

**DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCION
NAVALES**

ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS NAVALES

**TECNOLOGIA CONSTRUCTIVA DE LOS
BUQUES DE PASAJE DE MEDIADOS
DEL SIGLO XIX**

AUTOR:

**CECILIO SANZ COLMENAREJO
Ingeniero Naval**

DIRECTOR DE TESIS:

**FRANCISCO FERNANDEZ GONZALEZ
Dr. Ingeniero Naval
Catedrático**

Año 2005

INDICE

OBJETO DE ESTE ESTUDIO.	ix
ALCANCE	x
FUENTES	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1. EL CAMBIO.	5
1.1 . Razones para el cambio	6
1.2 . Cronología de acontecimientos.	17
1.3 . Los nuevos barcos.	27
1.3.1 Transporte de pasajeros bajo bandera española.	43
1.4 Bibliografía, análisis y comentarios.	50
CAPITULO 2. LA INGENIERIA DEL s.XIX.	55
2.1. Reglamentos.	57
2.1.1. Lloyd's Register.	58
2.1.2. Momentos flectores.	69
2.1.3. Register Veritas.	73
2.1.4. Reglamentos nacionales.	73
2.2. Carenas.	75
2.2.1. Carenas patentadas.	80
2.3. Estabilidad.	89
2.3.1. Autores anteriores al periodo.	89
2.3.2. Estudios en el periodo.	93
2.3.2.1 Aportación de Attwood.	93
2.3.2.2 Historia de la estabilidad	99
2.3.3. Periodo de balance.	106

2.4. Potencia y maquinaria.	107
2.4.1.1 Robert Murray.	109
2.4.1.2 E. L. Atwood	112
2.4.1.3 L. E. Bertin.	114
2.4.1.4 Ley de comparación de Froude	118
2.4.2. Textos de Taylor.	119
2.4.2.1. Tipos de resistencias.	120
2.4.2.2. Cálculo de resistencias.	123
2.4.3. Cálculo de potencia de buques.	132
2.4.4. Propulsores.	136
2.4.4.1. Barcos de paletas.	136
2.4.4.2. Hélices.	142
2.4.4.2.1 Cálculos hélices	148
2.4.4.3. Propulsión hidráulica.	165
2.5. Bibliografía, análisis y comentarios.	167
CAPITULO 3. CASCOS DE HIERRO.	177
3.1. Obtención y características del hierro.	179
3.2. Planos de taller.	184
3.3. Otra información de construcción.	187
3.4. Secuencias de trabajo en astilleros. Remachado.	195
3.5. Protección del hierro.	205
3.6. Astilleros.	207
3.6.1. El astillero de Ferrol.	208
3.6.2. Astillero de UNL.	216
3.7 Auxiliares de casco.	220
3.7.1. Timón.	221
3.7.2. Servomotor del timón.	227
3.7.3. Servicio de lastre y sentinas.	231
3.7.4. Molinete, anclas y cadenas.	236
3.7.5. Ventilación.	239
3.8. Bibliografía, análisis y comentarios.	241
CAPITULO 4. LA PROPULSIÓN DE LOS NUEVOS BARCOS.	251
4.1.- La propulsión a vela.	252
4.2. Calderas.	256
4.2.1. Calderas. Murray.	256
4.2.1.1 Manejo de agua y vapor.	266

4.2.1.2 Selección y consumo de carbón.	270
4.2.2. Calderas. Sennett.	273
4.2.3. Calderas. Otros autores.	278
4.2.4. Combustible líquido.	280
4.3. Maquinaria propulsora.	281
4.3.1. General máquinas. Murray.	282
4.3.1.1. Manejo de la maquina. Murray.	288
4.3.1.2. Válvulas e indicadores. Murray.	291
4.3.1.3. Maquinas General. Murray.	293
4.3.2. Maquinas Sennett.	294
4.4. Auxiliares de máquinas y tuberías.	296
4.4.1. Comunicaciones.	296
4.4.2. Aparatos de medida.	296
4.4.3. Válvulas.	300
4.4.4. Condensador.	303
4.4.5. Bombas.	306
4.4.6. Varios de máquinas. Sennett.	308
4.4.7. Tubería.	311
4.4.8. Planos del <i>Conde de Venadito</i>	314
4.5. Bibliografía, análisis y comentarios.	315
 CAPITULO 5. ESPACIOS PARA EL PASAJE.	323
5.1. Presentación.	325
5.2. Disposiciones.	327
5.2.1. <i>Great Britain</i> .	328
5.2.2. <i>Great Eastern</i> .	331
5.2.3. Barcos H&W	333
5.2.4. <i>Scotia</i>	337
5.2.5. <i>Arawa</i>	337
5.3. Emigrantes.	345
5.3.1. Emigración española.	345
5.3.2. Acta Parlamentaria 1855.	350
5.4. Locales desaparecidos.	356
5.5. Servicios de habilitación.	360
5.6. Bibliografía, análisis y comentarios.	363
 CAPITULO 6. MEDIDAS Y ELEMENTOS DE SEGURIDAD.	369
6.1. Siniestralidad en barcos de vapor.	372

6.1.1. Estadísticas.	377
6.2. Disposiciones de seguridad en el s.XIX	380
6.2.1. Botes.	380
6.2.2. Compases.	385
6.2.3. Francobordo.	387
6.2.4. “Grupo de emergencia”	392
6.2.5. Mamparos estancos.	392
6.2.6. Exámenes de tripulación.	394
6.2.7. Reglas de tráfico.	395
6.2.7.1. Reglas relativas al rumbo.	397
6.2.8. Abordajes.	398
6.2.8.1. Reglamento de abordajes.	399
6.2.9. Señales acústicas.	400
6.2.10. Reglamentación del Almirantazgo y BOT.	401
6.3. Bibliografía, análisis y comentarios.	402
 CAPITULO 7. PROYECTO BUQUE 5000 TONS.	 409
7.1 Proyecto del buque	410
7.1.1 Modelo y dimensionamiento	411
7.1.2 Reglamentos nacionales e internacionales	413
7.1.3 Equipos auxiliares de casco	418
7.1.4 Carena	422
7.1.5 Datos de estabilidad y balance	424
7.1.6 Momento flector	426
7.1.7 Estimación de potencia	427
7.1.8 Propulsión	433
7.1.9 Maquinaria	436
7.1.10 Equipos auxiliares de máquinas	438
7.1.11 Vela auxiliar	441
7.1.12 Habilitación	443
7.2 Proyectos actuales	460
7.3 Buque moderno de 5000 Tons.	461
7.4 Bibliografía, análisis y comentarios.	468
 CAPITULO 8.- COMENTARIOS AL ESTUDIO	 471
8.1. Comentarios finales.	472
8.1.1. Temas de Ingeniería Naval	473
8.1.2. Legados de la época	476

8.1.3. Caminos de investigación	480
8.2. Aportaciones al estudio.	482
8.3. Conclusiones.	486
GRABADOS Y FOTOGRAFÍAS	487
BIBLIOGRAFÍA CITADA EN EL TEXTO.	495
BIBLIOGRAFIA GENERAL	505.

OBJETO DE ESTE ESTUDIO

El objeto de este estudio no es otro que llegar a conocer la Tecnología Constructiva de los Barcos de Pasaje a mediados del s.XIX. Fue en este periodo en el que se produjo el cambio de esa forma de hacer barcos, similar a la empleada desde hace más de 6000 años. Ese periodo, al que se puede etiquetar de revolucionario, por la forma de construir, por los materiales empleados y por los barcos resultantes, es el objeto principal de la investigación a llevar a cabo. Se particulariza en la parcela de los barcos de pasaje, por vivencias profesionales propias en ese tipo de barcos.

Si se tiene en cuenta que el cambio abarcó al casco, que dejó de ser de madera; a la propulsión, que dejó de ser a vela; al personal que los construía, que dejaron de ser calafates; al herramiental de los talleres, que ya no incluyó a las sierras de cinta, y a cualquier otro aspecto que intervenía en la construcción, habrá que convenir que hay campo sobrado para la realización de este estudio.

Para llegar a un mejor conocimiento de los nuevos barcos, se va a tratar de que lo estudiado comprenda los siguientes temas, en extensión suficiente:

- Proyecto de barcos.
- Estudio de un astillero.
- Características del hierro.
- Planos empleados en astilleros.
- Construcción del casco.
- Elementos auxiliares del casco.
- Maquinaria propulsora.
- Auxiliares de maquinaria.
- Tubería.

- Detalles de habilitación.
- Prácticas y reglamentos de Seguridad.
- Proyecto de principio de un barco con formulaciones del s.XIX.
- Los ingenieros del s.XIX y su legado.

En relación con lo citado irán apareciendo los principales responsables de que todo esto se hiciera. La mayoría de los que se citen serán ingenieros franceses e ingleses, que son los que llevaron el peso de esta revolución naval en el citado siglo.

ALCANCE

Periodo considerado

El alcance en el tiempo de esta investigación es difícil de definir porque, aunque el cambio en los buques fue rápido, coexistieron vapor y vela, madera y hierro, ruedas de paletas y hélices, calderas de flujo y de tubos, etc.; no está fácil limitar. Para acotar tiempo y contenidos se podría pensar en el primer viaje de Europa a América, a vapor, del *Syrius* y el *Great Western* en 1838 con cascos de madera y ruedas de paletas, como inicio del estudio, y extender el mismo hasta alcanzar el 1882, en que los barcos empezaron a llevar máquinas de triple expansión, calderas de tubos de agua, alumbrado eléctrico y casco de acero, autenticas novedades sobre la novedad. Los temas que se entiendan de interés, algo anteriores o posteriores a las fechas citadas, formarán parte del estudio.

La mayoría de los acaecimientos que se describen tuvieron lugar en Gran Bretaña. Como ya se dirá, el retraso español en este campo fue de unos 40 ó 50 años.

Algunos de los textos consultados, rebasan el periodo que se ha citado por ser anteriores o posteriores. Textos como los de Knowles o Mazaudiers son anteriores a la fecha de inicio, aun cuando son una excelente referencia de lo que se hacia con anterioridad y punto de arranque de posteriores estudios, mientras que otros como los de Walton, Taylor y Attwood, están editados en los primeros años del siglo XX, aunque por fechas de prologo, o de primera edición, se ve que la mayoría de estos libros, están escritos el s.XIX. La temática a utilizar de estos, corresponde al periodo que se va investigar; de las excepciones se dejará constancia.

Alcance técnico

El alcance técnico del estudio se ha definido en el apartado anterior, en sus voces genéricas. Se amplia ligeramente las mismas para mejor comprensión.

Proyecto de barcos.- Se pretende acopiar la información localizada sobre temas tales como Reglamentos, carenas tipificadas u originarias de algún astillero, conocimientos de estabilidad, cálculo de la potencia, cálculo de ruedas de palas y cálculo de hélices. Se trata de reunir los conocimientos que tuvieron los ingenieros de la época para diseñar los barcos.

Información de un astillero.- Se tratará de conocer, con la información que se disponga, temas como la planta, características de las gradas, número y dedicación de talleres, transporte interno, servicios a gradas, herramiental de mano, detalles de la maquinaria, etc. Resumiendo, se trata de conocer dónde y con qué medios se hacían los barcos.

Obtención y características del hierro.- Se tratará de conocer mejor algo de la metalurgia del principal de los materiales que intervinieron en el cambio, que fue desplazado por el acero hacia 1880. Se intentará ver los requisitos mecánicos pedidos por las Sociedades y como fue la comercialización del mismo.

Planos para construcción.- Se intentará localizar información de los planos de Desarrollo que empleaba un astillero, para la construcción

de los barcos. Parece que los barcos de madera se construyeron con un número de planos no muy grande, en la actualidad se necesitan unos 3000 para construir un barco de pasaje, se intentara conocer cuantos y cuales se emplearon en los barcos considerados.

Construcción del casco.- La investigación se centrará en la secuencia de montaje de las partes, en el remachado, en el calafateo, distanciamiento de agujeros, plantillado, fórmulas de remachado, protección del hierro interior y exterior, etc.

Elementos auxiliares del casco.- Como tal se estudiarán el timón, servo, molinete, anclas, cadenas, servicio de achique y sentinas. Son los elementos que, en las especificaciones modernas, se conocen como auxiliares de casco.

Maquinaria propulsora.- Se intentarán conocer las máquinas y los diferentes tipos de estas que los barcos del XIX montaron a lo largo del siglo, pues fue en las máquinas donde el ingenio estuvo más despierto y las innovaciones fueron más numerosas. Fue el cambio de las máquinas el que acercó cada vez más, a los antiguos y a los modernos barcos, con no muy grandes variaciones en el casco.

Auxiliares de máquinas.- Se investigarán los elementos complementarios de la máquina principal y que con la misma fueron cambiando rápidamente, permitiendo mejorar en potencias, consumos, pesos, etc. Merece destacarse los estudios y cambios en condensadores, en seguridad mediante válvulas de alivio para el vapor, en calderas auxiliares, telégrafos, indicadores, etc.

Tubería.- La construcción de la tubería está tan ligada, hoy, a la soldadura eléctrica, que se hace difícil pensar que pueda ser realizada de cualquier otra forma. Se intentará saber qué soluciones encontraron para conseguir la estanqueidad que se requiere en esos servicios. Se aportarán soluciones antiguas conocidas.

Detalles de habilitación.- Se va a estudiar cómo eran las disposiciones de esos antiguos barcos que empezaron alojando a todo el pasaje bajo cubierta superior y luego lo fueron situando en superestructuras, más bien menguadas. También se verá la disposición y situación de los

alojamientos de emigrantes. Agua, luz y ventilación marcaron las diferentes épocas de los barcos de pasaje.

Prácticas y Reglamentos de Seguridad.- Siendo los barcos a estudiar de pasaje, el estudio no estaría completo dejando sin estudiar las diferentes medidas de seguridad que fueron saliendo en el siglo. Este apartado es de la máxima importancia. Estos temas no son exclusivamente de Sociedad de Clasificación, debieron ser los diferentes gobiernos los que publicaran las normas a seguir.

Realización de un proyecto de principio con formulaciones del s.XIX.- Con la información acopiada se va a hacer un proyecto de principio de un barco de la época, empleando las formulaciones localizadas para cada caso. Se comprobará si los resultados obtenidos son acordes y la información encontrada es adecuada.

Si se consiguiera conocer lo que se cita en los objetivos, y se amplía en el alcance previsto para este estudio, los resultados darían una perspectiva del los barcos de pasaje del s.XIX, bastante completa.

FUENTES

Para realizar el estudio citado se van a emplear una serie de libros, planos y documentos, conseguidos por diferentes medios y en diferentes sitios. La biblioteca de la ETSIN ha sido, sin duda, una de

las mayores y mejores proveedoras de información para la realización de este trabajo.

En el estudio se ha incorporado documentación de:

- National Maritime Museum de Londres.
- Museo Naval de Madrid.
- Museo Marítimo de Barcelona.
- Compañía inglesa Peninsular & Oriental (P&O).
- Dirección de Flota de CLH.
- British Library inglesa (Actas Parlamentarias inglesas).
- Royal Institution of Naval Architects de Londres (RINA).
- Librería Paris Valencia.
- Textos ETSIN.
- Biblioteca ETSIN.
- Personal SENER Valencia.
- Lloyd's Register de Londres.
- Lloyd's Register Valencia.
- Bureau Veritas de Paris.
- Bureau Veritas Valencia.
- Asociación de Ingenieros Navales.
- Unión Naval de Levante.
- Naviera Pinillos.
- Biblioteca propia.
- Otros.

ALGUNOS DE LOS LIBROS Y DOCUMENTOS CONSULTADOS

MARINE STEAM ENGINE
Ricard Sennett Londres 1885.

CURSO METODICO DE ARQUITECTURA NAVAL
Juan Monjó Barcelona 1856.

PAQUEBOTS A GRANDE VITESSE
Maurice Demoulin Paris 1887.

CARTILLA DE CONSTRUCCION Y MANEJO DE LOS BUQUES
Miguel Roldán 1831 y Francisco Chacón 1863 Madrid.

A TREATISE ON MARINE ENGINES
Robert Murray Londres 1869.

MACHINES MARINES
Bertin 1899.

RESISTANCE OF SHIPS AND SCREW PROPULSION
D. W. Taylor New York 1910 (prólogo 1893).

GUIDE PRACTIQUE D'ARCHITECTURE NAVALE
M. Mazaudier Toulon 1835.

CHAUDIERS & MACHINES DE LA MARINE DE GUERRE
Henry Caralp Paris 1896.

