidad facilidad de mantenimiento y costos durante la vida útil.

6.3. HÉLICES DE PASO CONTROLABLE (H.P.C):

En lo que a maniobrabilidad y flexibilidad se refiere las H.P.C son la solución adecuada para las plantas de propulsión accionadas por motores diésel y /o turbinas a gas, con la H.P.C la turbina dispone de una gran capacidad de retroceso a través de su capacidad de todo adelante, todo atrás en aproximadamente 20

segundos sin ningún tipo de consecuencia en la fortaleza de las palas de la hélice. Con un paso bajo los motores diésel tienen la capacidad de permanecer en su lugar aun con los motores en marcha.

Para los buques multipropósito las H.P.C permite arrastrar un dispositivo sonar siempre que se instalen controles adecuados para minimizar la emisión de ruidos.

Otra ventaja es que en ocasiones es esencial proteger los motores diésel de un deterioro anticipado con las H.P.C se puede lograr un control de carga eficiente para proteger al motor de una sobrecarga debido a las condiciones del mar o a maniobras a gran velocidad.

En lo que a confiabilidad se refiere según informes provistos por astilleros donde se realizan reparaciones que indican que después de colisiones e inclusive después de alguna varadura el mecanismo dentro de la pala permaneció intacto y la pala totalmente destruida.

En lo que al mantenimiento se refiere se efectúa en los periodos normales de dique seco y cada 4 o 5 años se deben cambiar los sellos de las palas y los elementos de fijación de las palas.

6.4. HÉLICES DE PASO FIJO (H.P.F):

En buques con motores diésel como único sistema de propulsión el uso de H.P.F solo es posible cuando dichos motores tienen grandes márgenes de potencia los cuales son mucho más grandes que para las H.P.C. De todas maneras cuando en cualquier momento se dispone de un par motor suficiente las H.P.F presenta una capacidad de maniobra adecuada cuando se la aplica a los grandes motores eléctricos.

Sin embargo, existen algunas desventajas cuando funcionan para que el buque vaya hacia atrás, los verdaderos bordes de ataque de las palas son los bordes de salida y con el diseño moderno de las palas oblicuas, éstas inducen cargas muchos más

grandes en los extremos que cuando funcionan adelante. Por eso, se deben limitar las R.P.M o el par motor para que no se doble la hélice.

La diferencia de eficacia se encuentra entre un 5 % y 7 % entre ambos tipo de hélices esta diferencia se relaciona entre la fuerza de propulsión por la velocidad del buque es cuando la hélice funciona en su punto exacto de diseño para una condición de diseño del buque

En resumen la clave número uno está en el proceso de diseño y fabricación y en el compromiso con el cual se busca constantemente la mejor perfección y un resultado óptimo del producto final.

La clave número dos es la integración el diseño no es nada si el material es deficiente o si la fabricación no se ajusta al diseño.

Por ello es esencial que en la primera fase del proyecto un equipo integrado analice el sistema de propulsión la elección vinculada a las líneas de casco las opciones en cuanto a la disposición del motor a la influencia de los niveles de ruido y vibración y a los problemas de fabricación que pueden afectar al diseño.

Cualquiera de estas primeras decisiones afecta directamente los costos, hay muy pocos fabricantes de hélices navales, son diseñadores y fabricantes. Su integración con el equipo que proyecta el diseño del buque es un elemento clave para lograr el éxito al menor costo posible.

