



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 28 MARZO DE 2010

**“EL DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA EN LOS VEHÍCULOS ACUÁTICOS”**

AUTORÍA <b>RAFAEL JOSÉ SALADO AVILÉS</b>
TEMÁTICA <b>AVANCE TÉCNICAS, NUEVAS TECNOLOGÍAS</b>
ETAPA <b>BACHILLERATO, E.S.O.</b>

**Resumen**

La tecnología ha tenido mucha influencia en los diferentes campos del saber. Es bien sabido que en aquellas épocas de conflictos bélicos, la investigación en nuevas tecnologías avanzaba a pasos agigantados, un ejemplo ha sido la enorme evolución de la electrónica.

En este artículo se verá como han ido evolucionando los diferentes vehículos acuáticos a medida que las tecnologías y las técnicas lo hacía, desde pequeñas salas con poca autonomía, hasta complejas máquinas para la investigación del mundo sub-acuático.

**Palabras clave**

Submarinos.  
Sumergibles  
Flotabilidad  
Estanqueidad  
Inmersión  
Kingston

**Autoría**

- Nombre y Apellidos: Rafael José Salado Avilés
- Centro, localidad, provincia: I.E.S. Mar de Alborán, Estepona, Málaga

**1. EVOLUCION DE LOS PRINCIPALES ARTILUGIOS SUBACUATICOS.**

Hasta hace unos años los buques capaces de navegar en inmersión se dividían en dos grandes grupos:

- Submarinos.- Buques de coeficiente de flotabilidad pequeño (menos del 15%) y débil estabilidad en superficie. Es decir buques especialmente diseñados para navegar en inmersión y solo accidentalmente en superficie.
- Sumergibles.- Buques de elevado coeficiente de flotabilidad (de 25 a 45%) y gran estabilidad en superficie. Este buque solo se sumerge ocasionalmente, pudiendo navegar como buque de superficie.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 28 MARZO DE 2010

- Coeficiente de flotabilidad: es la relación entre su flotabilidad y su desplazamiento en inmersión. Ordinariamente esta cantidad, menos que la unidad, se expresa en tanto por ciento.

- 

Actualmente, estos dos conceptos se han unificado y únicamente hablamos de submarinos como buques que reúnen las cualidades de los dos anteriores, pudiendo navegar en superficie y sumergidos. Otra clasificación más actual en lo que se refiere a vehículos submarinos de investigación sería:

1º) Según estén habitados o no:

1.1. Vehículos no habitados y dirigidos desde un buque auxiliar de superficie.

1.2. Vehículos habitados y que pueden estar dirigidos bien desde un buque auxiliar o bien ser auto pilotados.

2º) Según la autonomía:

2.1. Vehículos unidos con cable. Teniendo todos en común la existencia de una ligazón material cuya finalidad puede ser diferente: cable para conducción de la energía eléctrica, cable para control remoto, umbilicales par campanas sumergidas, etc. La unión incrementa la seguridad en los suministros y por tanto el tiempo de inmersión, por el contrario en caso de ruptura de los cables de unión sería fatal para el vehículo y en su caso para los ocupantes.

2.2. Vehículos sin ataduras. Son pequeños vehículos con desplazamiento del orden de 15 toneladas. La autonomía está limitada a unas 10 horas.

## 1.1. CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS.

Su uso en hoy fundamentalmente militar, existiendo pequeños submarinos de utilización en investigación. En general los submarinos han evolucionado en dos direcciones:

### • SITUACION DE LOS TANQUES RESPECTO AL TANQUE RESISTENTE.

**En un principio los tanques se situaban en el interior del casco resistente a la presión de este casco. Esto representaba dos grandes inconvenientes:**



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 28 MARZO DE 2010

- a) Un defecto de estanqueidad de las válvulas de llenado hacían que o bien se inundara el submarino por las ventilaciones o si se cerraban estas, que las paredes interiores de los tanques tuvieran que soportar la presión exterior.
- b) En caso de averías en inmersión no era posible soplarlos porque se someterían los tanques a las presiones exteriores.