TRANSATLANTIC PADDLE STEAMERS
H. Philip Spratt Glasgow 1951.

LOS BARCOS DE LA EMIGRACION
Carlos Llorca Baus 1992.

TEORIE DU NAVIRE
E. Guyou Paris 1887.

SHIPBUILDING IN IRON AND STEEL
Samuel Thearle London & Glasgow 1886.

NAVAL ARCHITECTURE
John Knowles 1822.

THE NEW CUNARD SCOTIA
Articulo Illustrated London News 22 / 03 / 1862.

BUQUES DE GUERRA. ARQUITECTURA NAVAL
E. L. Attwood (1871) traducido J. Goytia Barcelona 1911.

HARLAND & WOLFF
Tom McCluskie. 1998.

CORREOS MARITIMOS ESPAÑOLES
Francisco Garay. 1987-1996.

STABILITY OF SHIPS
Sir Edward J. Reed 1885.

STEEL SHIPS
Thomas Walton 1904.

TEORIA DEL BUQUE
Antonio Cal 1902.

STEAMSHIP COEFICIENTS. SPEED AND POWERS
Charles F. A. Fyfe Londres New York 1920.

MACHINES A VAPEUR ET MACHINES TERMODINAMIQUES
DIVERSES
J. Dejust Paris 1899.

REGLAMENTO LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING PARA HIERRO
Y MADERA DE 1870.

LLOYD'S REGISTER
Barcos curiosos del s.XIX.

REGLAMENTO VERITAS PARA BUQUES DE HIERRO 1871.

REGLAMENTO VERITAS PARA BUQUES DE MADERA 1871.

PARLAMENTO INGLES.

Actas 1854 sobre marina mercante.

Acta 1852-55 sobre transporte de pasajeros.

MUSEO NAVAL DE MADRID

Láminas sobre cruceros de Ferrol 1888.

Copia libro Monjó Pons.

NATIONAL MARITIME MUSEUM

Planos de habilitación de *Great Britain* (1843).

Habilitación *Great Eastern* (1858).

MUSEO MARITIMO DE BARCELONA

Documentación de Compañía Transatlántica s.XIX

ARCHIVO COMPAÑÍA P&O

Por gentileza del Historiador de la Compañía P&O.

Información de características dimensionales y de máquina de los 125 primeros barcos de la Compañía.

INTRODUCCION

Este estudio se ha realizado para conocer mejor los barcos que fueron antecesores directos, de los que hoy se ven construir en los astilleros. Se va estudiar la Tecnología Constructiva de los Barcos de Pasaje de mediados del s.XIX.

El estudio trata de presentar tanto los buques, como las personas y las circunstancias que concurrieron, para que se empiezan a fabricar cuando y como lo fueron.

Fue hace unos 150 años cuando los barcos de pasaje empiezan a parecerse, más en sus funciones que en su estampa, a los que se está acostumbrado a ver hoy en día. Por supuesto que el transporte de pasajeros es muchísimo más antiguo, aunque la realidad es que en el año 1820, los barcos de pasaje están más cerca del *Mayflower*, que llegó a América en 1620, que del *Great Britain* que lo hizo en 1845.

Fueron dos las innovaciones básicas que hicieron a estos nuevos barcos ser tan diferentes de los anteriores, por una parte construir el casco de hierro, y por otra pasar de la vela a la propulsión mecánica. El casco de hierro los hizo mucho más seguros, además de más ligeros y duraderos, mientras que las máquinas y el olvido progresivo de la vela, que tardó unos 50 años en desaparecer, supuso un aumento de la velocidad y regularidad en los viajes, impensables con los barcos anteriores.

Por más que se pueda pensar que estos barcos del estudio ya se parecían a los que acostumbramos a ver, la verdad es que tecnológicamente todavía eran bien diferentes. El casco era de hierro remachado, al no conocerse la soldadura ni emplearse el acero en la construcción naval; los motores actuales de combustión interna no existían; se desconocía la electricidad, las primeras lámparas

eléctricas son de 1882; no acababa de subir el agua a cubierta para servicio del pasaje; la superestructura tardó en aparecer. En fin, las diferencias con los barcos modernos eran notorias, aunque tal vez no tan grandes como con los barcos de madera, sus antecesores inmediatos.

A nivel de proyecto, los ingenieros también debieron tener en cuentas bastantes diferencias en los nuevos barcos; debieron considerar que perdían mucha bodega para la carga al alojar en ella la maquinaria y los mamparos transversales, que las carenas se iban alargando, que la propulsión no era la misma, que los barcos llevaban doble fondo, en fin que estaban tratando con barcos diferentes a los de madera.

Los operarios (calafates y tejedores de velas), debieron ser objeto de enseñanzas y adiestramiento para los nuevos cometidos y las ampliaciones de plantillas en astilleros, no debieron hacerse precisamente con carpinteros.

La planta y cometidos de los talleres de los astilleros, incluidos maquinaria y utilaje, varió totalmente; de hecho en los astilleros se hicieron nuevos talleres y gradas, dotados de nuevas máquinas y herramientas, dedicados principalmente al trabajo del hierro.

A pesar de esta preparación para los nuevos barcos, hasta final del s.XIX, algunos astilleros (la mayoría), no desmontaron completamente las instalaciones que les permitieran hacer cascos de madera, por si alguien lo pedía.

Estos nuevos barcos de vapor, inicialmente con casco de madera, se empezaron a fabricar en Estados Unidos, Inglaterra y Francia, en la primera mitad del s.XIX. En España también aparecieron en fecha temprana este tipo de barcos, aún cuando no se construyeron aquí. En España se empezaron a utilizar tres vapores importados de Inglaterra (*Balear*, *Delfín* y *Mercurio*) en las líneas de navegación entre la Península y las Baleares, entre 1830 y 1833, en 1840 la Armada Española adquirió un buque inglés, construido en Nueva Escocia, el *Royal Willians*; en 1850 Antonio López crea su flota a vapor, también construida fuera de España.

Se puede haber dado la impresión por lo escrito que el Mundo de los Barcos, se creó cuando aparecieron los buques de vapor, que antes solo había caos y confusión, como dice la Biblia, no fue así. Puede que la época más sugestiva del mundo de los barcos, construcción incluida, corresponda a esos muchísimos siglos en que los barcos eran de madera y se movían a vela; era entonces cuando el cuaderno de bitácora y un buen libro de aventuras se parecían tanto. De cualquier forma, los barcos de madera aún tendrían tiempo, después de esta recreación del mundo, de escribir miles de historias de viajes, que nunca han dejado de causar sorpresa.

Estos cambios citados no deben dar lugar a pensar que el trabajo de la madera para la construcción de barcos, fue un simple trabajo artesanal; el astillero de madera llegó a tener detrás una tecnología, que no difería mucho de la que tuvo inicialmente la construcción de barcos de hierro, que fue aprovechada por estos. Los barcos de madera no navegaban porque la madera flota, ni porque Dios es bueno. Sus constructores hicieron muchas, muchísimas, cosas notables en su época. Sería un error olvidarlos o minimizar su enorme aportación.

En este estudio se ha dado bastante importancia a los conocimientos y datos que los ingenieros tenían a su disposición, para realizar planos y documentación constructiva. Se han tratado, como documentación del estudio, los Reglamentos nacionales e internacionales que se han podido conseguir, vigentes en aquel momento.

Dado que los buques elegidos han sido los dedicados al transporte de pasajeros, se ha puesto un especial cuidado en localizar los antecedentes de la legislación sobre seguridad, equivalentes del s.XIX a lo que hoy se encuentra en el SOLAS o en la IMO. En cada capítulo se explicarán los documentos correspondientes.

CAPITULO 1º

EL CAMBIO.

1.1 Razones para el cambio

1.2 Cronología.

1.3 Nuevos barcos.

1.4 Bibliografía, Análisis y Comentarios

OBJETO

El objeto, de este capítulo, es investigar las razones que pudieron dar lugar al cambio de los materiales constructivos y del sistema propulsivo de los barcos, a mediados del s.XIX.

Se va a incluir una cronología, en la que se puede ver cuando se van produciendo los cambios.

Se va a intentar localizar una serie de barcos del periodo estudiado y se va a realizar una descripción de los mismos. Algunos aspectos de estos barcos serán tratados en otros capítulos.

ALCANCE

Para conseguir los objetivos planteados, se estudiarán los motivos que se localizaron para el progresivo abandono de la madera, las primeras realizaciones de embarcaciones en hierro y vapor, así como la cronología de los acontecimientos citada.

Las descripciones de los barcos constarán de los datos dimensionales, de algo de su historial, de los datos de maquinaria y habilitación, que se han conseguido, así como de las velocidades y consumos correspondientes, si la fuente origin los proporciona. Se citará, como curiosidad, en algún barco, el armamento que llevaba, a cuenta de la piratería, que era frecuente en el Caribe, y en otras áreas, por aquellos años.

1.1 RAZONES PARA EL CAMBIO

Se estudiaran en este capítulo, primeramente, los motivos que pudieron influir para que los barcos de madera, que vieron empezar el s.XIX, fueran progresiva y rápidamente sustituidos por otros bien diferentes. Este cambio fue rápido, tuvo lugar en no más de 40 ó 50 años.

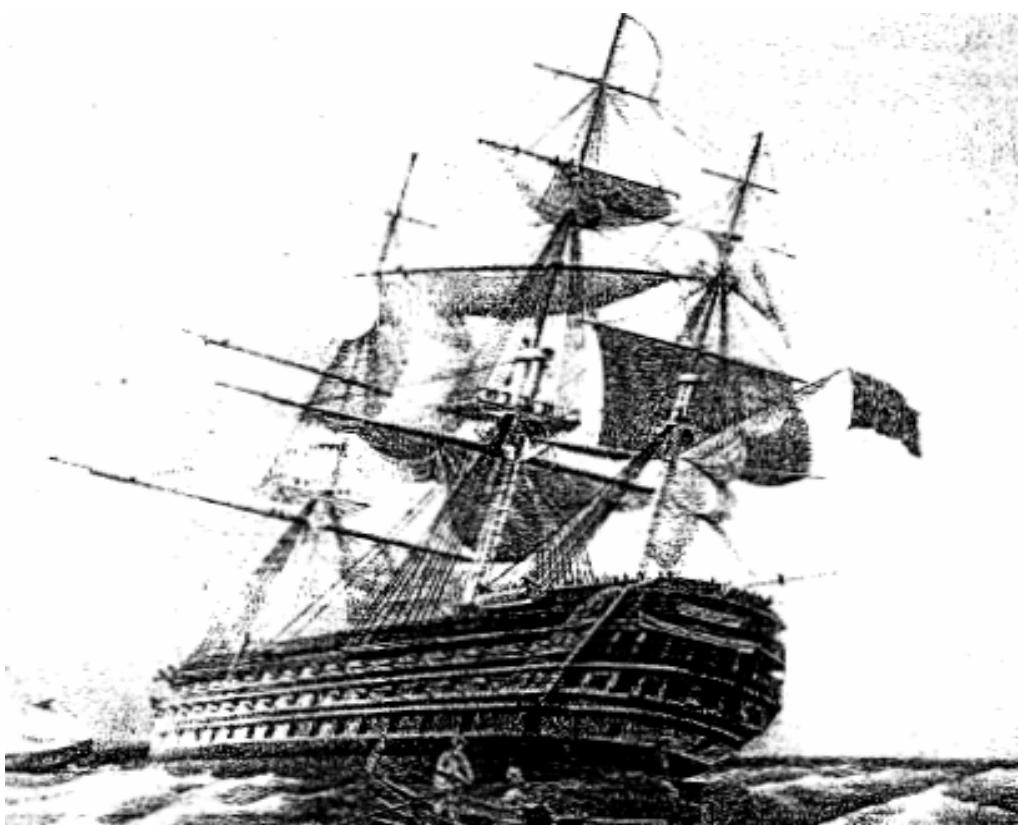
No se puede pensar que fue un único motivo el que lo originó, se dieron bastantes circunstancias, para que el cambio se produjera. Fue el conjunto de todas las razones que se citan a continuación, y algunas que se olvidaron, las que llevaron a esta transformación revolucionaria en la forma de construir los barcos, con abandono de las practicas, y materiales en uso, desde hacia muchos siglos.

Una de las razones para el abandono del barco de madera estuvo en que la construcción, con este material, se había quedado estancada en los últimos 200 años y que con la materia prima empleada no se veían posibilidades de avanzar.

En los siglos anteriores existió un notable avance en la construcción de buques. La carabela había supuesto un paso avante en la navegación oceánica, impensable con las galeras a final del s.XV; el galeón, aparecido en la primera mitad del s.XVI, vino a cubrir la cortedad de carga de las carabelas, aunque la facilidad para ser abordado y el escaso número de cañones que podía montar, propició el nacimiento del Navío de Línea allá por el 1650. Desde este año y hasta el 1850, el progreso en el buque de guerra no fue muy grande. Dado que los barcos llegaron a ser todos bastante parecidos, las batallas las acabaron ganando las mejores artillerías y las dotaciones más entrenadas, no los barcos con mejores condiciones náuticas, que no diferían en exceso.

Los famosos navíos de línea eran, en todos los países unos barcos de 195 a 198 pies de eslora¹, que casi nunca se atrevieron a superar los 200 pies, por miedo a que los barcos se dañaran gravemente. Casi tan altos como largos, al decir de la época, tenían tres cubiertas de baterías, lo que les confería una estabilidad no demasiado buena. Buscando mejorarla, los ingenieros navales ingleses intentaron bajar de 100 cañones a 80 y de tres baterías a dos, pero no tuvieron suerte con el Almirantazgo.

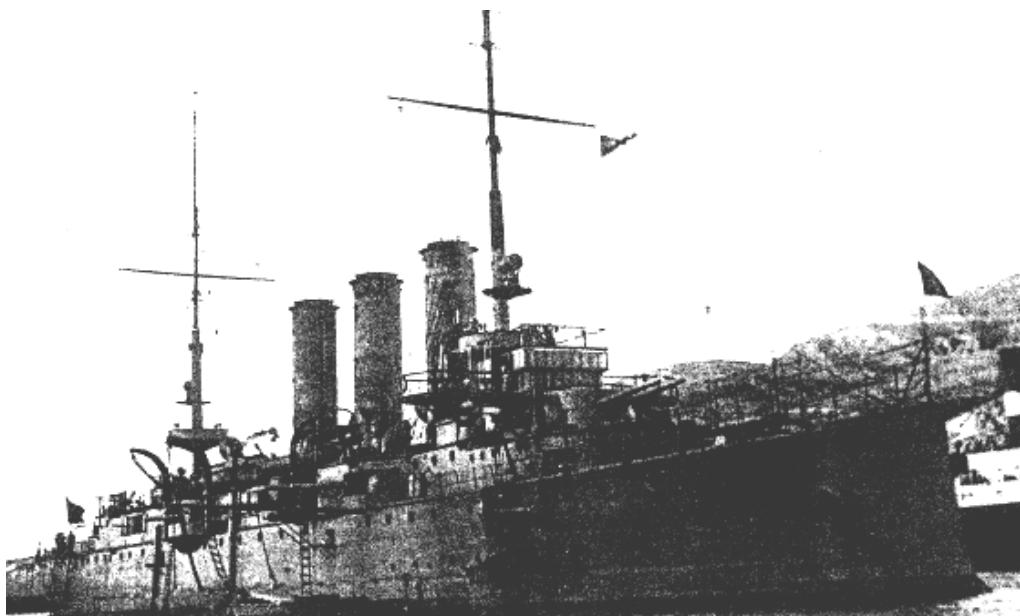
A pesar de que la frontera en eslora, que como ha sido dicho estaba en los alrededores de los 200 pies, no fue traspasada por los navíos de línea y se pensaba que no había peligro de que hicieran agua ni partiesen, las dimensiones y configuración de los mismos, hizo que tuvieran muchos problemas en navegación. En el conocido “Examen Marítimo” de Jorge Juan de 1771, en la pagina 69, se cita que cuando los navíos y fragatas (15 m. menos en eslora) salían a realizar cualquier misión, y se encontraban con mala mar, las fragatas volvían a los amarres y los navíos iban a dique, porque hacían agua.



Navío Queen 1844.

El presente de los más orgullosos de los barcos de guerra no era para sentirse muy contentos en la primera mitad del s.XIX. Se siguieron

haciendo este tipo de barcos en razón de conocer que el enemigo los estaba haciendo y, aún cuando les hubiera gustado hacer, nuevos barcos de 90 ó 100 metros de eslora con 140 cañones en dos baterías, hacia 200 años que se sabía que esto no era posible, solo con madera.