7. LEGISLACIÓN.

7.1. LEGISLACIÓN INTERNACIONAL:

- **Convenio Internacional para la seguridad de la vida humana en la mar (SOLAS 74/78).** Normas sobre diseño, prescripciones contra incendios, elementos de salvamento, comunicaciones, sistemas de propulsión y gobierno, cargas, etc.
- **Código Internacional de mercancías peligrosas (Código IMDG).** Normas para el transporte seguro de mercancías peligrosas en bultos por mar
- **Convenio de seguridad de contenedores (CSC).** Normas de construcción y diseño de los contenedores.
- **Directiva 93/75 de la UE.** Normas sobre la notificación para buques que transporten mercancías peligrosas y se entran en puerto comunitario.
- **Resolución 481 de la XII Asamblea de la Organización Marítima Internacional (OMI Res. 481 (XII)).** Recomendaciones sobre la asignación de la tripulación mínima de seguridad
- **Convenio sobre búsqueda y salvamento marítimo (SAR 79).** Organización y procedimientos de los servicios de búsqueda y salvamento
- **Sistema de balizamiento marítimo de la Asociación Internacional de Señalización Marítima (AISM).** Normas de balizamiento de canales y obstáculos varios que puedan representar un peligro para la navegación.
- **Resolución 851 de la 20 Asamblea de la Organización Marítima Internacional (OMI Res.851 (20)).** Código para la investigación de siniestros y sucesos marítimos.

- **Convenio sobre el reglamento para prevenir los abordajes (COLREG-72).**
Reglas de gobierno, luces y marcas que deben llevar los buques y otras pautas para evitar abordajes en la mar.
- **Convenio para prevenir la contaminación por los buques (MARPOL 73/78).**
Normas para evitar las descargas de sustancias contaminantes operacionales y accidentales de los buques.
 - Anexo I.- Hidrocarburos.
 - Anexo II.- Sustancias nocivas líquidas transportadas a granel.
 - Anexo III.- Sustancias perjudiciales en paquetes, contenedores, tanques portátiles y camiones cisterna.
 - Anexo IV.- Aguas Sucias
 - Anexo V.- Basuras.
 - Anexo VI.- Contaminación atmosférica (todavía por aprobar)
- **Convenio sobre Cooperación, Preparación y Lucha contra la contaminación por hidrocarburos (OPRC 90).** Cooperación internacional, notificación y planes de preparación y lucha contra la contaminación.
- **Convenio para la protección del Medio Ambiente Marino del Atlántico Nordeste (Convenio de París 1992).** Para prevenir la contaminación causada por vertidos o incineración, por fuentes mar adentro, de origen terrestre y otros orígenes.
- **Convenio sobre la prevención de la contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias (Convenio de Londres 1972).** Para la prevención de la contaminación causada por vertido de material de dragado, hundimiento de buques, etc..

- **Convenio para la protección del medio marino y de la zona costera del Mediterráneo (Barcelona 1976).** Para la prevención y lucha contra la contaminación de cualquier fuente en el Mediterráneo.
- **Directiva de la UE sobre Instalaciones de recepción.** Para la provisión adecuada de instalaciones de recogida y tratamiento de residuos generados por los buques, en lo-s puertos de la Comunidad Europea. (Todavía no adoptada)

7.2. LEGISLACIÓN NACIONAL

- Convenio sobre Trabajo Marítimo, 2006.
- Orden 10.6.83. Normas complementarias al Convenio SOLAS 74/78.
- Aplicación a buques de recreo y de pesca.
- R.D. 1041/97. Normas de protección en el transporte de animales vivos.
- Orden 14.7.64. Por la que se establecen las tripulaciones mínimas que deben llevar los buques mercantes y de pesca.
- R,D, 145/89. Sobre admisión, manipulación y almacenamiento de mercancías peligrosas en los puertos.
- R.D. 1253/97. Decreto que incorpora a la normativa nacional las Directivas 93/75 y siguientes, sobre condiciones de notificación de buques con mercancías peligrosas.
- R.D. 230/98. Norma por la que se publica el Reglamento de Explosivos.
- Ley 60/62. Regula lo relativo a las extracciones de restos hundidos, hallazgos de material en el mar, el remolque y los auxilios y salvamento en la mar.
- Decreto 984/67. Reglamento para la aplicación de la Ley 60/62