Es decir, la única solución sería construir los tanques y sus elementos a la presión exterior. Lo que era inviable. Por ello se pasó inmediatamente a unos tanques de lastre principales, exteriores al casco resistente, lo que permite que estos tanques y los accesorios no sean resistentes ya que para inundarlos se abren kingston y ventilaciones y siempre se igualan las presiones interiores y exteriores. Para vaciarlos se soplan con aire a presión y únicamente se cierran los kingston cuando el buque esta en superficie. Otra ventaja es que permite darle forma no tubular para disminuir la resistencia de fricción.

Está claro que en un submarino para sumergirlo, hemos de conseguir que el desplazamiento se haga igual al empuje que recibe el submarino totalmente sumergido.

El estudio del submarino se hace para que al inundar los lastres principales, supuesto que el lastre de seguridad este vacío, el submarino se hunda salvo la torreta. Esto nos lleva a una consecuencia inmediata, el peso del submarino es único, no se puede variar para conseguir el objetivo anterior, de ahí el cuidado en el control de los pesos tanto durante el proyecto como durante la construcción.

Visto lo anterior, si un submarino contara únicamente con los lastres principales nunca podría hundirse, la torreta quedaría fuera del agua y tendría problemas tales como:

- Como corregir el consumo de combustible.
- Como contrarrestar la disminución de peso por el lanzamiento de un torpedo.
- Como contrarrestar los consumos de municiones, víveres, ligeras modificaciones, variaciones de la densidad del agua, etc.

Estas desviaciones se corrigen llevando a cabo una serie de acciones tales como:

-Corregir las diferencias de peso habidas durante la construcción, para conseguir que los lastres principales cumplan su misión, utilizando lastres sólidos en la quilla que se calculan una vez realizada la experiencia de estabilidad.

-Situación de los tanques de combustible exteriores y comunicados con el mar con lo que siempre se mantienen llenos con el combustible en la parte superior. También cuentan con tanques de combustible pequeños interiores.

-Situación de una serie de tanques de lastre que por ser interiores son tanques resistentes, que se prueban a la presión de máxima profundidad aplicándoles los coeficientes de seguridad oportunos. Entre estos tanques de lastre están los siguientes con las siguientes misiones:



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 28 MARZO DE 2010

- 1.) De seguridad: en la vertical del centro de gravedad del submarino, es resistente y siempre debe ir lleno para que en caso de avería se sople y emerja la torreta.
- 2.) De regulación: su centro de gravedad debe coincidir con el del submarino para mantener siempre junto con los de nivelación el desplazamiento del buque.
- 3.) De nivelación: de proa y de popa. Junto con el de regulación consiguen mantener el desplazamiento con trimado cero.
- 4.) De inmersión rápida: situado en la parte de proa y normalmente va vacío. Se llena cuando se quiere una inmersión rápida, al producir un momento negativo.

Por último debemos incluir en esta enumeración, en la que por su escaso significado o importancia no nos detenemos en muchos otros (expansión, agua dulce, agua de baterías, etc.) los tanques de compensación que son tanques no resistentes con la misión de compensar la pérdida de peso por el lanzamiento de un torpedo de proa a popa.

Cabe mencionar que el resto del submarino que no es casco resistente, es zona de libre circulación del agua, sin ningún tipo de estanqueidad.

Por último recordar con respecto a:

\* La estabilidad del submarino: En inmersión el metacentro coincide con el centro de carena y para que el submarino sea estable, este debe estar por encima del centro de gravedad. Es decir, al pasar de superficie a inmersión, el centro de carena tiene que pasar de estar por debajo del centro de gravedad a estar por encima.

\* La maniobrabilidad del submarino: al poderse mover tanto en el plano horizontal como en el vertical, llevar además del timón o timones verticales igual que cualquier otro buque, otros timones horizontales, dos a popa; uno en cada banda; y dos a proa, también uno en cada banda. Estos últimos a veces van montados en la torreta. En algunos pequeños submarinos de investigación se utiliza una hélice que proporciona un empuje vertical.

## • SISTEMA DE PROPULSION.

La propulsión es un factor determinante en cuanto al tiempo de permanencia en inmersión. La propulsión convencional es Diesel-Eléctrica. Diesel cuando el submarino navega en superficie y puede aspirar aire de la atmósfera y Eléctrica en inmersión. La disposición es que navegando con los motores diesel, estos además de mover las hélices, mueven los generadores eléctricos (dinamos) que cargan las baterías. En inmersión se paran los motores diesel y la propulsión es eléctrica, alimentándose los motores de las baterías. Existe un tipo de navegación a cota periscópica en la que por medio del schnorchel se aspira el aire que alimenta a los motores diesel.