Crucero español Reina Regente. Botado en 1888.

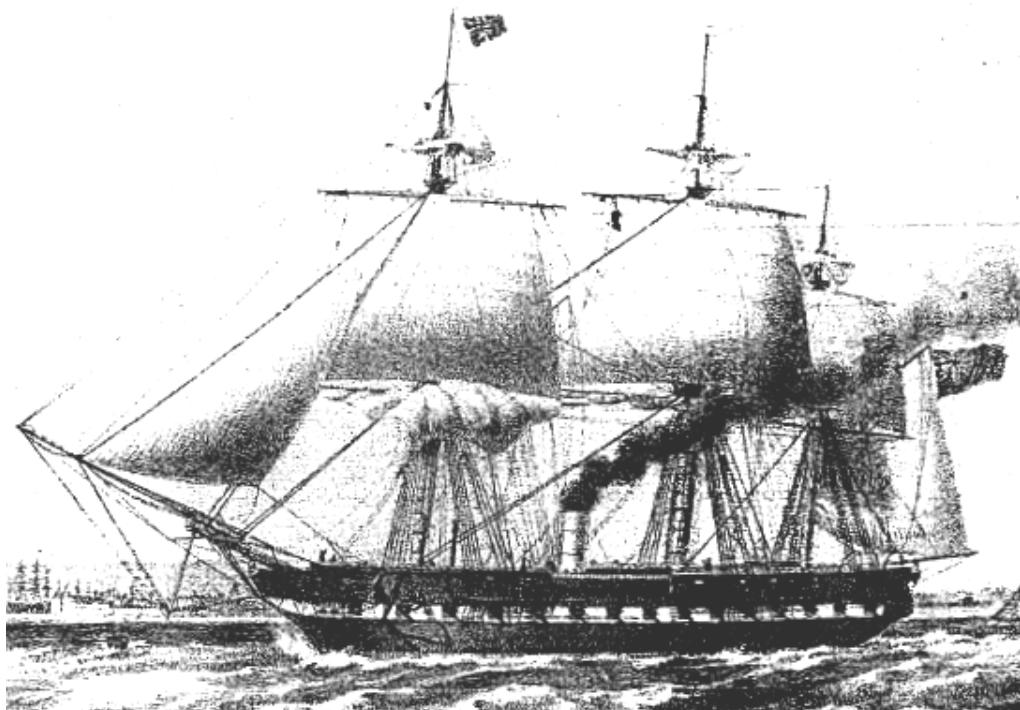
La mercante tenía las mismas limitaciones dimensionales que la flota de guerra. Aunque, en general, la construcción no se había llevado tan cerca de donde la experiencia aconsejaba no pasar, los barcos tenían la misma limitación en tamaño. Sin embargo el mayor problema que la marina mercante había tenido, en los primeros años del s.XIX, fue el bloqueo napoleónico. Hasta que Napoleón fue derrotado en Waterloo, en 1815, el comercio y los barcos, estuvieron, en buena parte, parados en Inglaterra y otras naciones, con las consecuencias de pérdidas de muchas embarcaciones en los propios ataques, al tiempo que no pocos pequeños armadores se habían arruinado o habían cambiado de oficio. Por todo esto; fue por los años 1815-1820, cuando se pone en marcha la necesaria reposición de la mayor flota comercial que entonces había, la inglesa.

El que se haya dicho antes que no extremaban la eslora los buques mercantes no quiere decir que los armadores no estuvieran soñando con barcos mayores que los que se podían hacer. De hecho se dieron casos, muy pocos, de barcos de madera que se aventuraron harta los 250 pies de eslora, ahora bien el reforzado de las zonas de conexión de los cuerpos de proa y popa con el cuerpo central, llevaba tan ingente cantidad de madera, que esos barcos se conocieron, por los marinos, como los “fortines”; el intento tuvo pocos adeptos, no era la solución. Baste como ejemplo el de la compañía armadora Great Western, propietaria del barco de madera *Great Western* de 180 pies de eslora, que les estaba dando un magnífico resultado; al ir a repetirlo en 1839, se encontraron con la nueva moda de que el armador debía aportar la madera al contratar un barco. Compraron una carga de roble africano para la construcción, pero, por problemas de carcomas u otros insectos, tuvieron que tirarla. Cansados del tema optaron por la construcción en hierro; el barco lo hicieron de 322 pies de eslora, casi el doble del anterior².

Tal vez, el mayor problema que la construcción naval tenía planteado era la escasez y precio de la madera³. El problema no era de entonces, venia de tiempos; ahora bien, la acumulación de pedidos que recibieron los astilleros en razón del final del bloqueo citado anteriormente, trajo en consecuencia que en pocos años se acabaran agotando los bosques mermados de los que los astilleros se abastecían y la construcción se colapsara. Para solucionar el problema se recurrió a la búsqueda de madera más al Norte de las Islas Británicas, algunos armadores se fueron a construir sus barcos en Nueva Escocia, se recurrió en algunos Astilleros (tal vez en todos) a que los armadores se ocuparan del acopio de la madera necesaria para el barco que querían hacer, y también se empezó a pensar que sería bueno disponer de un material alternativo. Esta falta de madera, es la razón que más se lee, como motivo para que los barcos se acabaran haciendo con casco de hierro.

Otro tema que no debe pasarse por alto es la invención de las máquinas a vapor, que inmediatamente pasaron a utilizarse en las fábricas y ferrocarriles de los países industrializados con mucho éxito. Una vez que las máquinas estuvieron disponibles, la inventiva naval de la época se puso en marcha y Presidentes, Grandes Duquesas y

Príncipes Consortes, no tardaron en darse los correspondientes paseos en barco por rías y estuarios, maravillándose de que, a pesar de no llevar velas, los barcos a vapor se desplazaran a unas velocidades (6-8 nudos) realmente altas. No pasó mucho tiempo para que las marinas de guerra americana, francesa e inglesa encargaran barcos con ruedas de paletas para incorporar a sus respectivas flotas. En 1850 ya eran bastantes los barcos, de guerra y mercantes, navegando con casco de madera, algunos de hierro, y propulsados a vapor por medio de ruedas de paletas o hélices.



Fragata HMS Arrogant. Pionera de las propulsadas a hélice.

No tarde en descubrirse que a cuenta de las vibraciones del cigüeñal de las ruedas, la madera del casco se dañaba y se abría; menudeando en consecuencia las visitas a los diques secos a taponar vías de agua. Por otra parte si se pensaba en montar una de las primeras hélices de Petit Smith, había que abrir un hueco en la popa de unos 7 x 5 pies, para acomodar el trozo de helicoide. Hacer estanca la abertura practicada y restablecer la resistencia eliminada no era faena fácil. La madera presentaba muchos problemas con la propulsión mecánica.

Las hélices de Smith, que acabaron siendo parecidas a las actuales, probadas y modificadas hasta la saciedad en 1843-1844, no planteaban los problemas que presentaban las ruedas de paletas, ni las primitivas hélices. Las nuevas hélices acabaron siendo admitidas en el Almirantazgo inglés en 1846.

Las razones citadas son las que más contribuyeron a que la mayoría de los barcos de pasaje, que se construyeron a partir de 1855 / 1860, fueron barcos de hierro propulsados por hélice.

Las velas, como apoyo a la propulsión a vapor, se fueron atrofiando y en 1900 ya no se veían velas en la cubierta de ningún barco de vapor.

Gracias a Dios los armadores románticos existían y en 1876 Harland & Wolff entregaba un precioso velero para pasaje, el *Steelfield*⁴, a uno de ellos. El armador se arruinó al no encontrar suficiente número de pasajeros, que apreciaran debidamente la calma de un barco no propulsado, que tardaba un 50% más de tiempo que los barcos a vapor.

La gran abundancia de yacimientos de hierro y carbón en Gran Bretaña, algunos junto a factorías navales, pudo propiciar la entrada progresiva del hierro en embarcaciones menores, como así fue. Fueron primero las barcazas para canales tiradas por caballos, que con las mismas dimensiones cargaban un 20% más que las de madera; se construyeron después esos pequeños ferries que, como los tranvías, iban tocando en todos los pueblos de las rías y con posterioridad, los ferries con nuevo casco, se atrevieron a llegar a Irlanda. Al poco se había dejado de pensar que el hierro se hundía.

En el canal del Foth y en el del Clyde había barcas de hierro de 20 m. que transportaban pasaje de una ciudad a otra, llevaban comedor, bebida, libros y juegos de mesa. Eran arrastradas por caballos. Las Fly-Boats cambiaban regularmente los caballos y alcanzaban la velocidad de 10 / 12 millas (statute miles de 1.609 m) a la hora.

Cuando los ingleses se vieron en la necesidad de buscar una alternativa a la madera, ya conocían que el hierro podía emplearse como tal. Costó empezar, pero pasados unos años se hizo tan habitual

que los constructores llegaron a disponer de catálogos de chapas y de perfiles de hierro. Los buenos resultados de balística que el Almirantazgo obtuvo probando estructuras de madera protegidas con hierro, propiciaron igualmente el uso del hierro en buques de guerra.

Cuando los barcos con propulsión mecánica empezaron a cruzar el Atlántico y a dirigirse a la India y Australia (1840-1850), rebajando los tiempos de vela en un tercio, o más, estaba claro que a partir de entonces los barcos serían a vapor. El poderse dirigir al puerto de destino desde la partida, sin tener que ir a buscar tal o cual corriente de aire, que algunas veces soplaban, o el poder bordear tierra a poca distancia, sin temor a que un cambio de viento les hiciese embarrancar, fueron unas de las razones de los acortamientos de los viajes en relación con la vela. El ahorro en tiempo, al principio, venía originado, básicamente, por el ahorro en camino recorrido.

La casi inexistencia de maderas apropiadas, el mal resultado de los cascos fabricados con ellas si se empleaban con propulsión mecánica, las limitaciones insalvables en la eslora, impuestas por la deformabilidad de la madera, la mayor seguridad ante colisión o embarrancada y los acortamientos de tiempos en los mismos trayectos, acabaron haciendo irreversible la construcción de barcos en hierro, propulsados con vapor, que se impuso claramente a partir de 1855, en los barcos de pasaje trasatlánticos.

Según datos de la Liverpool Statistical Society, en 1814 eran solo 2 los barcos a vapor en todo el Imperio Británico, en 1825 eran 163, en 1839 ya eran 600 con un total de 67.969 t.

En el Imperio Británico, según datos del Board of Trade, en 1850 se movían un total de 187.631 tons a vapor; en 1864 ya eran 769.398 t.

En 1875, de acuerdo con información del National Maritime Museum, ya eran 5 millones de toneladas a vapor y 4 a vela.

Las fechas que se han dado corresponden, en su mayoría, a acontecimientos sucedidos en Gran Bretaña. En América y Francia no hubo un gran desfase en el tiempo para los mismos asuntos; en España se tuvo un retraso de unos 40 / 50 años, con respecto a estos

países citados, en lo que respecta a la construcción de barcos de hierro a vapor.

A pesar de lo dicho y de haber sido realmente rápido el cambio, la inercia de la construcción con madera se mantuvo bastantes años.

Contesto histórico.

El cambio, a grandes rasgos, fue como sigue.

- En la década 1830-1840 se empiezan a montar instalaciones de vapor en barcos con casco de madera y se usan las paletas como propulsores. La opinión en el mundo de los barcos no puede ser más negativa en la época; se llega a decir, en el periódico Liverpool Albión, en 1835, que pensar en un viaje de Liverpool a New York, a vapor, es lo mismo que hacerlo en viajar de Liverpool a la Luna. Con vapor como auxiliar de vela o navegando prácticamente a vapor los barcos acabaron cruzando el Atlántico en esta década. Los consumos de carbón eran tan altos, que a los barcos no les quedaba mucha bodega para mercancía facturable. Las desventajas económicas derivadas de estos consumos solo se debieron poder compensar con un aumento de la velocidad y con una regularidad desconocida con anterioridad.
- En la década de 1840-1850 los barcos vieron como sus cascos empezaron a ser de hierro y que un nuevo método de propulsión surgía y se desarrollaba en perjuicio de las paletas, eran las hélices de Smith y Ericsson, que en pocos años acabaron desbancando a las paletas como sistema propulsivo. A la vista de los resultados de las pruebas, más bien competición, entre buques accionados por hélice y por paletas, el Almirantazgo decidió cancelar los contratos de construcción de barcos a paletas en 1846; esto marcó el futuro de ambos propulsores.
- En la década 1850-1860, se reafirman las tendencias de la época anterior y en lo que a cascos de hierro se refiere, los barcos de pasajeros a partir de 1855 pasan a fabricarse con este material, al menos en las compañías más importantes tales como la Cunard y la P&O, que ponen en servicio en 1853 sus últimos barcos de madera. Tan solo en la costa Este americana y en la India debió

pervivir un tiempo, la construcción en madera, en compañías dedicadas a tráficos más cortos, dada la gran cantidad de la misma en aquellas zonas y su gran calidad.

Hay un incidente, sucedido en 1854, del que siempre se ha pensado que debió precipitar estos cambios. Se trata del hundimiento del buque *Artic* de la compañía americana Collins en la costa Este americana, después de colisionar contra un pequeño mercante francés, de casco de hierro, que salió indemne. El citado *Artic*, a cuenta de la colisión resultó con una brecha en el costado, que en cuatro horas lo hundió por inundación; los más de cuatrocientos viajeros y tripulantes que iban embarcados se perdieron con el barco, incluidos la esposa e hijos del armador. Es casi seguro que ésto debió crear una corriente de opinión a favor de los barcos de hierro, que reforzó la decisión de los armadores de pasaje, de emplear únicamente buques con casco de hierro, a partir de esos años.

- A partir del 1860 los barcos fueron objeto de múltiples mejoras aunque el núcleo básico estaba configurado. Los buques de pasaje serían desde entonces con casco de hierro, con máquina de vapor y accionados con hélice en la mayoría de los casos. Se mejoró desde entonces la máquina con la incorporación de los condensadores de superficie, la generalización del uso de las calderas tubulares y las máquinas de doble expansión en 1868. Mejoró el accionamiento de timón, anclas y maquinillas de carga, aumentó de una forma continua la seguridad en los buques y fueron desapareciendo arboladura y velas, ya como auxiliares al vapor. Cuando en los barcos se empezaron a construir superestructuras sobre cubierta superior destinadas a los viajeros, antes alojados exclusivamente bajo cubierta, el parecido con los actuales barcos cada vez fue mayor.
- En 1869 se abre el Canal de Suez. Esto supone un acortamiento del viaje a Bombay en 5.777 millas, en 3.580 millas a China y en unas 100 a Melbourne. El Canal no podía ser cruzado a vela y el remolque de los barcos dentro del mismo resultaba impensable. Los veleros, que habían desaparecido del mercado americano hace años, ven como el mercado de Oriente queda también para los vapores. Tal vez fue este el acontecimiento determinante del final del barco de vela.
- A partir de 1870, se continuaron dando novedades en los barcos de pasaje. En las habilitaciones de los barcos se empiezan a separar

camarotes y salones, dedicándoles espacios diferentes. En estos años presenta Froude sus estudios sobre cálculo de la potencia, en los barcos. Hacia 1870 toma carta de naturaleza la emigración de europeos hacia América, emigración que continuará durante bastantes años del s.XX. Se va mejorando la calidad de los servicios de cubierta en los transatlánticos, en alumbrado y en saneamiento. En 1880 se empieza a utilizar el acero en la construcción de los cascos, tanto en barcos de guerra como en mercantes, que acaba desplazando al hierro. Muchos barcos montan, a partir del 1881/1882, las máquinas de triple expansión de 3 ó 4 cilindros, empleando presiones de trabajo cada vez más altas. Hacia 1882, en la Marina Francesa, empiezan a emplear con éxito las calderas con tubos de agua. A finales de siglo aparecen las turbinas de vapor, que permiten unas velocidades muy altas; a principios del s.XX, fueron adoptadas por varias marinas de guerra y por unos pocos barcos de pasaje, dado su altísimo consumo de carbón.

No todos los barcos de la flota mercante de la época siguió los pasos marcados más arriba por los barcos de pasajeros.; la composición de la flota británica, en 1850, era bastante explícita al respecto.