- R.D. 393/96. Desarrollo reglamentario del servicio de practicaje.
- Orden 20.02.97. Regulación del Reglamento de capacitación profesional para el servicio de practicaje.
- R.D. 1835/83. Normas de balizamiento en las costas españolas.
- Orden 27.2.96. Regulación de la Comisión de Faros.
- Orden 14.4.88. Por la que se establece la Comisión para la investigación de los siniestros marítimos.
- R.D. 799/81. Se establece el procedimiento de autorización de trabajos científicos a buques extranjeros en aguas españolas.
- Orden 18.2.88. Regula las condiciones para el enrole en un buque de personal ajeno a la tripulación.
- Orden 31.7.92. Establece los requisitos de formación en seguridad marítima que deben cumplir las tripulaciones de buques mercantes y de pesca.
- R.D. 438/94. Regula las instalaciones de recepción de residuos oleosos procedentes de buques.

8. EL FUTURO.

Un equipo de científicos e ingenieros del Laboratorio de Investigación Naval de EE.UU. (NRL), anunciaron en abril que habían impulsado con éxito un avión a control remoto usando nada más que el agua de mar. Mediante la extracción de dióxido de carbono (CO₂) e hidrógeno para convertirlo en un combustible de hidrocarburo líquido, los investigadores de la División de Materiales de Ciencia y Tecnología del NRL han demostrado que el combustible de agua de mar es realmente posible.

Este avance se ha descrito como una tecnología que generará un “cambio de juego” que resolverá la dependencia de los activos navales de los combustibles fósiles. El agua de mar, a diferencia de los combustibles a base de petróleo o energía nuclear, es abundante y fácilmente accesible. Como resultado, los buques podrían ser alimentados por el agua mientras navegan por el. Esto es particularmente importante para las marinas, ya que significa la desaparición de las arriesgadas operaciones de reabastecimiento en el mar que puede interrumpir misiones vitales.

Ser capaz de convertir agua de mar en combustible también eliminaría las cadenas de suministro vulnerables y disminuiría la dependencia de los suministros extranjeros, un objetivo estratégico vital para la mayoría de países.

Con el desarrollo de convertidores basados en el mar y la capacidad de producir combustible las 24 horas del día a bordo de los buques, los costos de combustible, inevitablemente caerían. La reducción de los costes y el aumento de la eficiencia en la cadena de suministro es particularmente importante para la industria de la navegación comercial, sobre todo porque el precio de los combustibles derivados del petróleo tradicional continúan aumentando.

Tanto el aumento de los precios del combustible, como el incremento de las regulaciones y los efectos persistentes de la recesión mundial, han dado como resultado que la industria del transporte marítimo haya tenido que encontrar

maneras de aumentar la eficiencia. Por lo tanto ¿es el combustible de agua de mar la respuesta? En el corto plazo, al menos, la respuesta seguirá siendo probablemente no. Las grandes empresas son reacias a invertir tiempo y dinero en una tecnología que todavía está en sus primeras etapas.

Los equipos de investigación que se encuentran trabajando en esta tecnología, afirman que el agua de mar convertida es más probable que sea utilizada por primera vez en aviones a reacción a bordo de los portaaviones de la Marina de Estados Unidos, que en alimentar al propio buque. El producto final del proceso de conversión es equivalente al combustible 'JP-5', usado para aviones a reacción, y no el combustible diésel marino 'F-76', que se utiliza para los buques. Pero los últimos estudios han demostrado que el JP-5 podría ser "un sustituto aceptable para el F-76", es decir, los barcos podrían funcionar con combustible de aeronave convertido, aunque alimentar un barco con respecto a un avión supone un orden de magnitud muy diferente.

Por lo tanto, la conversión de agua de mar necesaria para repostar un barco sería una labor colosal. Y ese es el problema. Muchos críticos del combustible de agua de mar afirman que el proceso es demasiado intensivo energéticamente para ser viable, es decir, el consumo de energía para su producción puede resultar mayor con respecto al que generan a cambio.