La gran revolución en la propulsión de los submarinos consiste en el empleo de turbinas que son alimentadas por calderas que consumen combustible nuclear, es decir, aparecen los submarinos atómicos o nucleares, el primero de los cuales, construido por la marina americana, fue el Nautilus, de 91,44 m de eslora, 8,22 m de manga y 4000 Toneladas sumergido. Lleva como sistema auxiliar de



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 28 MARZO DE 2010

propulsión motores diesel y motores eléctricos y posee una autonomía limitada exclusivamente por la resistencia de la dotación por lo que se ha cuidado extraordinariamente el clima interior del submarino, la decoración y las distracciones a bordo.

El clima interior es artificial y desorodizado, disponiendo de equipos para la extracción del oxígeno del agua del mar y su almacenamiento, y para absorber el CO<sub>2</sub> del aire viciado, por medio de hidróxido de litio y filtros de carbón activo, para eliminar los malos olores y las partículas de humo.

## 2. VEHICULOS Y ARTEFACTOS SUBMARINOS

Para el estudio de estos vehículos debemos partir de un dato fundamental que es la gran profundidad a la que deben desarrollar sus misiones, lo que nos va a llevar a tener como premisa general a la hora de fabricarlos, el empleo de vehículos pequeños y sumamente resistentes, lo que conlleva una serie de características tales como:

- La estructura para que pueda resistir mas es la que posee una geometría esférica. Esto implica dos tipos de problemas:
  - Problemas de disposición interior.
  - Problemas relativos al gran incremento que sufre la resistencia de fricción. Para soslayar en parte estos problemas, lo que se hace es mantener una geometría esférica para el casco interior o casco de presión, y alargar el casco exterior, dotándole de una forma de tipo cilíndrico o de cigarro y permitiendo en los extremos transiciones suaves como pueden ser formas cónicas, semiesféricas o toriesféricas.Los submarinos empleados para la realización de las operaciones de transferencia en seco (rescates) suelen tener dos o tres cascos esféricos separadas por un casco cilíndrico de transición.
- Se debe emplear en la construcción del casco de presión, materiales capaces de soportar las presiones reinantes a profundidades que pueden llegar a ser mayores de 10.000 m y que resistan el ambiente corrosivo existente a esas profundidades. Esto nos da dos características fundamentales como son alta relación resistencia/peso o resistencia/densidad, así como buenas propiedades anticorrosión. Además los materiales deberán tener alta resistencia a la fatiga, buena tenacidad, buena soldabilidad y fácil maquinado.
- Los materiales para dar flotabilidad son principalmente:
  - Gasolina de peso específico 0,68. Pueden aprovecharse espacios inaccesibles y trasvasarse mediante bombas.
  - Espuma semisintética: Es sólida. Es un plástico aligerado con delgadas esferas de cristal huecas. Peso específico 0,68.

**INNOVACIÓN  
Y  
EXPERIENCIAS  
EDUCATIVAS**

**ISSN 1988-6047    DEP. LEGAL: GR 2922/2007    Nº 28 MARZO DE 2010**

- La disposición de equipos viene determinada por dos factores: Profundidad y autonomía, aunque muchas veces estas dos cualidades están íntimamente ligadas.

-Para operaciones en aguas poco profundas, hasta unos 1000 pies, la proximidad de las costas hace que el problema logístico de la operación sea más fácil de resolver. El tiempo requerido para completar la inmersión es una pequeña parte del total de la operación. No se requiere gran autonomía y no es necesario disponer de equipos especiales para el soporte vital de la tripulación, tales como camarotes, dispositivos para comer, expulsión de aguas residuales, etc.

-Para mayores autonomías y normalmente mayores profundidades, suele aumentar la tripulación para proporcionar el necesario descanso. Como consecuencia de esto, hay que aumentar el espacio para alojamiento y el vehículo aumenta de tamaño.