Tonelaje total de la flota inglesa (aprox.)	3.500.000 tons
Total tonelaje a vapor (ya citado)	187.631 tons

Hay que pensar que las compañías encargadas del tráfico de pasajeros recibían unas muy fuertes subvenciones del Gobierno por hacer de Correos en cualquier línea; esto era lo que les permitía modernizar frecuentemente los barcos de su flota, por lo que estas contaban con los últimos adelantos constructivos. Por el contrario, de no contar con el tipo de barcos que tenían, no hubieran recibido la concesión de la explotación de las líneas. Esto no sucedía en otros tráficos y los armadores se pensarían muy mucho cualquier renovación de barcos que no fuera estrictamente precisa.

Con los números anteriores no es de extrañar que el barco de madera tardara bastante en desaparecer de los muelles y de los foros desde donde los barcos se gobernaban. En tratados ingleses de ingeniería del 1880-1885 ya no se habla de barcos de madera, pero hasta entonces las Regulaciones constructivas, así como cualquier decreto,

se editaron en bilingüe, hierro-madera, y hasta los astilleros reservaron una nave con sierras de cinta por si se precisaba hacer un barco como los de antes.

1.2 CRONOLOGIA DE ACAECIMIENTOS

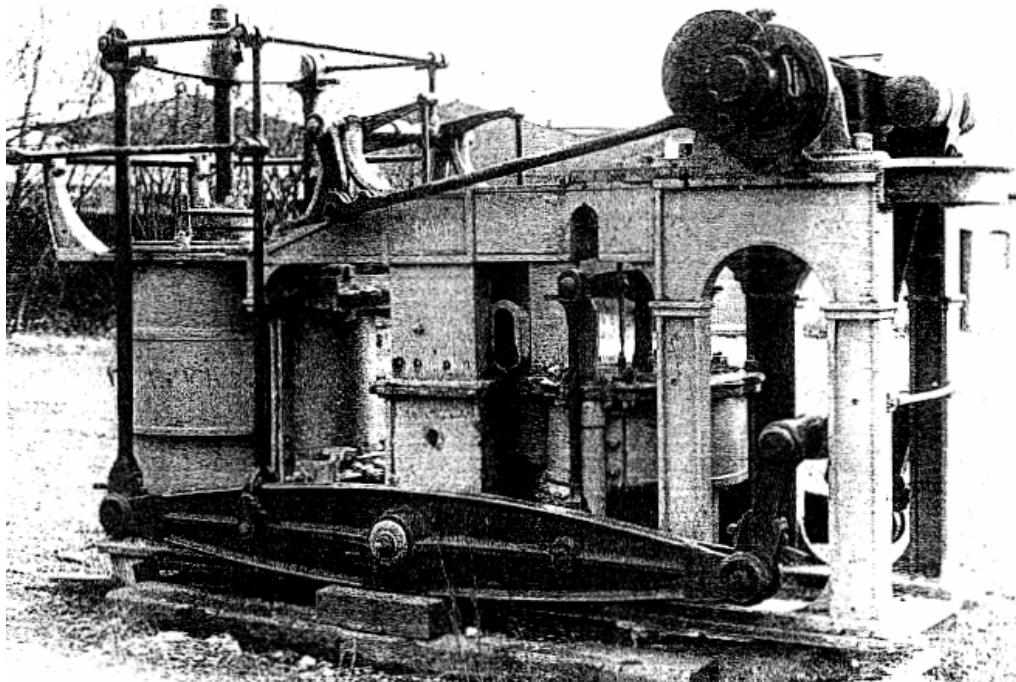
Se citan a continuación una serie de acaecimientos en relación con la navegación y la tecnología, que acabaron configurando el cambio motivo de este estudio. Se citan los primeros barcos de hierro, así como la historia inicial del vapor y esos primeros viajes navegados la “mayor parte del tiempo” con la máquina, que todos los armadores contaban. Los tiempos empleados a vapor y a vela, que se citan, justifican sobradamente el cambio.

Se puede ver por los acaecimientos citados que fue el Almirantazgo inglés, el autentico impulsor de muchas de las mejoras que dieron lugar al cambio. Las 32 salidas a la mar para probar 32 hélices en el *Rattler*, barco del Almirantazgo, son impensables de realizar con cualquier otro armador. El que el armador fuese el Almirantazgo permitió que en esas 32 salidas se inventaran, prácticamente, las hélices actuales partiendo del tornillo de Arquímedes.

Cronología del cambio:

- De 1750 a 1807 Newcomen y Watt, experimentan con máquinas accionadas por vapor. Estas máquinas dieron lugar a las de tipo balancín en los barcos, que estuvieron en uso hasta 1850.

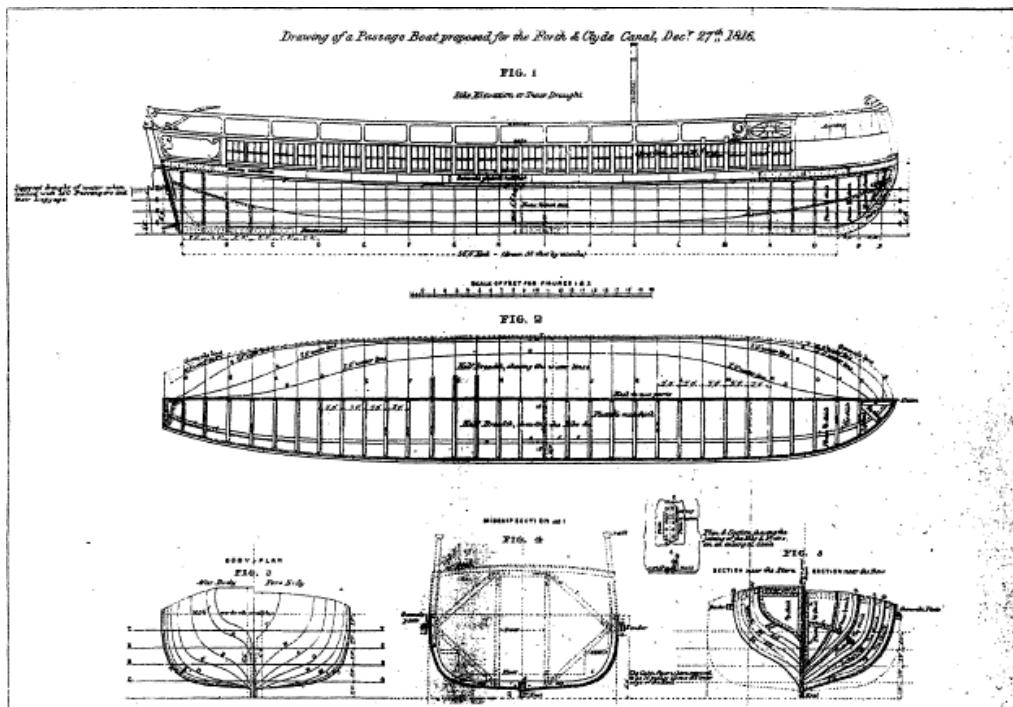
- En 1783 el marques de Jouffroy construyó el primer barco a vapor del mundo, navegó por el río Saona. Según información de Dejust.
- 1787 Una de las primeras embarcaciones, si no la primera, en las que se empleó el hierro fue la barca *Trial*, construida en Coalbrookdale por Wilkinson; se hizo así dados los largos tiempos de espera, por huelgas, en los astilleros del English Channel. Llevaba cuadernas de madera y chapas de hierro atornilladas. Las chapas se obtuvieron mediante fundición de hierro, no eran aún de hierro forjado.



Primer motor de balancín de Robert Napier 1824.

- 1801 Se construye en Escocia el remolcador de vapor a ruedas *Charlotte Dundas*⁵.
- 1807 Fulton, con su *Clermont*, navega por primera vez de Nueva York a Albany por el río Hudson.

- En 1810 la British Post Office Mail Packet empieza a operar, a vela, entre Inglaterra y América.
- 1812 En Inglaterra el barco *Comet*, de 28 t., construido por Henry Bell, da servicio en el Clyde. La caldera del *Comet* está en el Museo de la Ciencia inglés.
- En 1816 la Black Ball Line de Nueva York, empieza su servicio con Liverpool, con barcos de vela. Emplea 23 días navegando hacia el Este y 40 días hacia el Oeste.
- 1819 El primer barco de hierro completo se botó el 14 de Mayo, se trataba del *Vulcan*. Se construyó en Monklands Canal en Faskine cerca de Coatbridge. Hubo mucha expectación para ver la botadura y gran sorpresa cuando no se hundió; duró 54 años. Este astillero inventó nuevos métodos de trabajo, que debieron copiar todos los demás, para la construcción de barcos de hierro.

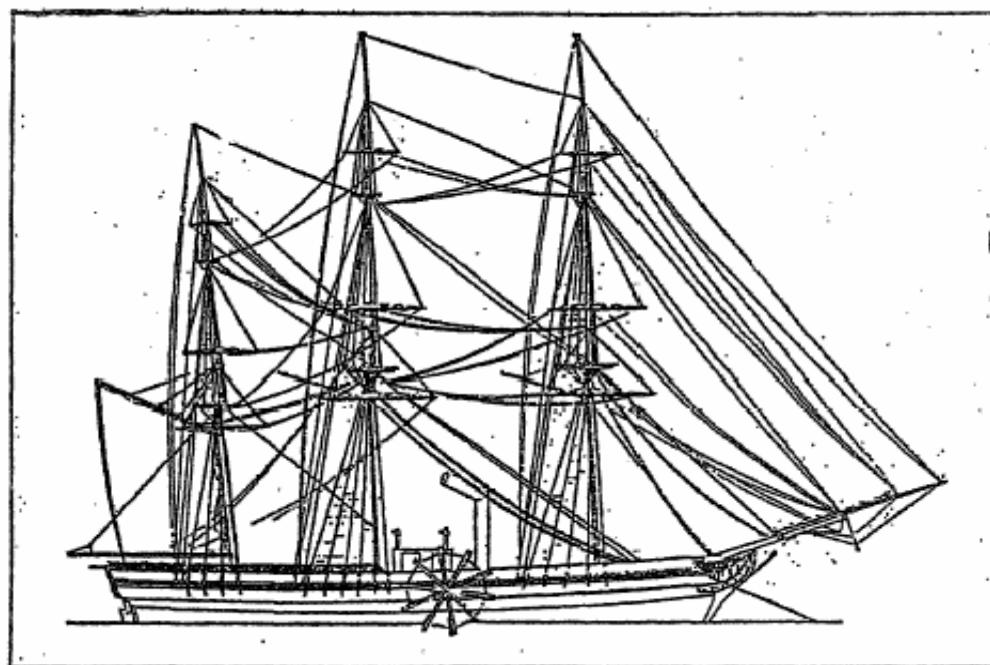


Vulcan

El *Vulcan* tenía quilla de barra, varengas y longitudinales. El casco lo formaban chapas pequeñas, remachadas a cuadernas, cuya clara era de 24 pulgadas. La diferencia más notable con el sistema actual es que las tracas eran verticales. El constructor Thomas Wilson, con dos fraguas, tuvo que hacerse todas las chapas, ángulos etc.; recibía de la fundición bolas de hierro de unas 60-80 libras, que tenía que calentar y transformar.

Se crearon nuevos oficios, especialistas en forja, especialistas en labra, plantilleros, trazadores, personal de desarrollo, remachadores, caldereros, etc.

- 1819 El *Savannah* cruza el Atlántico a vela y motor. Al verle, desde las costas de Irlanda, se pensó en un velero con fuego a bordo, llegándose a preparar su salvamento.



Savannah 1819

- 1820 A partir de este año se construyó mucho casco de hierro, aunque ninguno de gran tamaño hasta la llegada del *Great Britain* en Bristol.
- 1821, Se construye el primer vapor de paletas, en hierro, el *Aaron Manby*.
- 1827 Primeros barcos de guerra a vapor como auxiliar de la vela, el *Lightning*, el *Meteor* y el *Echo*.
- 1830 Los vapores solo llegan hasta Gibraltar, limitados por el consumo de carbón y por el espacio ocupado por el mismo.
- 1830 Se cree que un vapor no puede llegar a cruzar el Atlántico. Se estudiaron las alternativas de hacer la travesía vía las Azores o desde Valentia (Irlanda) a Halifax.
- 1830 Empieza a preocupar la fijación de algas en los cascos de hierro. Las patentes empleadas para evitarlas tales como carbón, pelo de caballo, sebo, arsénico, etc. no acababan de funcionar. El sistema más efectivo que se encontró fue forrar de madera el casco de hierro y luego poner una chapa de cobre. Esto último se hizo, principalmente, en los barcos de guerra destinados al trópico.
- 1831 Grandes problemas con la desviación magnética. El casco se magnetizaba en grada (se decía) y daba lugar a fuertes errores del compás. En 1831 el barco *Lord Dundas* que navegaba por compás a la isla de Man, apareció en Cumberland. Se llegó a montar el compás en un palo de madera y mediante espejo se veía la orientación. También se montaba un marinero y un compás en un bote de madera, que se suspendía separándolo del casco, para conocer el rumbo. Años más tarde, Rundell, ingeniero de Liverpool, da soluciones para el ajuste de los compases, que hoy se usan.
- 1832 El Almirantazgo construye cinco barcos de paletas de 800 tons: *Medea*, *Rhadamanthus*, *Phoenix*, *Salamander* y *Dee*. El *Dee* de 200 NHP llevaba motor construido por Maudslay, que era uno de los más afamados fabricantes de máquinas marinas. Los caballos que se empleaban entonces no indicaban la potencia instalada, eran caballos nominales, función del tamaño de los cilindros

y de una presión tipo y una carrera tipo. Esta denominación fue empleada por los fabricantes durante muchos años, pero indicaba más el tamaño de las máquinas que su potencia. Durante mucho tiempo se emplearon los NHP para elegir las máquinas. La regla empleada para la elección de la maquinaria era la de montar 1 caballo (NHP) por cada 4 toneladas de desplazamiento.

- 1834 Construcción del *Garry Owen* en hierro de 263 tons, construido por Laird en Birkenhead.
- 1835 El Reverendo Lardner, era partidario de la ruta a América por Valentia. El barco idóneo para el tráfico que apuntaba, era uno de 800 tons, 200 NHP, llevando 400 tons de carbón, con un consumo de 20 toneladas al día. En 15 días cubriría la distancia a Nueva York.
- 1835 Ladner decía que la potencia necesaria para propulsar los buques dependía de la velocidad.
Años más tarde Brunel corregía al reverendo irlandés asegurando que la potencia dependía del cuadrado de la relación de esloras.
Ambas eran erróneas. La escasa potencia de la máquina, y fracaso del *Great Eastern*, cuya máquina calculó Brunel, debió estar relacionada con la teoría de este último.
- 1836 Había en Inglaterra 600 barcos a vapor y 27.000 a vela.
- 1838 Había en USA 700 barcos a vapor.
- 1836 La Compañía Great Western estudia la posibilidad de establecer una línea a vapor transatlántica.
- 1836 Brunel, ingeniero civil, con un equipo de profesionales navales de Bristol: Guppy, Claxton y Patterson, deciden, con la Great Western, hacer un barco de 1200 tons y 300 NHP. La maquinaria sería de Maudslay. La idea para el primer viaje del *Great Western* a Nueva York se fija para otoño de 1837.
- 1836-1837 Ericsson y Francis Petit Smith están interesados en introducir sus hélices patentadas, en el Almirantazgo.
Ericsson, sin soporte financiero, llega a estar en la cárcel y al final emigra a América.

En 1839 Smith crea la Ship's Propeler Company (SPC) para vender la hélice. Acaba perdiendo la compañía y la patente por una pensión de 200 libras al año.