Otro problema potencial para el combustible de agua de mar es la cantidad de emisiones de CO₂ que el producto final va a crear. Incluso si se tratara de una tecnología viable, hay una posibilidad de que no cumpliera con los estrictos objetivos de emisiones de CO₂ que se impondrán en las próximas décadas. Se estima que el transporte marítimo mundial representa actualmente el 3% del total de las emisiones globales de CO₂. Cuando se combinan con el CO₂ de la aviación, las emisiones totales de ambas industrias son comparables con el CO₂ producido por todo el continente africano.

Bajo las nuevas normativas de la UE que entrarán en vigor el próximo año, todos los barcos que operen en el Canal Inglés, Mar del Norte y Mar Báltico, tendrán que utilizar combustibles con un contenido máximo de azufre del 0,1%. Asimismo, en 2020 bajo las normas de la Organización Marítima Internacional, todos los buques del mundo tendrán que funcionar con un combustible con contenido de azufre del 0,5%. ¿Podrá el combustible de agua de mar cumplir con las estrictas normas de la OMI? Es demasiado pronto para dar respuesta a esta cuestión, ya que se estima que la tecnología no sea viable comercialmente hasta dentro de diez años.

Con el combustible de agua de mar en un sueño lejano, los operadores tendrán que empezar a utilizar combustibles de bajo contenido en azufre para cumplir con las regulaciones. El problema de esta opción es que los combustibles bajos en azufre son caros. Operadores como P&O Ferries, comentan que su factura de combustible aumentaría en 38 millones de euros al año como resultado de cumplir con las nuevas normas, lo que se transmitirá a los consumidores finales.

Las tendencias recientes indican que los operadores están adoptando combustibles como el gas natural licuado (GNL) y los biocombustibles con el fin de cumplir con los objetivos estrictos de emisiones de CO₂ y mejorar su eficiencia energética. Rolls Royce, por ejemplo, ve de forma “optimista” la evolución de los sistemas de alimentación y propulsión a base de gas natural licuado para una amplia gama de tipos de buques, especialmente a la luz de la revolución del gas de esquisto actualmente en curso en los Estados Unidos. Los obstáculos tecnológicos que impedían el uso de GNL también se están superando, incluyendo los desafíos de aprovisionamiento de combustible.

En un informe reciente realizado por Lloyds Register titulado Global Marine Fuel Trends 2030, los expertos predijeron que el GNL tendría una “cuota de mercado significativa en el 2030”, incluso sin que existiera un gran esfuerzo para adaptar los sistemas de propulsión existentes. Además, un nuevo informe del Centro Tyndall para la Investigación del Cambio Climático afirma que es necesario un “cambio radical” de rumbo en los sistemas de propulsión si se quieren alcanzar los objetivos

de emisión globales, implementando nuevas tecnologías no contaminantes como las basadas en el viento.

Aunque no es lo suficientemente potente como para ser la única fuente de energía en el sector naval, la energía eólica podría aportar una “contribución significativa” a la propulsión de buques. Algunos expertos, como el Dr. Michael Traut de la Universidad de Manchester, señalan que este tipo de tecnología tiene sentido real y a largo plazo, sin tener necesariamente que competir con otros desarrollos, ya que se estima que los buques utilizarían la energía eólica en una configuración híbrida. No obstante, la cuestión que todos los investigadores señalan es si la industria está dispuesta a invertir en nuevas tecnologías, como el viento o el agua de mar convertida.

Sin embargo en la actualidad parece no haber mucho apetito por las grandes inversiones en nuevos desarrollos, ya que la mayoría de las compañías navieras están más interesadas en implementar lo que ya ha sido desarrollado y probado debido a que garantiza un buen retorno de la inversión, lo que contrasta con las inversiones directas en investigación.