## **2.1. Descripción de algunos vehículos submarinos.**

### **2.1.1. BATISFERA**

La primera observación a grandes profundidades la realizaron Otis Barton y William Beebe en 1934 valiéndose de una BATISFERA con la que descendieron hasta 1000 m de profundidad.

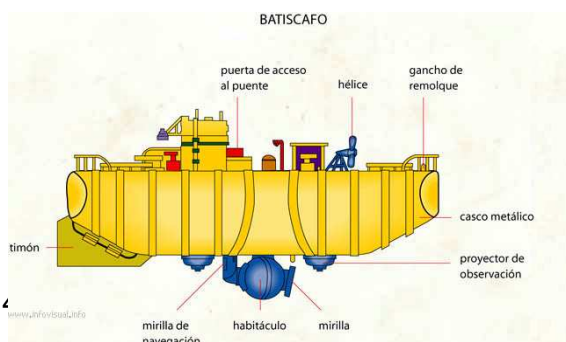
La Batisfera estaba constituida por una esfera de acero de 1,35 m de diámetro y 2,5 T de peso. Los observadores podían ver el fondo a través de unos portillos de cuarzo fundido. La esfera se arriaba por medio de un cable de acero, cuya rotura habría significado la muerte segura para los ocupantes. Unido a este cable había otro para suministro de energía eléctrica y comunicación telefónica con el buque en superficie.

Las oscilaciones del buque auxiliar de superficie cambiaban por la acción de las olas y estas oscilaciones se veían amplificadas a lo largo del cable, por lo que existía un peligro evidente de rotura del cable que soportaba la Batisfera.

### **2.1.2. Batiscafo trieste I**

Después de múltiples inmersiones, en 1960 llegó a realizarse una inmersión a 35.000 pies (aproximadamente 12.000 m) con este vehículo.

Incorpora propulsor vertical, tubos de lastre sólido y tanques de lastre de agua. Dispone de dispositivo magnético para librarse de los lastres sólidos en caso de tener que realizar un ascenso de emergencia. Los tanques de gasolina tienen como función única la de proporcionar reserva de flotabilidad.





ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 28 MARZO DE 2010

### 2.1.3. Batiscafo trieste II

Es una variante del anterior en el que la esfera que forma el casco de presión está localizada en la parte delantera. Las baterías se sitúan en popa. Dispone de cámaras de televisión en proa y popa. Los tanques de gasolina están situados hacia la mitad del vehículo. Disponen de un sistema de trimado de mercurio para compensar las variaciones de la carga.

Características:

- |                               |                                     |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| * Casco de presión:           | * Manga: 15 ft (4,6 m)              |
| -Diámetro.- 2,20 m            | *Desplazamiento: 220 Toneladas      |
| -Material.- Acero forjado     | * Profundidad: 35.000 ft            |
| -Espesor.- 90/120 mm          | (aproximadamente 12.000 m)          |
| * Material flotante: Gasolina | *Velocidad: 2-4 nudos               |
| * Eslora: 67 ft (20,4 m).     | * Autonomía: 14 millas a 2,4 nudos. |

### 2.1.4. Batinauta aluminaut

Prescinde de la forma esférica del batiscafo tomando forma tubular más parecida a un submarino, lo que le da mayor maniobrabilidad.

Recibe este nombre por estar construido de aluminio forjado, a base de módulos unidos mediante pernos forjados de aluminio.

Emplea un sistema de trimado de mercurio, pero en este caso interior al casco de presión.

Características:

- |                              |  |
|------------------------------|--|
| * Casco de presión:          | * Desplazamiento: 81 Toneladas                 |
| -Diámetro.- 2,5 m            | * Profundidad: 45000 m (solo ha bajado a 2000) |
| -Espesor.- 165 mm            | * Velocidad: 3,8 nudos                         |
| -Material.- Aluminio forjado | *Autonomía: 80 millas a 3,8 nudos              |
| * Eslora: 15,62 m            |  |
| * Manga: 3,05 m              |  |

### 2.1.5. Batinauta alvin

Se aproxima a un submarino convencional, ya que emplea un sistema variable de lastre de agua para el control del equilibrio peso-empuje. El casco de presión esférico flota por sí solo, lo que le permite incorporar una característica importante en cuanto a seguridad que consiste en dotar la esfera del resto del vehículo, actuando sobre una conexión existente en el suelo de la esfera, con lo que este casco de presión sube a la superficie.