- 1837 El Almirantazgo crea un departamento de vapor.
- 1838 El *Syrius* cruza por primera vez el Atlántico a vapor. El *Great Western* también hizo ese año su primer viaje a Nueva York, a algo más de 8 nudos de media y con varias calderas apagadas. Si el carbón se hubiera situado, en el proyecto, cerca de las calderas, hubiera mejorado esa media.
- 1839 El Almirantazgo requirió a SPC (Smith) a construir un buque de 200 tons, que se conoció como el *Arquímedes*, para demostrar las ventajas de la hélice. La prueba supuso un éxito, aunque la estructura de la popa del casco de madera quedó debilitada.
- 1840 La Armada toma la decisión de construir un barco mayor, a hélice, el *Rattler*.
- 1840 La media de tiempo empleado de Liverpool a New York era:

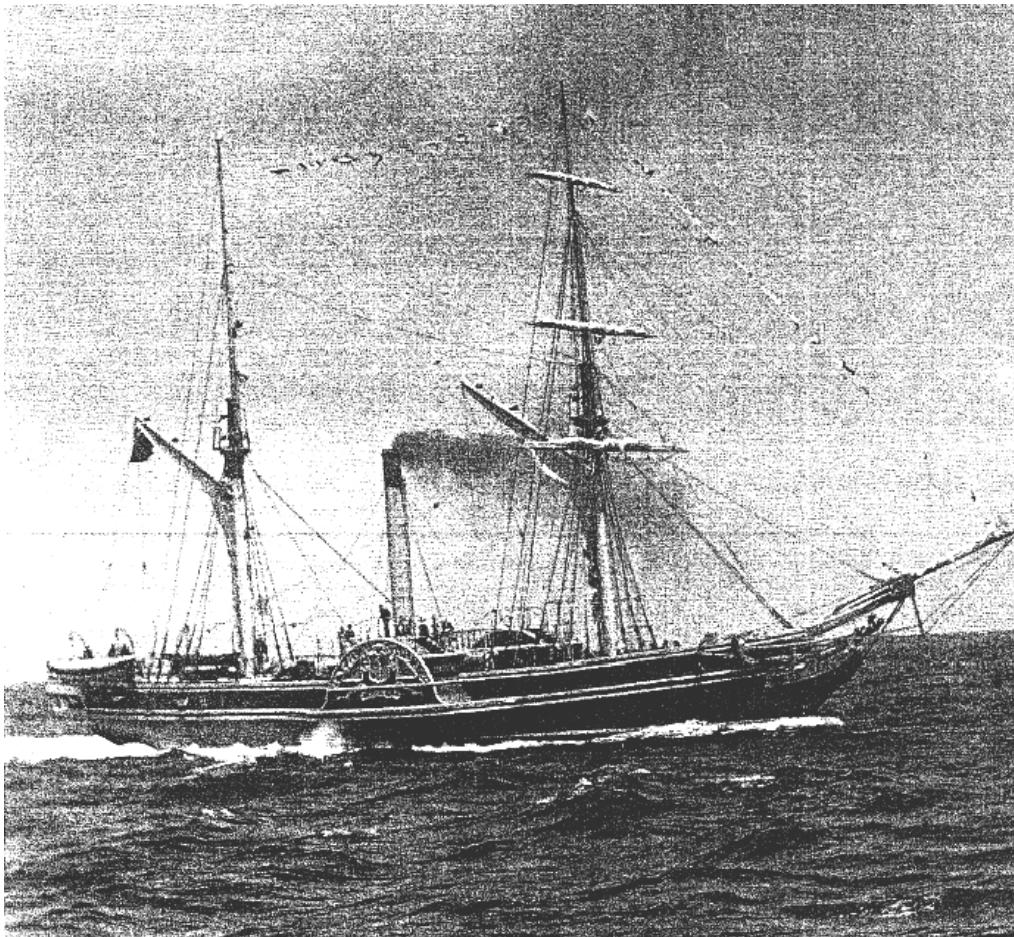
En buques de vela	33 días y 42 minutos
En vapores	17 días y 18 horas

De New York a Liverpool.

En buques vela	22 días y 16 horas
En vapores	16 días y 8 horas

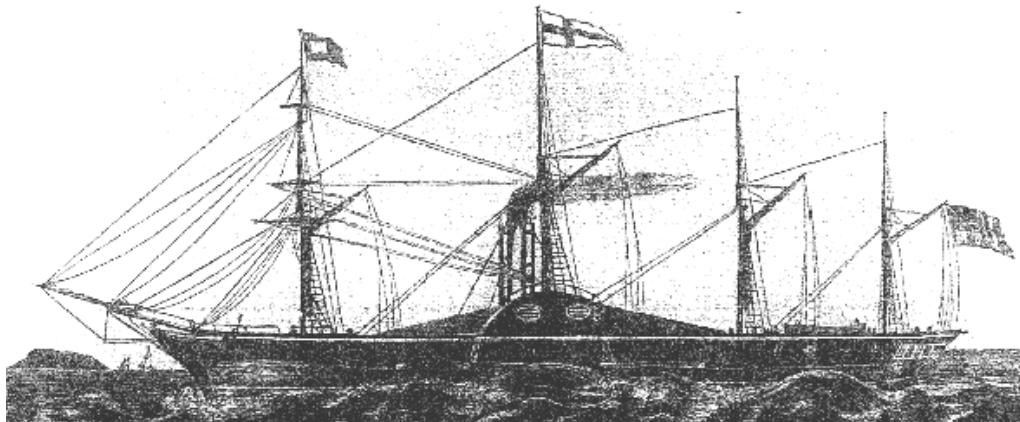
- 1843-1844 Pruebas de mar del *Rattler*, desde Octubre de 1843 a Octubre de 1844. Se realizan pruebas de las hélices del barco durante todo ese año. Las hélices ensayadas van desde hélices de una longitud de 5 pies y 9 pulgadas a otras de 1 pie y 3 pulgadas de largo. Total 32 salidas a la mar con 32 hélices diferentes. Se ensayó desde el tornillo de Arquímedes hasta una hélice parecida a las actuales. El primer buque en beneficiarse de estos ensayos fue el *Great Britain* que montó una similar antes de su primer viaje a America.

- 1843 Se bota el *Great Britain* construido por el grupo de Bristol; es un barco con casco de hierro y propulsado a hélice. El buque fue el mayor del mundo en su época (322 pies), fue el primero que cruzó a hélice el Atlántico. Incorporaba todas las innovaciones conocidas.
- 1845 El *Rattler* hace pruebas de navegación, para determinar el mejor sistema propulsivo, con el barco de vapor a paletas *Alecto*. El *Rattler*, a hélice, obtuvo mejores resultados.



Syrius

- 1845 Count Daru escribe que la velocidad tiene un límite que no se puede exceder: 12 nudos. A partir de ahí empiezan los remolinos y se ignora a donde puedan llevar.
- 1846 A cuenta de resultado de las pruebas entre el *Ratler* y el *Alecto*, el Almirantazgo ordena que los barcos de paletas, que estaba construyendo, se paralicen.
- 1850 Para evitar los frecuentes hundimientos de barcas en los canales, el BOT ordenó que todas las barcas se construyeran de hierro.



Great Western.

En un barco de madera, el espacio interior al casco puede contener un 80% del volumen externo, con hierro, la carga puede ser de un 96%.

- 1853 Entra en servicio el *Africa*, el último buque con casco de madera de la compañía Cunard.
- 1860 Las fabricas ya entregaban planchas y ángulos de catalogo. Las longitudes normales de chapas en 1860 no pasaban de los 3 metros. El número de empalmes era muy grande. Las cuadernas se calentaban en largos hornos y se curvaban en caliente.

El suministro de materiales mejoró mucho por parte de las factorías de Yorkshire y Clydeshire, grandes zonas productores de hierro y carbón.

En el Clyde se han construido más barcos con casco metálico que en parte alguna, 30.000 barcos y 10.000 yates grandes, desde que se construyó el *Vulcan* hasta la época actual.

- 1861 En este año el *Scotia* cruzó el Atlántico a 13,5 nudos de media, en pruebas dio 16,5 nudos.
- 1868 Se montan por primera vez máquinas compound o de doble expansión. Gran reducción en el consumo de carbón.
- 1870 se incrementa la emigración, que dos décadas antes ya se había iniciado. La emigración española a países hispanoamericanos aumentó en estos años. La configuración acostumbrada de los barcos pasa a ser: Superestructura y Cubierta Primera bajo la superior, se destina a pasaje en camarotes, la Segunda y Tercera bajas, quedan para emigrantes.
- 1872 Se intenta sustituir las lámparas de aceite de los barcos de pasaje por alumbrado de gas, en el barco *Celtic*, sin éxito.
- 1882 Llega el alumbrado eléctrico a los barcos de pasaje.
- 1884 Parson inventa su turbina, con la que pocos años después, en 1897, admiró a los londinenses, navegando por el Támesis a 35 nudos en el "Turbinia", en medio de una parada naval.
- 1885 Aparecen Reglamentos para la construcción del casco de acero. El empleo del acero en la construcción naval se inició en Francia en 1874.
- 1890. Entra en vigor un nuevo Reglamento de Líneas de Carga.
- 1899 Entraron en servicio los dos primeros barcos con propulsión por turbina de vapor, los torpederos *Cobra* y *Viper*. Ambos se perdieron el 1901 en dos accidentes bastante extraños.

1.3 NUEVOS BARCOS

A continuación se describen unos barcos de la época que, en mayor o menor medida, formaron parte del eslabón perdido, que unió a los buques de madera con los buques que ahora se fabrican.

La descripción no es homogénea en extensión y detalle en todos los barcos. Los barcos que supusieron un avance en el mundo de la construcción naval o fueron famosos por cualquier motivo, están mucho más documentados.

CLYDE DE 1841⁶

La Royal West India Mail, encargó 14 de éstos iguales, en esos años, con especificaciones del Almirantazgo.

Encargó 4 de estos en madera, uno a Robert Duncan de Greenock y los otros tres a otros astilleros del Clyde.

Diseñados con la carena conocida como “forma de ola” de John Scott Russell, el barco podía transportar 92 pasajeros, 70 tons de carga y 60 tripulantes.

Montaba máquina de 450 NHP construida por Caird de Greenock. Tenía 2 cilindros de 74,25 pulgadas de diámetro y 90 pulgadas de carrera, máquina de balancín. Vapor a 10 Libras / pulgada cuadrada. La bomba de aire de 39 pulgadas de diámetro y 52 pulgadas de carrera.

Calderas de 3000 pies cuadrados de superficie de calefacción y 225 pies cuadrados de parrilla.

Las ruedas eran de 30 pies de diámetro y la máquina daba 15 rpm.
Conseguía 7,3 nudos con 550 IHP.

Consumo 26 tons de carbón al día. Carboneras de 600 t.

En 1841 viaje realiza el viaje inaugural.

En 1842 embarrancó.

En 1852 cambio las calderas.

En 1865 fue desguazado.

Dimensiones:

Arqueo bruto	1354 gt.
Arqueo neto	750 nt.
Eslora total	238 pies
Entre perpendiculares	213 pies
Manga	34,5 pies
Incluido ruedas	56 pies
Puntal	24,7 pies
Calado	17,5 pies

GREAT BRITAIN 1843⁷

Mayor barco del mundo en 1843.

Primer buque que cruzó el Atlántico a hélice.

Registro bruto	3443 gt.
Registro neto	1016 nt.
Eslora total	322 pies.
Eslora entre perpendiculares	285 pies.
Manga máxima	50 pies 6 pulg.
Puntal de bodega.....	32 pies.
Calado medio	18 pies.
Motores	4 cilindros.
	Total 1800 IHP.
Carboneras	1000-1200 t.
Consumo de carbón.....	35-40 t/día.

Carga	1200 t.
Velocidad	13 nudos.
Pasajeros	360
(26 camarotes single, 113 camarotes dobles, resto en literas)	

Construido en Great Western Dockyard de Bristol.
Botado el 19 de Julio de 1843, cuatro años después de la puesta de quilla. Fue el mayor buque en aquel entonces.

A la botadura asistió el Príncipe Alberto, del que se cuenta que rompió una botella de champagne en el costado del casco al haber fallado la madrina la rotura de la suya.

Jefe del proyecto: Isambard Kingdom Brunel.
Ingenieros: Thomas Guppy, William Patterson, Christopher Claxton.

Fue el primer buque de hierro que cruzó el Atlántico con hélice.
La propulsión prevista inicialmente era con paletas. Se cambió por hélice en Diciembre de 1840.

Ningún astillero tenía experiencia en construcción de barcos de hierro de este tamaño.

En comercio solo se disponía de algunos tamaños de chapas y algunos perfiles laminados de hierro.

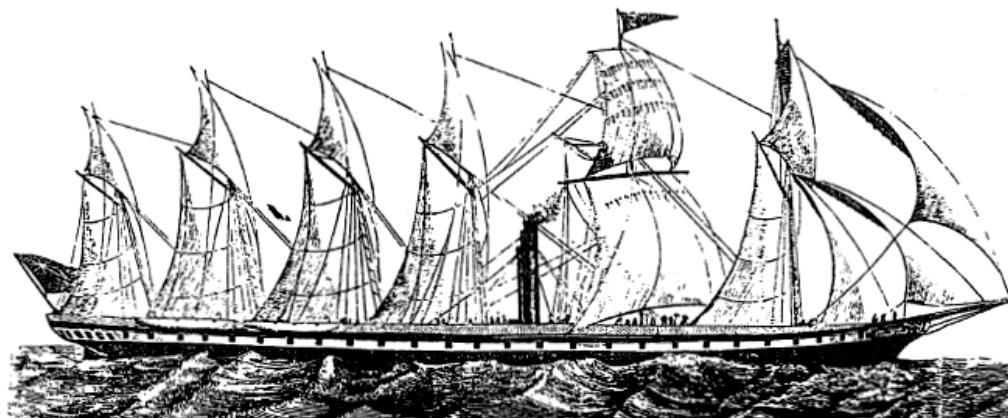
Dio 12,5 nudos en pruebas, después de cambiarle la hélice llegaría a los 14 nudos. Empleó 14 días y 21 horas a New York, a 9,25 nudos.

El casco no tenía quilla central, tenía 10 chapas longitudinales (vagras) entre fondo y tapa de doble fondo. La tapa de doble fondo, que no era estanca, era de 11/16 pulgada Las chapas de fondo eran de 6 x 3 pies. Incorporaba la novedad de montar 5 mamparos estancos.

Las cuadernas no estaban espaciadas regularmente, para no coincidir con las uniones de chapas. Posiblemente se hicieran paños de forro y después se remachaban las cuadernas salvando los topes. El fondo

forro se montó a tingladillo abierto hacia fuera, hasta la vuelta del pantoque.

Muy reforzado longitudinalmente. Como la proa y la popa aguantaban menores cargas, los escantillones bajaban en estas zonas. El peso de la estructura era el 28% del desplazamiento del buque.



Great Britain 1843

Llevaba dos refuerzos longitudinales, para varada, de 110 pies de largo, a 9 pies de crujía.

Tenía pantoque poligonal en proa y popa, para reducir la resistencia al oleaje. Parecido al *Maierform* de 1920.

Montaba de salida 6 mástiles con 1.700 yardas cuadradas de vela. Los cuatro mástiles de popa iban cogidos a cubierta, por impedir el eje de la hélice llegar a la quilla. La jarcia era de alambre.

Los dos primeros mástiles montaban velas cuadradas, el resto cangrejas.

Para aparejar las velas se empleaba un turno de 20 hombres.

Llevaba un total de 7 botes, 4 de hierro con flotadores (patente de Guppy), con una capacidad total de 480 personas, 360 pasajeros más 120 tripulantes; esto es el 100% del personal embarcado.

En 1846, después del segundo viaje, se le puso quilla de balance, se cambió la hélice de 6 a 4 palas y los palos se redujeron a 5.

El motor estaba construido según patente de Brunel padre, con 4 cilindros en V invertida formando un ángulo de 60°. Dada la potencia del motor, anormal en la época, hubo problemas de herramiental para forjar el cigüeñal.

Los cilindros eran de 88 pulgadas. de diámetro y 72 pulgadas de carrera.

Cigüeñal en alto a 22 pies del piso, con un diámetro de 24 pulgadas. En cada muñequilla llevaba un par de bielas. El cigüeñal iba taladrado para paso de agua de refrigeración. Los cojinetes de línea del cigüeñal estaban soportados por bulárcamas y baos reforzados. Las muñequillas del cigüeñal tenían un mecanizado cóncavo, para ayudar a centrar los cojinetes de biela.

En el centro del cigüeñal tenía la toma de fuerza, que era una rueda dentada de 18 pies y 3 pulgadas de diámetro. En el eje, la rueda dentada es de 6 pies de diámetro.

Con 18 rpm de la máquina, la hélice daba 53 rpm. Las cadenas (cordaje) de transmisión actuaban sobre dientes de teca y guayacán y no producían apenas ruido.

Presión caldera 5 psi. Expansión 6:1.

Según una cartulina que había quedado en el indicador de diagramas, recuperado del propio buque, la presión media efectiva era de 11,75 psi absolutas, con un vacío de 27,5 pulgadas de mercurio. Esto suponía, a 18 rpm, 1870 HP indicados.

Distribuidor excéntrico accionado por cigüeñal.

Llevaba un condensador por pareja de cilindros, con bomba de aire de 45,5 pulgadas de diámetro y 6 pies de carrera, movida por cigüeñal. La fuerza del pistón sería de unas 30.000 libras.