Para alcanzar una mayor eficiencia, una reducción de los costes y cumplir con los objetivos en emisiones, parece que la utilización conjunta de diversos tipos de tecnologías puede ser el intento más viable en la actualidad, incluyendo en la fórmula los combustibles bajos en azufre, el gas natural licuado e incluso la energía eólica. Sin embargo, sigue sin haber una respuesta definitiva a los problemas que se enfrenta el sector a través de un cambio revolucionario, como el que podría resultar del combustible de agua de mar, el cual no parece probable su puesta comercial en el corto plazo dada su fase inicial de desarrollo acompañada de una falta evidente de inversión.

CONCLUSIONES

He decido hacer mi proyecto de fin de Grado sobre propulsores y clasificación de buques porque durante mis prácticas en el SPABUNQUER21 me di cuenta de que mis conocimientos de máquinas y de clases de buques era más bien limitado así que como último escalón en mi carrera profesional he decidido utilizar este proyecto para poder cubrir esas deficiencias que he sentido durante mi periodo de embarque, pues antes de embarcar relacionaba mi trabajo solo y únicamente al puente de mando sin preocuparme por lo que podía suceder "abajo" cosa que desde el primer día de embarque me di cuenta que había cometido un error .

Tras la realización de este trabajo y bajo los conocimientos adquiridos durante mis años de estudios y de prácticas profesionales, he de decir que me apasiona tanto los distintos sistemas que permiten el control y el traslado de esos monstruos sobre el mar, con tantos tipos de prestaciones y maniobrabilidad, para mi personalmente, es un mundo que he ido descubriendo como si de un sueño inimaginable se tratara.

Estudiar y desmenuzar como la inquietud del hombre por lograr llegar a la otra orilla o por conquistar ese medio, la manera en la que ha ido buscando la manera de evolucionar para lograr llegar a donde otros no habían llegado, demuestra la capacidad de superación del ser humano capaz de superar los umbrales y circunstancias que se creían imposibles.

Respecto a los distintos tipos de propulsores y sistemas que hacen posible la navegación, he de nombrar la disposición que lleva hacia una navegación más limpia y ecológica, me daba cierto temor leer o ver en las películas esos submarinos que usaban la energía nuclear y viendo las noticias, los vertederos de desechos radiactivos... pues me imaginaba que trabajar en un buque que usaba este tipo de energía tenía que ser algo terrorífico y yo como tal un terrorista ecológico, pero tras descubrir el mundo de este tipo de propulsores, puedo decir que tengo criterio para defender que es una de las formas de navegación más limpias que existen.

En definitiva pienso que la navegación ha de evolucionar a un nivel más ecológico, más sostenible, pues a la mayor parte de las personas que vivimos del mar no lo hacemos solo por un sueldo o una cama, lo hacemos por una pasión, por unas vistas que solo existen ese instante y que al segundo ya nada es igual y esa belleza hay que cuidarla y conservarla para así poder disfrutarla plenamente.