El empuje adicional para soportar el peso de las baterías y otros pesos externos a la esfera se consigue mediante espuma sintética incrustable en ligera esferas de Titanio.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 28 MARZO DE 2010

El equilibrio vertical se consigue llenando o vaciando los tanques de lastre mediante bombeo, un bombeo que requiere mucha potencia, ya que los tanques no están a la presión del mar en cada momento.

Posee tres motores electro-hidráulicos, uno a popa y los otros dos a babor y estribor en la mitad de la proa.

Características:

- \* Casco de presión:
  - Diámetro.- 2,1 m
  - Espesor.- 34 mm
  - Material.- HY-100
- \* Profundidad: 1800 m
- \* Velocidad: 2,6 nudos
- \* Autonomía: 25 millas a 2,5 nudos
- \* Eslora: 6,1 m
- \* Manga: 2,29 m
- \* Desplazamiento: 15 Toneladas

## 2.2. Otros vehículos tripulados

### 2.2.1. Para un solo hombre con utilización de trajes atmosféricos:

#### 2.2.1.1. *Jim*

El movimiento lo produce el hombre sobre el fondo.

Características:

- \* Profundidad: 457 m como máximo
- \* Depurador de CO<sub>2</sub>
- \* Soporte de oxígeno
- \* Peso en el agua: 27 Kg
- \* Tiempo máximo: 72 horas.

#### 2.2.1.2. *Spider*

Propulsado por seis hélices.

Características:

- \* Profundidad: 610 m
- \* Tiempo máximo: 80 horas
- \* No pesa en el agua
- \* Velocidad: 2 nudos
- \* Depurador de CO<sub>2</sub> y soporte de oxígeno

### 2.2.2. Campana de observación y manipulación. Comex mob.

Operada por dos pilotos a presión atmosférica. Puede maniobrarse dentro de un radio de 50 m desde el barco nodriza. La maniobra se controla mediante 8 hélices reversibles. Posee además dos sofisticados manipuladores.





ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 28 MARZO DE 2010

Características:

- \* Altura: 3,85 m
- \* Diámetro: 2,65 m
- \* Peso en aire: 9642 Kg
- \* Peso en agua: 350 Kg
- \* Profundidad: 1000 m
- \* Soporte de oxígeno
- \* Depurador de CO2 eléctrico
- \* Tiempo máximo: 144 horas
- \* Comunicaciones: cable telefónico
- \* Velocidad: 2 nudos
- \* Carga: 3000 Kg

### 2.2.3. Vehículos de transferencia. Ls-2000-12 (sm 358)

Es un vehículo de tamaño medio para una tripulación de tres hombres, capaz de realizar transferencias en seco. Es capaz de realizar misiones de observación a 300 m y operaciones con buceadores por medio de la esclusa a 200 m. Dispone de una hélice principal y tres empujadores laterales y verticales. Los buceadores pueden pasarse varias horas en el exterior del vehículo, alejándose hasta 100 m, el vehículo está dotado de cámara de descompresión y dispone de dos manipuladores hidráulicos y brazos con garras.

Características:

- \* Altura: 2,80 m
- \* Manga: 2,50 m
- \* Eslora: 7 m
- \* Peso en aire: 12.473 Kg
- \* Velocidad: 3 nudos
- \* Comunicaciones:
  - Telefónica entre compartimentos
  - Vehículo con buceador
  - Vehículo con superficie por telefonía de ultrasonidos
- \* Carga: 300 Kg

### 2.3. Vehículos de control remoto. No tripulados (rov)

El alto coste de poner un hombre bajo el agua, ya sea como buceador o dentro de un sumergible, junto a todo el soporte necesario, ha contribuido al desarrollo de los ROV (Remote Operation Vehicle).





ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 28 MARZO DE 2010

Se construyen de muchas formas y tamaños, según las tareas para las que se diseñe. Las ventajas de los ROVs son su ilimitada resistencia operacional en el sitio de trabajo y su capacidad de realizar tareas en áreas peligrosas, además de las económicas.