Calderas con agua salada. Calderas rectangulares de 31 x 34 x 22 pies, con un total de 24 hornos en 3 secciones independientes. El colector de vapor común era de 28 pulgadas, las calderas se desconectaban diariamente para purgar la sal.

Las chimeneas tenían un diámetro de 8 pies y 38 pies de altura sobre cubierta.

El agua de alimentación la mandaba la bomba de aire a un depósito, que rodeaba la chimenea, para calentar y pasar a las calderas por gravedad.

La línea la formaban 3 ejes. El eje de proa era de 25 pies de longitud y 16 pulgadas de diámetro. Los 6 pies centrales los ocupaba la transmisión. A proa llevaba un disco de 2 pies de bronce cañón, que con un bloque de hierro fijo formaban el empuje. Transmitía 10 tons a 12 nudos, iba refrigerado con agua. Este eje pasaba por el mamparo de popa de máquinas mediante un prensa.

El eje intermedio, era un eje hueco, un tubo, formado por chapas de 3/4 de pulgada remachadas entre si, de 32 pulgadas de diámetro. No llevaba chumaceras.

El eje de cola tenía cerca de 26 pies de longitud y 18 pulgadas de diámetro. Soportado en cojinetes de madera dura. El último cojinete iba atornillado al codaste, estancado mediante prensa empaquetado con cuero.

La hélice, era de construcción ensamblada, de 15 pies y 6 pulgadas de diámetro. Seis brazos soldados a un núcleo, llevaba palas de hierro de 7/8 de pulgada, con un área total de 56 pies cuadrados y paso de 25 pies. Esta hélice se ha reproducido recientemente y se ha comprobado su alta eficiencia.

El timón fue de tipo semicompensado con pala de 14 pies por 7 pies y 6 pulgadas, la parte alta de la mecha estaba inclinada a popa. Llevaba un accionador en la caña del timón, de 6 pies de largo. Bajo la cubierta intemperie tenía unas roldanas accionadas por tambor engranado, que era movido por la rueda del timón, situada en la cubierta intemperie. Más eficiente con vapor que a vela.

El casco era excepcional, conoció diversos cambios de máquinas y calderas. Embarrancó en el Norte de Irlanda, Dundrum Bay, en 1846 y el casco aguantó.

Compró el barco Gibbs Bright para dedicarlo a tráfico con Australia. Le montaron una nueva cubierta, sobre la superior y una nueva máquina de 500 HP de Penn Engine. Pasa a transportar 750 pasajeros y emigrantes en tres clases. Cambio varias veces de mástiles, sustituyendo los abisagrados por pasantes.

Entre 1853 y 1876 hizo más de 30 viajes a Australia, estuvo llevando tropas en la guerra de Crimea en 1856 y en el Motín de la India en 1858. En 1870 le quitan la máquina y la superestructura, forran el casco con madera y pasa al tráfico de carbón de Gales a S. Francisco. No pudo pasar el Cabo de Hornos en su tercer viaje. Tuvo que refugiarse en las Islas Malvinas, donde fue empleado como depósito de carbón de 1886 a 1933, año en que queda abandonado.

En una reunión de la Brunel Society en 1968 se estudió y se vio viable el salvamento. En 1970, técnicos de la casa Risdon Beazly Ulrich Harms LTD, prepararon el remolque del buque sobre el pontón *Mulus*. Remolcado por el *Varius*, llegó al dique en que había sido construido en 1970.

Datos de habilitación.

252 pasajeros en cama (posibles 360, no todos en cama).

26 camarotes de 1.

113 camarotes 1+1.

Tripulación 120.

Salones.

En cubierta 1.

Salón Promenade Popa 110 pies de eslora.

Salón Promenade proa 61 pies.

En cubierta 2.

Comedor popa 98 pies.

Comedor proa 61 pies.

Los salones tenían 8 pies y 3 pulgadas de altura y estaban rodeados por espacios para camarotes donde se acomodaban los 252

pasajeros. Las zonas de proa y popa estaban separadas 80 pies entre ellas, que es lo que ocupaba la máquina.

La luz natural llegaba a cubierta Promenade a través de las lumbрeras en la cubierta Superior. A través de un emparrillado en la Promenade llegaba algo de luz a los Salones bajos.

ASIA 1850⁸

Construido con casco de madera para la Cunard, por Robert Steele de Greenock. Su gemelo *Africa* fue el último pasaje en madera de la Cunard.

De roble inglés, con tablazón exterior e interior, con espacios entre cuadernas llenos de sal, para evitar que creciera un parásito vegetal conocido como raíz seca. Acomodación para 160 pasajeros y 500 tons de carga.

Motores de balancín de 816 NHP de Napier de Govan. 2 cilindros de 96 pulgadas de diámetro y 108 de carrera. Desarrollaba 2400 IHP. Presión de 18 psi. Llevaba 4 calderas de 7032 pies cuadrados de superficie de calefacción con 20 hornos y 417 pies cuadrados de parrilla. Tripulación de la máquina 38 hombres.

Consumo 100 tons de carbón por día. En carboneras 930 tons de carbón.

Las ruedas de 35 pies de diámetro, 28 paletas de 9,2 x 3,2 pies. A un calado normal iban inmersas 8 palas. Velocidad en pruebas 12 nudos.

Ciertamente andaba más que en pruebas, de Liverpool a Halifax consiguió una media 12,12 nudos. Ganó la Blue Riband.

Arqueo bruto	2226 gt.
Arqueo neto	1214 nt.
Desplaz.	3620 t..
Eslora total	290 pies.

Eslora entre perpendiculares	266 pies.
Manga	40 pies.
Por fuera de ruedas	64 pies.
Puntal	27,2 pies.
Calado	18,8 pies.

PACIFIC 1854¹⁰

Construido en hierro por J. S. Russell, con carena de “línea de ola”, con fama de ser el barco más rápido de su época, tardó 6 días de Terranova a Galway.

Construcción longitudinal con un cuerpo cilíndrico muy corto. Se decía que se asemejaba a un clípper. Subdividido en 9 compartimientos estancos, de acuerdo con normas del constructor. El forro continuaba con el cajón de las paletas para reforzar la zona. Las carcasa de las paletas llevaban rejillas para conseguir un menor impacto del agua contra ellas.

La habilitación era para 80 pasajeros en primera y 165 en segunda, llevaba carga.

Máquina de pistones oscilantes de J. S. Russell con dos pistones de 74 pulgadas de diámetro y 7 pies de carrera, con la que desarrollaba 1680 IHP con vapor a 18 libras generado por cuatro calderas tubulares de 14,8' x 18' x 12,5', cada una con 5 hornos. Superficie de calentamiento 9507 pies cuadrados y 420 pies cuadrados de parrilla.

Consumo carbón 2,8 tons/hora.

Ruedas de paletas de 27 pies de diámetro, con 14 paletas de 10 x 4 pies.

Dos chimeneas y dos mástiles con 883 yardas cuadrados de vela.
Andaba 14 nudos de media.

Dimensiones:

Arqueo bruto	1469 gt.
--------------	----------

Arqueo neto	985 nt.
Eslora	270 pies.
Entre perpendiculares	255 pies.
En flotación	245.2 pies.
Manga	32,1 pies.
Con ruedas	54 pies.
Puntal	18 pies.
Calado	12 pies.

PERSIA 1855⁹

Primer barco de hierro para la Cunard, construido por R. Napier de Govan.

Montaba dos mástiles y dos chimeneas. Tenía quilla vertical construida con llantas de 13 pulgadas de ancho y 4,5 pulgadas de espesor, de unos 35 pies de largo, chaflanadas y remachadas. Plancha de quilla de 0,69 pulgadas de espesor. Codaste de 13 pulgadas de anchura y 5 pulgadas de espesor. Soportaba el timón en único pinzote de 8 pulgadas de diámetro.

Las cuadernas estaban espaciadas 10 pulgadas (debe ser un error, las cuadernas llevaban doble ángulo de refuerzo, no se habrían podido remachar), eran de perfil de 10 pulgadas, con doble ángulo de hierro en ambos lados. Chapas de casco en dos niveles. Chapas de fondo de 0,94 pulgadas de espesor. Hasta flotación las chapas eran de 0,75 pulgadas, sobre flotación de 0,69. Cinta y trancanil de 0,88 pulgadas.

Casco dividido en 7 compartimientos estancos. Bodegas al centro con doble fondo y carboneras en laterales. Las bodegas eran estancas teniendo 1.100 t. de flotabilidad, por lo que sostendrían el barco a flote en caso de accidente.

Acomodación para 250 pasajeros.

8 botes salvavidas.

La máquina era de 950 NHP de Napier, con dos cilindros de 100,5 pulgadas de diámetro y 120 pulgadas de carrera, que desarrollaban 3600 IHP. Ruedas de 38 pies de diámetro con paletas de 10,5 pies de anchura. Vapor a 20 libras.

Llevaba 8 calderas tubulares de 26080 pies cuadrados de superficie de calentamiento, en 40 hornos con 800 pies cuadrados de parrilla. Consumía 143 tons de carbón por día. Carboneras de 1.640 t. Velocidad de crucero 13 nudos.

En Julio de 1856 cruza el Atlántico en 9 días y 1 hora (13,82 nudos). Le pasaron la Blue Riband, que retuvo hasta 1862.

Dimensiones.

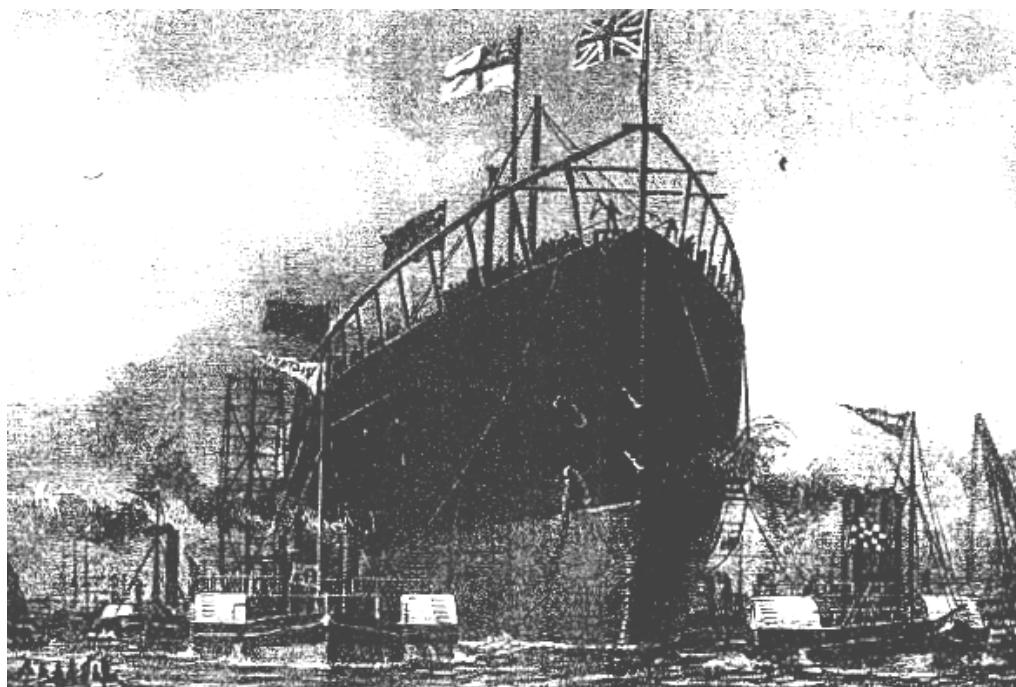
Arqueo bruto	3300 gt.
Arqueo neto	2079 nt.
Desplazamiento.	5850 t.
Eslora	398 pies.
Entre perpendiculares	376 pies.
Quilla	350 pies.
Manga	45,3 pies.
Con ruedas	71 pies.
Puntal	29,8 pies.
Calado	20 pies.

GREAT EASTERN 1858¹¹

Fue el mayor barco construido hasta el 1899.

Eslora total	692 pies.
Eslora entre perpendiculares	680 pies.
Manga	82 pies 2 pulg.

Puntal (a cubierta superior)	58 pies.
L/B	8, 27
L/D	11,72
Total IHP	8000
Potencia hélice	4500 IHP
Potencia ruedas	3500 IHP
Velocidad máxima	14.5 Nudos.
Calderas	10 tubulares.
Dimensiones calderas	18 x 17,5 x 14 pies.
Hornos	112
Presión vapor	20 a 25 psi.



Botadura del Great Eastern 1858.

Motores	4 cilindros.
Cilindros ruedas	6 pies 2 pulg. diamt x 4 pies carrera.
Cilindros hélice	7 pies diámetro x

Hélice	4 pies carrera.
Ruedas	4 palas x 24 pies de diámetro, 37 de paso. 56 pies diámetro.
Pasaje:	800 primera, 2000 segunda clase, 1200 tercera.
Carga	6000 ton

En 1851 la Compañía Australiana de Correo piensa hacer barcos para su tráfico con extremo oriente. Brunel les informa que con barcos de 5000 ó 6000 tons solo deberían tocar en Ciudad del Cabo para tomar carbón, antes de rendir viaje.

En 1852 se decide construir un gran barco para volver a Inglaterra sin necesidad de carbonear, destinado al tráfico citado: Australia, India, China. Para no tener que tomar carbón en viaje de ida y vuelta se necesitaría un barco de al menos 600 pies de eslora.

Brunel prefería el sistema longitudinal de construcción, por lo que recurre a Russell (inventor del sistema) para construir el casco. Este acabaría teniendo 680 pies de eslora entre perpendiculares, 83 de manga, 58 pies de puntal y 25 pies de calado. El precio del casco según Russell sería de 275.200 Libras.

Tendría carena con la “forma de ola”, patentada por Russell, y 120 pies de cuerpo cilíndrico.

Se decidió no hacer en grada por los esfuerzos previsibles en botadura. La posibilidad que quedaba era botar de costado. Se pivotó una campa con 1500 maderos de 24 pies antes de hormigonar la superficie.

La botadura fue un pequeño desastre. Inclinación de 1:12 a 1:14, imadas de 80 pies de ancho y 200 pies de largo, presión sobre imada de 0,6 tons por pie cuadrado. Se realizaron tres intentos y se tardó tres meses en poner a flote; el 31 de Enero de 1858 se acabó

consiguiendo. Pesaba 12.000 tons en rosca. El viaje de pruebas lo realizó en Septiembre de 1859.

Nunca podría subir a un dique, entraría en una parrilla de carenaje o sería varado en la playa, de ahí el doble fondo estanco (doble casco) hasta la línea de flotación.

Este doble fondo llevaba un sistema longitudinal, con refuerzos de fondo forro a tapa de fondo, formando un doble casco estanco. Distancia entre refuerzos longitudinales 30 pulgadas, de quilla a pantoque, y el doble de pantoque a cubierta. Esta construcción resultaba muy fuerte y muy segura.

También la cubierta más alta estaba muy reforzada, en realidad era una doble cubierta formada por doble planchado, trabado por refuerzos longitudinales.

Se montaron 11 mamparos estancos (según sistema Russell) distanciados 60 pies, quedando 10 compartimientos sin aberturas bajo la segunda cubierta. También llevaba dos mamparos longitudinales distanciados 36 pies en 350 pies de la eslora del buque. Esto limitó la anchura de los espacios de máquinas. Los mamparos transversales solo tenían una puerta de hierro, en cubiertas altas. No había comunicación de ventilación para evitar propagación de fuego. Algunos de estos espacios estuvieron compartimentados para su uso como carboneras que se llenaban desde cubierta superior. En proa y popa llevaba mamparos adicionales.

Cerca de la flotación llevan dos túneles que atraviesan los mamparos. Por uno pasaba la tubería de vapor.

Se llegó a decir que partido en trozos seguiría flotando.

Brunel calculó que el barco, asimilado a una doble T flotando en una ola de 400 pies, para no partirse, necesitaba un fondo de 90 pies de ancho de hierro por 4 ó 5 pulgadas de espesor. Ante esto buscó disponer una estructura celular en fondo y techo, similar al Puente Britannia, terminado en 1850.

Según costumbre de la época se montaron seis mástiles con 6.500 pies (deben ser yardas) cuadrados de vela, que ya empezaba a ser bastante reducida.

Para evitar la adherencia de algas en casco se pensó en forrar el casco de madera y cubrirlo con láminas de cobre, aunque no se llegó a hacer.

La previsión de potencia para este barco era de 2.500 NHP, equivalentes a unos 6.000 IHP.

Dado que una hélice no podía transmitir toda la potencia y que no se tenía experiencia en montaje de dos hélices, se decide montar una hélice y además ruedas de paletas.