BIBLIOGRAFÍA

1. Educano. *Educano*. [En línea]
<http://www.educando.edu.do/articulos/estudiante/la-revolucin-industrial/> .
2. Angel Franco García. *Angel Franco García*. [En línea]
<http://angelfrancogarcia.blogspot.com.es>.
3. Autor. OCW. *OCW*. [En línea] www.ocw.upc.edu.
4. Rodríguez, Eugenio. FIERAS DE LA INGENIERÍA. *FIERAS DE LA INGENIERÍA*. [En línea] 2014. <http://www.fierasdelaingenieria.com/combustible-de-agua-de-mar-el-futuro-de-la-propulsion-naval/>.
5. Universidad Politécnica de Cataluña. OCW. *OCW*. [En línea] www.ocw.upc.edu.
6. DP Bilbao. Diario el Puerto. *Diario el Puerto*. [En línea] 01 de 04 de 2014.
<http://www.diariodelpuerto.com/ver/44333/el-choque-de-un-mercante-y-un-pesquero-en-la-ria-de-vigo-deja-tres-muertos-y-dos-desaparecidos.html>.
7. E.F.E. 20 Minutos. *20 Minutos*. [En línea] 03 de 08 de 2010.
<http://www.20minutos.es/noticia/781545/0/buque/liberado/pirateria/>.
8. Arlanza Ediciones. Arte Historia. *Arte Historia*. [En línea] MUSEO NAVAL MADRID, SIGLO XIX. [Citado el:]
<http://www.artehistoria.com/v2/obras/28304.htm>.
9. Juan Carlos Díaz Lorenzo. Bermaxofotos. *Bermaxofotos*. [En línea] 1 de 2012.
<http://bermaxofotos.blogspot.com.es/2012/01/la-vida-marinera-del-buque-frigorifico.html>.
10. Egipto antiguo. *Egipto antigua*. [En línea] 2 de 2013. <http://egipto-antiguo.com/antiguo-egipto/el-antiguo-egipto-la-barca-solar-de-keops/>.

11. Elormundial. *Elormundial*. [En línea] EL TRANSPORTE MARITIMO, 14 de 12 de 2012. <https://elordenmundial.wordpress.com/2012/12/14/el-transporte-maritimo/petrolero/>.
12. D.R. Alma Rosa Gomez y Guillermo Flores. Galeón. *Galeón*. [En línea] <http://www.galeon.com/home3/ciencia/barcos.html>.
13. PATRICIO BARROS. Libros maravillosos. *Libros maravillosos*. [En línea] <http://www.librosmaravillosos.com/historiadelanavegacion/capitulo06.html>.
14. Ki Jelsein Rivadeneira . Monografías. *Monografías*. [En línea] <http://m.monografias.com/trabajos70/historia-navegacion-maritima/historia-navegacion-maritima2.shtml>.
15. Nauticexpo. *Nauticexpo*. [En línea] STADT. <http://www.nauticexpo.es/prod/stadt/product-32120-200622.html>.
16. NAVIERA MARASIA. NAVIERA MARASIA. *Buques*. [En línea] NAVIERA MARASIA. http://www.buques.org/Galerias/Marasia_E.htm.
17. Jose María Casanova. Navymar. *Navymar*. [En línea] 27 de 8 de 2003. <http://www.navymar.com/AmerChoapaCartagena.htm>.
18. SSOT SHIPBROKER CO LTD . Spanish.alibaba. *Spanish.alibaba*. [En línea] <http://spanish.alibaba.com/product-gs/gc00744203-dwt-11443-general-cargo-ship-127344960.html>.
19. BUDIN B. Taringa. *Taringa*. [En línea] Buques Ro-Ro. <http://www.taringa.net/posts/apuntes-y-monografias/4234205/Buques-Ro-Ro.html>.
20. REDACTOR VIGO EMPRESA. Vigo empresa. *Vigo empresa*. [En línea] 3 de 2 de 2006. <http://www.vigoempresa.com/html/es/cover.php?id=298#.VeXMTYH2GrU>.
21. chichen-itza2013bb. Virgiliotovar. *Virgiliotovar*. [En línea] 23 de 6 de 2013. <https://virgiliotovar.wordpress.com/2013/06/23/>.

22. CC BY-SA 3.0. Wikipedia. *Wikipedia*. [En línea] CC BY-SA 3.0, 30 de 6 de 2015.
<https://es.m.wikipedia.org/wiki/Turbomáquina>.

23. —. Wikipedia. B_G. [En línea] CC BY-SA 3.0, 1 de 2015.
<https://es.m.wikipedia.org/wiki/Granelero>.

24. —. Wikipedia. p-c. *Wikipedia. p-c*. [En línea] CC BY-SA 3.0.
https://es.m.wikipedia.org/wiki/Buque_portacontenedores.