Aunque hoy en día la gran mayoría son ROVs unidos a superficie, se han fabricado ya algunos ROVs no unidos a superficie y controlados desde la superficie por ondas sonoras, evitando las restricciones que imponen los cables de unión y los peligros de que se enreden en el propio cable.

### 2.3.1. Epaulard

No está unido a la superficie. Opera hasta una profundidad de 6.000 m. Ha sido diseñado para el reconocimiento fotográfico y batimétrico del fondo. Navega a una altitud constante de 7 m sobre el fondo. Tiene forma de gota. El propulsor funciona alimentado por baterías. Monta una cámara Benthos capaz de efectuar 5000 imágenes, grabadora de vídeo y lámparas.

### 2.3.2. Rum (remote underwater manipulator).

Este robot que puede trabajar a 6.000 m de profundidad, ha sido construido en EEUU. Está equipado con un brazo accionable, cuatro cámaras de televisión y un sistema sonar para guiarle. La energía que necesita le llega desde la superficie a través de un cable coaxial que al mismo tiempo conduce las señales televisivas. Su velocidad es de 3 nudos y puede salvar desniveles de hasta el 60% y obstáculos de 1 m de altura. La iluminación la obtiene con lámparas de vapor de mercurio.

### 2.3.3. Sea worker

Esta unido a la superficie. Es capaz de trabajar hasta 914 m de profundidad. Dispone de cuatro empujadores horizontales y dos verticales. Posee cuatro lámparas de 250 W, sonar, giroscópica, autocontroles de profundidad, trimado y altitud. Monta cuatro cámaras de televisión y dos manipuladores. Está equipado además con equipo fotográfico, medidor de potencial de corrosión y medidor de espesor. Puede operar hasta 457 m de profundidad, a una velocidad de 2 nudos, pudiendo alejarse el robot 100 m.

## 3. PROPUESTA DIDÁCTICA PARA LA MATERIA DE TECNOLOGÍA

El método de Análisis basa en el estudio de distintos aspectos de los objetos y sistemas técnicos, para llegar desde el propio objeto o sistema hasta las necesidades que satisfacen y los principios científicos que en ellos subyacen; es decir, se realiza un recorrido de aplicación de distintos conocimientos, que parte de lo concreto, el objeto o sistema en sí, y llega a lo abstracto, las ideas o principios que lo explican.

Entre otros aspectos, deben contemplarse el análisis histórico del porqué nace el objeto o sistema, el análisis anatómico (forma y dimensiones del conjunto y de cada componente), el análisis funcional (función global, función de cada elemento y principios científicos de funcionamiento), el análisis técnico



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 28 MARZO DE 2010

(estudio de materiales, sistemas de fabricación, etc), el análisis económico (utilización, rentabilidad, costes, amortización, etc) y el análisis medioambiental.

La necesaria gradación en el aprendizaje requiere comenzar por el análisis de objetos sencillos, pasando a continuación a objetos más complejos, finalizando con el de sistemas técnicos.

Este documento por tanto, se ha de utilizar como una guía para la realización de un análisis histórico de los vehículos acuáticos, viendo cómo los diferentes avances tecnológicos han ido influyendo ellos.

Es muy importante que este tipo de metodología de análisis resulte motivadora para el alumnado, es por ellos o que se ha elegido un tema innovador como es el de los vehículos submarinos, mucho menos usados que el de los vehículos terrestres u aéreos, provocando un interés en dicho alumnado. En este artículo se han obviado los avances que se realizaron en este campo en las diferentes guerras mundiales por dos razones principalmente, la primera de ellas es que el autor considera que los ejemplos han de fomentar la paz, tal y como nos indican los ejes transversales de la educación en valores, y en segundo lugar porque en esas épocas los avances fueron tal elevados que se necesitarían varios artículos para cubrir todas las mejoras sólo en el campo de la armamentística y del posicionamiento de los cañones antiaéreos, que dio lugar a toda la automatización.

#### 4. BIBLIOGRAFIA

- Martín Juan, Javier. (2009), *Apuntes de electricidad aplicada a los buques*, Ed. Editorial Club Universitario
- Poch, José Ramón. (1991), *Apuntes de equipo y servicios del buque : seguridad*, Ed. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Escuela Universitaria Politécnica