Joshua Field fue el técnico de maquinaria. Se decidió por montar un 60% de la potencia en la hélice y un 40% en paletas.

En los ríos de la India, al tener que navegar con poco calado, una hélice no iría sumergida totalmente, por lo que vendría bien disponer de paletas. Esta es una razón para la disposición adoptada, pero la verdad es que este fue el único barco construido, en el mundo, con ruedas y hélice.

La presión de calderas se tomó de 20 a 25 psi. Se empleó el encamisado con vapor para evitar condensaciones en los cilindros. El vapor para encamisado se obtenía de una caldera auxiliar a 10 psi más que las principales. Se hicieron experimentos para sobrecaleentar vapor.

Llevaba calentadores en anillo de agua en las chimeneas.

De proyecto llevaría una hélice alimentada por 1.600 NHP, equivalente a 4.000 IHP., y unas ruedas de paletas con una potencia instalada de 1.000 NHP ó 2.600 IHP. Vapor de 20 a 25 psi.

Rpm de la hélice de 45 a 55.

Rpm de paletas de 10 a 12.

La hélice de hierro fundido, cuatro palas, 24 pies de diámetro y 37 pies de paso era accionada por máquinas de 1.600 NHP, construidos por J. Watt de Birmingham, con 4 cilindros horizontales de acción directa de 84 pulgadas de diámetro y 48 pulgadas de carrera, que daban 4.890 IHP a 38.8 rpm. Vapor a estos motores a 25 psi., suministrado por 6 calderas tubulares con 30.000 pies cuadrados de superficie de calentamiento y 1.368 pies cuadrados de parrilla. 12 hornos por caldera.

Las ruedas de paletas tenían 56 de pies diámetro y 30 paletas de 13x3 pies. Movidas por máquina de 1.000 NHP construidas por Russell con 4 cilindros oscilantes de 74 pulgadas de diámetro y 14 pies de carrera que daban 3.410 IHP a 10.75 rpm. Vapor a 24 libras de 4 calderas tubulares de 17,5 x 17,8 x 13,8 pies con una superficie de calefacción de 19.200 pies cuadrados y 960 pies cuadrados de parrilla con 40 hornos en total. Con solo las paletas el *Great Eastern* daría 7,25 nudos.

La velocidad con hélice sería de 9 nudos.

Las carboneras eran para 12.000 t.

En el primer viaje a New York, en junio de 1860, alcanzó los 14 nudos de media (también se lee que nunca pasó de los 12 nudos) y consumió 12,5 tons de carbón por hora o sea 330 t. / día.

La habilitación era para 800 en primera, 2.000 en segunda y 1.200 en tercera. Como buque de tropas podía llevar 10.000 soldados.

Tripulación 400 hombres.

20 botes salvavidas.

En 1861 cambio las ruedas por otras de 50 pies.

Por su poca velocidad no tuvo éxito. Se usó para el tendido de cables transatlánticos. En 1888 fue vendido como chatarra. Hasta 1899 ningún barco le superó en tamaño.

Según cita Sir Wescott Abel en *The Shipwright's Trade*, el *Great Eastern* fue una auténtica piedra miliar para la futura construcción naval.

Otros dicen que fue el fallo más ambicioso de la construcción naval.

1.3.1.-TRANSPORTE DE PASAJEROS BAJO BANDERA ESPAÑOLA.¹²

Durante el periodo que estamos considerando, la Compañía más importante, de las españolas, que se dedicaron al transporte de pasajeros entre España y las colonias, fue la Compañía Antonio López, fundada en 1850. Con posterioridad se conoció como Compañía Trasatlántica, nombre que aún conserva.

Los archivos de la Trasatlántica en lo que se refieren a buques del s.XIX, desgraciadamente, se han perdido en buena parte. No obstante tenemos una buena información de algunos barcos gracias a las memorias que debían prepararse para la Administración, antes de ser admitidos en las líneas de transporte de correo y pasajeros, en las que pretendían operar. Eran bastantes completas y se dispone de algunas de ellas, custodiadas por el Museo Marítimo de Barcelona.

Gracias al desesperante olvido en que se tuvo, por parte de los gobiernos de entonces, de una industria de construcción naval, a la que no se dio opción de demostrar sus aptitudes, todos los barcos que necesitó España, incluidos los de guerra se acabaron comprando de primera o segunda mano en Inglaterra, Francia, Holanda, Rusia, Prusia, o donde fuera. Desde su fundación en 1850 hasta el 1892, no tuvo la Trasatlántica ni un solo barco español; al final tuvo uno: el *Piélagos*. Bien es verdad que para conseguirlo tuvo la Compañía que hacerse un astillero, situado en el paraje de Matagorda, y construirse el barco ella misma. Los gobiernos liberales de entonces no tenían en sus programas cuestiones que sonaran a fomentar la construcción naval. La compra española de barcos de segunda mano fue de tal

magnitud, que decían en Europa que España subía los precios de ese mercado.

De los barcos que la Compañía explotó entre 1850 y 1880 disponemos de los siguientes documentos:

INFANTA ISABEL 1857

Informe de Máquinas y Calderas del buque *Infanta Isabel*.

Este buque se construyó en Dumbarton (Escocia) en 1857, siendo adquirido por la compañía en 1862, a los pocos años fue cambiado de nombre por el de *Comillas*. Sus dimensiones fueron las siguientes: Eslora 63,52 m, Manga 8,40 m, Puntal 5 m, Desplazamiento 1425 ton.

Informe: El informe va a acompañar al texto como ejemplo de claridad, pulcritud y modelo de caligrafía.

Los comentarios son:

- Máquina de acción directa con cilindros invertidos de 66 pulgadas de diámetro.
- Bomba de aire arrastrada de 38 pulgadas de diámetro, para extracción de condensador de proyección de agua.
- 4 calderas de 3 hornos, tubulares.
- 2 válvulas de seguridad para vapor.
- Purgas en los fondos para vaciar el agua con exceso de sal de las calderas.
- Máquina de alimentación de agua con caldera propia. Esta bomba empleada para varios servicios, se empleaba también como bomba de sentinelas.
- Capacidad de carboneras 1.000 ton
- En documentos anexos figuran cargos, respetos, herramiental, etc.

Llama la atención la cantidad de herramiental y respetos que llevaban embarcados. Conociendo las máquinas, es muy difícil que no repararan cualquier avería.

El documento está firmado en Cádiz en 1867 por George Taylor.

HABANA 1873

Se dispone igualmente de las actas de reconocimiento cumplimentadas por las autoridades españolas para comprobar, con las directivas marcadas por el Ministerio de Marina, si este barco era apto para incorporarse al tráfico de Correo y pasajeros entre la península y las colonias de Cuba y Puerto Rico.

El vapor *Habana*, con el nombre *ERNST MORITZ ARNDT*, fue construido por los astilleros de Oswald & Co de Dumbarton en Inglaterra entre 1872 y 1873. El armador fue Lloyd's Báltica de Stehn, inspeccionado por Aseguradores de Liverpool y certificado por el Germanischer Lloyd's con notación A 1.

Las dimensiones del barco eran: eslora 317 pies, manga 38 pies y 2/10, puntal 28 pies y 5/10. La capacidad del buque según fórmula:

$$T = [(L - 3B/5) \times B \times B/2] / 94,$$

era de 2.282 ton.

El informe dice:

- La arboladura y velamen están bien proporcionadas al servicio a que se destina el barco.
- Las máquinas construidas por el astillero de Oswald & Co son Compound de dos cilindros de 51 pulgadas y 86 pulgadas. Tienen una carrera de 42 pulgadas.
- Condensador de superficie con bomba de aire y circulación de agua salada para enfriamiento, ambas arrastradas por la máquina.
- Hélice de 4 palas, de 26 pies y medio de paso.
- Hélice de resorte de 2 palas.
- Cuatro calderas cilíndricas de tres hornos cada una, que producen vapor suficiente a las necesidades. Se probaron a 130 libras.
- Las carboneras son de hierro con una capacidad de 880 tons de carbón.
- La Junta recomienda suprimir de proa del entrepuente, los inodoros (jardines en el texto) existentes, pues son una fuente de malos olores.

Máquinas y Calderas del Vapor Correo Infanta Isabel

Máquinas. Dos máquinas de acción directa con cilindros invertidos de 66 pulgadas de diámetro y 42 pulgadas de extensión de golpe. Bombas de vapor de 38 pulgadas de diámetro y 21 pulgadas extensión de golpe, funcionan de la cruceta del émbolo del modo usual, por medios de baos de hierro forjado. Eje de la manivela de hierro forjado de 14 pulgadas de diámetro en las chumaceras, tiene dos manivelas sólidas. Aparato de las válvulas funciona, con cuadrante y tiene válvulas de expansión variable para cortar el vapor hasta la sexta parte del golpe ó sean 7 pulgadas. Bombas de alimentación, de la sentina y de la cocina, todas provistas de émbolos de bronce, así como los asientos, guías y demás de las válvulas. Correadas con émbolos de vacío y de vapor, para compensar su peso y roce. Válvulas de escape, Lubricadores, Llaves de agua fría, Indicador, Soplón, etc. todo del mejor material y mano de obra.

Barra de conexión de 8 pies 9 pulgadas de largo ó sean 2½ veces la extensión de golpe.

Calderas. Cuatro calderas tubulares; cada una tiene 3 hornos y 213 tubos de 7 pies 4 pulgadas de largo y 3½ pulgadas diámetro interior, con todos sus accesorios; 2 válvulas de seguridad, 1 válvula atmosférica, 1 válvula de comunicación. Llaves de purgas, en los fondos, 2 descarga entre los hornos y los tubos y también debajo de la superficie del agua. 1 válvula de Kingston y otra de alimentación. Cada caldera tiene llaves de prueba, y manómetro y todas las piezas pueden funcionar á la vez ó por separado según sea mas conveniente.

Máquina de Alimentación. Una máquina de alimentación con su caldera de bastante fuerza para alimentar todas las calderas en caso necesario. Sacá agua del mar, de la sentina y de cualquier mamparo del buque y la arroja en las calderas, encima de la cubierta y al mar. Sacar para llenar la caldera de la máquina de alimentación.

Carboneras para 1000 toneladas de carbón.

Ladiz 28 Junio de 1867.

- firmado - George Taylor

Informe de Maquinas y Calderas del Infanta Isabel

- Los aljibes son capaces para 70.103 litros de agua, tiene además un condensador para producir agua dulce.
- Lleva el barco horno de cocer pan.
- Tiene 8 botes salvavidas, dos de madera, de 25 a 35 pies de eslora
- Tiene una bomba de sentina por espacio y una bomba en el entrepuente que puede picar de bodegas, carboneras y aljibes.
- Tiene molinete de vapor.
- En los entrepuentes, sellados y bodegas hay grifos para usarlos en casos de incendio aplicándoles mangueras.
- Dispone de corredera mecánica de remolque que se empleó en las corridas.
- En pruebas de mar dio por encima de los 11,5 nudos requeridos.
- Las pruebas se realizaron el 14 de Septiembre de 1875.

Se puede decir que era un buen barco con equipos modernos y que el timón debía ser accionado por medios mecánicos al no tener referencia de la maquinilla de accionamiento.

Con la descripción tampoco se puede opinar sobre los espacios de alojamiento que prácticamente no cita.

CIUDAD CONDAL 1876

Acta de reconocimiento del buque *Ciudad Condal*.

Buque construido por los astilleros de Oswald & Co en Sunderland, Inglaterra. con el nombre de *WASHINGTON*. La inspección corrió a cargo del Registro de Aseguradores de Liverpool. Fue clasificado por la sociedad REGISTER VERITAS (primer nombre de la sociedad Bureau Veritas) con la cota 3/3 A 1. 1.

Al poco de empezar el servicio como correo, la Sociedad Antonio López se lo compró a la sociedad Lloyd's Báltico de Stehin.

Las dimensiones del buque eran: Eslora 96,12 m, la manga 11,65 m, el puntal 8,56 m, toneladas españolas (?) del sistema Morson 2595,80.

Las calderas fueron probadas en Sunderland a 9,14 Kg. /cm².

De las notas del reconocimiento se obtiene la siguiente información:

- El casco tiene 5 compartimientos estancos, la segunda cubierta es de hierro totalmente.
- El aparejo es de bergantín suficiente para el servicio a que se destina.
- Las máquinas son construidas por el mismo astillero de Oswald & Co y son compound de dos cilindros de 1,275 m y 2,150 m, con una carrera de 1,050 m.
- Condensador de superficie con bombas de aire y de circulación de agua salada, arrastradas por la propia máquina.
- La hélice es de 4 palas móviles (atornilladas al núcleo) con un diámetro de 5,080 m y un paso de 7,930 m.
- Cuatro calderas cilíndricas tubulares con tres hornos cada una que producen suficiente vapor para el consumo.
- Carboneras de hierro, a proa de las calderas, con capacidad para 900 ton de carbón.
- Consumo diario de carbón 26 ton
- Hay 110 literas de primera, 50 de segunda y tarimas para los 700 de tercera.
- El hospital es para 16 enfermos.
- Las letrinas (jardines) están bien distribuidos y hay dos baños para 1^a y 2^a.
- Hay ventilación por manguerotes, hay también dos bombas (ventiladores de caracol) para extracción de aire.
- El buque lleva respetos de velamen y jarcia así como de la máquina, para cualquier eventualidad.
- Lleva 8 botes salvavidas de 28 a 30 pies de eslora.
- Los aljibes de hierro pueden contener 70.103 litros de agua y hay a bordo un evaporador para producir 4.100 litros de agua al día.
- Dentro de las armas que lleva el buque destacamos:

Carabinas con sus cartuchos.

Sables y hachas de abordaje.

2 Cañones de hierro de 10 cm. con sus balas.

2 cañones de bronce de 8 cm. con sus balas.

Pólvora gorda y fina, etc.

- Instrumentos náuticos, cartas y libros.

- Dispone de cocinas ordinarias y a vapor, y de horno de pan a vapor.

La prueba de velocidad dio correcta (más de 11,5 nudos).
La Carraca 7 de Octubre de 1878.

Buque muy parecido al *Habana*, los equipos son lo más moderno que se llevaba en aquellos años y la presión de funcionamiento era producto del empleo de los condensadores de superficie.

Las continuas pérdidas de buques, que aún continuaban, incidieron en un mejor equipamiento contra la inundación y el fuego; los botes salvavidas parecen escasos.

El armamento para defenderse de los piratas, se cita como anécdota.

El resto de documentos escritos de que disponemos, son de final del s.XIX y no se citan aquí.

1.4 BIBLIOGRAFIA, ANÁLISIS Y COMENTARIO.

BIBLIOGRAFÍA PARA ESTE CAPITULO:

MUSEO MARITIMO DE BARCELONA

La impresión que se tiene es que dispone de bastantes fondos, lo que tenían de lo solicitado se pudo disponer de ello en muy poco tiempo. La atención perfecta y la diligencia digna de reseñar.

Greenhill, Basil. FIRST ATLANTIC LINERS. 1997

Un muy buen libro en el que se analizan muchos de los aspectos en relación con reglamentos, formas del barco, carenas más conocidas, etc. Tiene varios capítulos dedicados a la vela. Una buena visión de los barcos de la época.

Spratt, H. Philip. TRANSATLANTIC PADDLE STEAMERS. Public. Glasgow 1951

Se estudian todos los buques que hicieron la travesía del Atlántico empleando las ruedas como elemento de propulsión, desde el *Syrius* de 1838, al *Washington* que entró en servicio en 1863 y fue el último buque en llevar esa propulsión haciendo ese tráfico. Al *Washington*, a los pocos años, le cambiaron las paletas por hélices. La información de cada barco, que se da en este libro, es buena.

Griffiths, Denis. BRUNEL'S SHIPS. Public. London 1999.

Es un libro parcialmente laudatorio de Brunel, ingeniero civil, que participó en el mundo de los barcos, con un equipo de técnicos navales, famosos en su época.

Brunel fabricó algunos barcos realmente buenos como el *Great Western* o novedosos como el *Great Britain*. Al extrapolar en demasía, el *Great Eastern* no salió nada bien. En este libro describe los barcos que construyó Brunel (su equipo) con bastante amplitud, incluso habla algo de los espacios de habitación.

ANÁLISIS Y COMENTARIO

Lo que se ha recogido en este primer capítulo, básicamente descriptivo, corresponde a las razones por las que se dejó de usar la madera, a una cronología de los acontecimientos que fueron configurando los barcos hasta ser como fueron a finales del s.XIX y unas descripciones de barcos de 1840 a 1876.

En relación con las razones para el cambio, se han plasmado todas las ideas que se han encontrado para que el citado cambio se produjera. La deforestación de los montes dedicados a la construcción de barcos parece la de más peso. Tal vez la razón que más llame la atención es la imposibilidad de que los barcos de madera pudieran superar los 60 m. de largo. Se debe pensar que fue la suma de las razones que se exponen las que llevaron a la no muy larga desaparición de los antiguos barcos de madera.

Las citas recogidas en la cronología, que hoy pueden parecernos inexactitudes, tales como la imposibilidad de ir a vapor de Liverpool a América, o esa máxima velocidad alcanzable por los barcos de 12 nudos, son realidades de aquellos momentos. Lo que se decía y se recoge, eran las opiniones sobre las realidades de aquel momento. En general las noticias recogidas son de acaecimientos y unas pocas opiniones.

En los barcos seleccionados puede verse que van modernizando sus instalaciones de máquinas, así como que la madera desaparece a partir de 1855 de los pasajes. Se puede seguir cómo caen en desuso las calderas de flujo en beneficio de las de tubos, que el *Persia* en 1855 ya montaba; cómo el buque *Asia* monta las últimas máquinas de balancín citadas, que dejan paso a los motores de acción directa y más tarde a los compound, que montan los buques *Habana* de 1873 y *Ciudad Condal* de 1876; cómo se empiezan a montar condensadores de superficie, que sustituyeron a los de proyección; como las presiones de trabajo van subiendo, alejándose de las históricas 5 libras iniciales; cómo los consumos de carbón por caballo y hora pasan de casi 2 Kg. en 1840, a 0,9 Kg. en 1880, en barcos con equipo similar al *Habana* (el *Servia*).

Se puede decir que se dan en estos barcos citados, prácticamente todos los cambios que se vivieron en los barcos desde los cascos de madera con máquinas de balancín, hasta los inmediatamente anteriores a los de casco de acero y triple expansión, que aparecieron hacia 1880/1882.

Entre la información recogida de las varias entidades citadas en el Objeto del Estudio, se ha encontrado suficiente materia para la redacción de este Primer Capítulo de la Tesis Doctoral. Esta información cubre la previsión de contenido establecido en el Alcance de esta investigación, en los epígrafes que se han tratado.

CAPITULO 2º

LA INGENIERIA NAVAL DEL s.XIX.

2.1 Reglamentos

2.2 Carenas

2.3 Estabilidad

2.4 Potencia

2.5 Propulsores

2.6 Bibliografía, Análisis y Comentarios

OBJETO

Se trata en este capítulo de presentar todos los conocimientos localizados, de construcción naval, que se emplearon en el periodo del cambio, para poder realizar los proyectos de los buques.

Se van a estudiar temas de Reglamentación, de elección de carenas, de estabilidad, de potencia propulsora y de propulsores. Resueltos estos temas el proyecto básico del barco estaría bastante definido.

ALCANCE

En este Capítulo se incluyen todos los Reglamentos de carácter internacional, comentando el contenido de uno en hierro. Se incluye también la información sacada de textos, sobre dimensionamiento, carenas, potencia, estabilidad y otros. Las normas de carácter nacional precisas para proyectar el barco en aspectos relacionados con la seguridad se enuncian únicamente.

Algunos de los conocimientos aportados, lo serán bajo la forma de formulaciones empíricas, tal como eran empleados por los constructores a la hora de definir los barcos.

Resumiendo, se incluye en este Capítulo lo que un ingeniero de proyectos tenía a su disposición para definir el barco solicitado por el armador.

2.1 REGLAMENTOS

Los dos únicos Reglamentos de alcance internacional que estaban vigentes a mediados de siglo XIX, eran el Lloyd's Register y el Register Veritas. El ámbito de actuación de los mismos era internacional y así solía venir recogido en cualquiera de las regulaciones navales de cualquier país; en estas se reconocía a dichas entidades la capacidad para inspeccionar y dar cualquiera de los certificados que se requiriesen.

Sus Reglamentos se limitaban prácticamente a temas de casco, tanto de hierro como de madera, y dejaban en mano de expertos el reconocer los equipos de maquinaria y emitir los correspondientes informes, que las Sociedades admitían. Contaban también los Reglamentos con una serie de apartados, de clasificación, en los que se trataba de la asignación de letras, según estado y edad del barco, y de los reconocimientos a realizar para mantener los certificados.

Recogían en aquel entonces muy pocos aspectos de los buques que no fueran los meramente constructivos del casco, la maniobra de proa y el timón, entre otras cosas porque había pocos elementos complementarios. Los reglamentos de entonces estaban editados pensando en un casco que se ha de escantillonar y en emitir unos certificados como motivo principal. En estos Certificados figuraba la información de mayor utilidad para el fletador o el seguro. Se entiende que a ambos les sería necesario conocer hasta qué año estaba certificado el barco, los reconocimientos que tenían pendientes o el tipo de carga que podía transportar el buque de acuerdo con la letra del mismo.

No obstante, al igual que sucede en la actualidad, las Normas de las Sociedades no se limitaban a lo contenido en los Reglamentos; las Sociedades de Clasificación solían emitir, de vez en cuando, algunos escritos, hoy se llaman separatas, que tratarían temas puntuales no

recogidos en las últimas Reglas, que tenían el mismo valor que éstas, una vez publicados. Las Normas sobre las válvulas de seguridad de sistemas de vapor, el cálculo de estays en calderas, el número de mamparos a montar en buques de gran eslora o la medida del francobordo, no figuran en el Reglamento (1870) que se ha revisado, pero sí que se pueden encontrar en algunos de los tratados de construcción naval de la época, consideradas como reglas de la Sociedad de Clasificación. Hoy, como entonces, suelen tratar de temas nuevos o ampliaciones de los Reglamentos. No debe olvidarse que los Reglamentos, en aquella época, se publicaban cada 15 ó 20 años.

Las reglas y escantillonados se daban para unas determinadas relaciones máximas entre dimensiones de los buques y después se desarrollaba la excepción. Por ejemplo, si la relación de eslora a manga superaba 8, determinadas reglas variaban y eran diferentes si esa relación llegaba a 10. No eran unas normas complicadas. El Lloyd's corrige estas desviaciones dimensionales en ciertos elementos, mientras el Veritas hace correcciones generales. Son muy parecidos en filosofía y en resultados.

Hoy en día la Reglamentación de acuerdo a la cual deben de ser construidos los barcos tiene básicamente un doble origen: primero, las Normas de las Sociedades de Clasificación, y segundo, las Normas Nacionales en relación con temas de seguridad, u otros, que a su vez están relacionadas con normas de organismos internacionales, que cada nación suele acatar.

2.1.1.- LLOYD'S REGISTER OF BRITISH AND FOREIGN SHIPPING RULES AND REGULATIONS 1870.

El esquema del reglamento es como sigue:

-Cada barco lleva una letra asignada.

-Los años se asignan a cada barco en función de los materiales y mano de obra empleados en su construcción.

-Para conservar la letra deben presentarse a las inspecciones correspondientes.

-Cuando pasan los años asignados, debe realizarse nueva inspección por dos inspectores. No se le asignaban más de 2/3 de los años inicialmente asignados.

Letras a asignar:

-Barcos A.- Barco nuevo o restaurado.

-Barcos A en rojo.- No pasó inspecciones de construcción o no tuvo letra en origen.

-Barcos A y A rojo.- Son barcos nuevos que tienen los años asignados y que están en estado de reparación y eficiencia correctos. Están en perfecto estado y son adecuados para el transporte de mercancías secas o perecederas a cualquier parte del mundo.

-Barcos AE.- Adecuados para transporte de mercancías secas o perecederas en viaje corto.

-Barcos E.- Aptos para el transporte de mercancías secas a cualquier parte.

-Barcos I.- Aptos para transporte de mercancías secas en viaje corto.

Con cualquier letra:

El tonelaje de buques se mide hasta la cubierta superior, restando los espacios de alojamiento de tripulación y maquinaria. Este es el tonelaje empleado para cálculo de escantillones y equipos del buque.

Botes:

Regla 75.- Todos los barcos de menos de 150 tons deben ser provistos de un buen bote, y todos los barcos de más de 150 ton deben tener un número adecuado.

Regla 82.- El inspector examinara con especial cuidado la condición de los botes de todos los barcos que llevan pasajeros.

Barcos a vapor

Los barcos a vapor tendrán las mismas inspecciones que los veleros; cuando se desmonten las calderas, se les realizará una inspección completa.

En relación a calderas y máquinas el armador deberá enviar a la Sociedad un informe de un ingeniero competente describiendo estado y condición en este periodo, a ser posible de acuerdo con una guia que

figura en las reglas. Si el informe es correcto al barco se le asignaran las letras MC.

El inspector enviará a la Sociedad información de materiales, tamaño y disposición de los polines de la caldera y de la máquina.

El inspector examinará e informará del número de botes, mástiles, anclas, cables etc.

Las calderas y máquinas son parte del equipo y su estado debe satisfacer al inspector.

Barcos de hierro

Se realizaran las siguientes inspecciones:

- Inspección 1.- Examen de una traca de proa y otra de popa a Er. y Br.
- Inspección 2.- Examen de 3 tracas de proa y popa, Er y Br.
Desmontar molinete, anclas y cadenas para inspección.
- Inspección 3.- Se llevara a cabo por dos inspectores.
El barco estará en dique y andamiado, se levantarán forrados. Se comprobarán remaches de quilla y fondo, esloras, varengas y vagras, carboneras, mamparos estancos, etc.

Se comprobarán con taladro los espesores de chapas de forro y otras partes.

Con espesores de menos de 3/4 del espesor original, se cambiarán las piezas (hoy menor del 80%).

Si lleva la cubierta forrada de madera, ésta se cambiará cuando:

El forro de 4" llegue a 3".

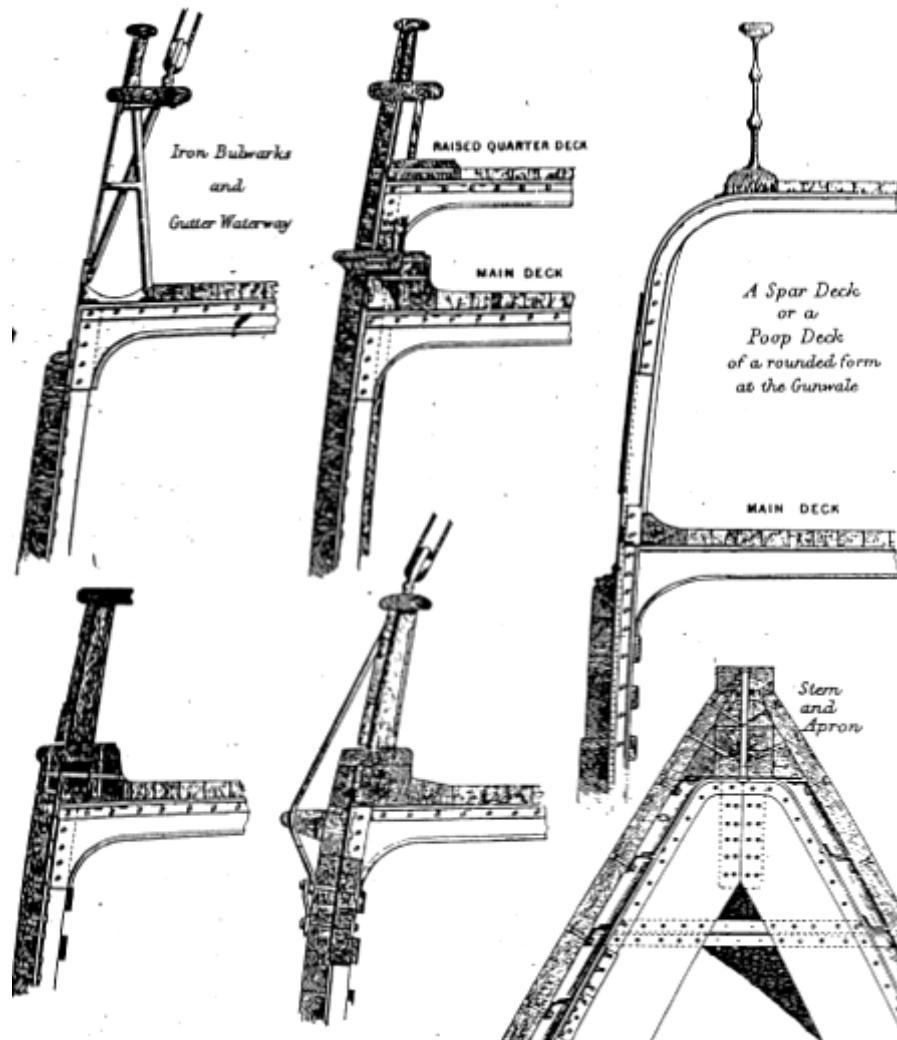
El de 3 1/2 a 2 3/4.

El de 3 a 2 1/2.

Inspección de construcción.

Se inspeccionará desde la puesta de quilla hasta completar el barco.

Se irán notificando las reformas a realizar.



Diversas soluciones en Reglamento Lloyd's.

Momentos de inspección:

- Con cuadernas enramadas antes de poner chapas.
- En remachado de casco.
- Baos montados antes de poner cubiertas.
- Con barco terminado antes de cementar y pintar.
- Después de botar y equipar el barco.

Construcción de barcos de hierro.

El escantillonado viene recogido en las tablas.

Las tablas son para barcos cuya eslora no excede 8 veces la manga y 12 veces el puntal de bodega.

Para entrar en las tablas se emplean dos numerales.

Los que emplea el Lloyd's son:

N 1.- Puntal de quilla a cubierta superior + Semimanga + mitad de perímetro de la maestra, desde la quilla al canto alto de la traca de cinta. Todo en pies.

N 2.- Multiplicando N 1 por la eslora del barco.

Con N-2 se calcula quilla, roda, codaste, chapas de forro, quillotes, refuerzos longitudinales y reforzado de baos.

Con N-1, el resto.

El hierro será inspeccionado por la Sociedad, el quebradizo será rechazado.

Las chapas y ángulos revisados y aceptados se marcarán con la factoría del fabricante, ciudad y sello de la Sociedad.

La mano de obra del astillero será comprobada.

El contacto oculto de chapas y cuadernas se pintará.

Las piezas que vayan empalmadas serán rebajadas, mecanizando en un largo de 6 veces el espesor y remachadas.

El codaste bajo se prolongará 2,5 claras a proa del codaste proel.

Los empalmes de la traca de apardura no coincidirán con las uniones de la quilla, y de babor a estribor estarán distanciados dos o más claras.

Si se emplea quilla de chapa será de 1,3 veces el espesor de la traca de apardura en 3/5 de la eslora central.

Cuadernas y otros ángulos, se taladrarán después de conformar.

Clara de cuaderna de 21 a 24 pulgadas, de acuerdo con el tamaño del barco.

Altura de varengas:

Se obtiene sumando el puntal (de canto alto de quilla a parte alta de baos en Línea Centro) y la manga, multiplicando la suma por 2/5, esto nos dará la altura de varengas en línea centro, en pulgadas.

Las varengas continúan hasta parte alta de pantoque, hasta una altura sobre la base doble de la calculada.

Se montará una varenga en cada clara, pasante, salvo si va quilla vertical corrida.

Los empalmes de varengas pueden ser a solape con dos filas de remaches, o con doble cubrejuntas, también con dos filas, o con cubrejuntas simple que llevará 3 filas de remaches.

Se deberán cortar a cada lado de la línea centro, pasos de agua (groeras) en cuadernas y varengas, en la parte baja de la sentina, hacer lo mismo en la quilla central y quillotes intercostales. Se debe dejar que el agua acuda a las aspiraciones de las bombas.

Las cuadernas llevarán ángulo de refuerzo de acuerdo con las tablas. El reforzado será doble de pantoque a pantoque.

Si N-1 es menor de 52 el canto alto de varengas llevará ángulo de refuerzo hasta la parte alta del pantoque.

Si N-1 es de 52 a 61, el ángulo de refuerzo llegará hasta los baos de cubierta superior, en cuadernas alternas.

Estos ángulos se empalmarán con casquillo de ángulo solapado y dos remaches por lado.

La quilla de línea centro puede ser una chapa corrida, sobre las varengas, llevará ángulos remachados en los extremos y se hará solidaria a la estructura de las varengas. Irá montada en 3/4 de la eslora e irá empalmada con plancha de apoyo.

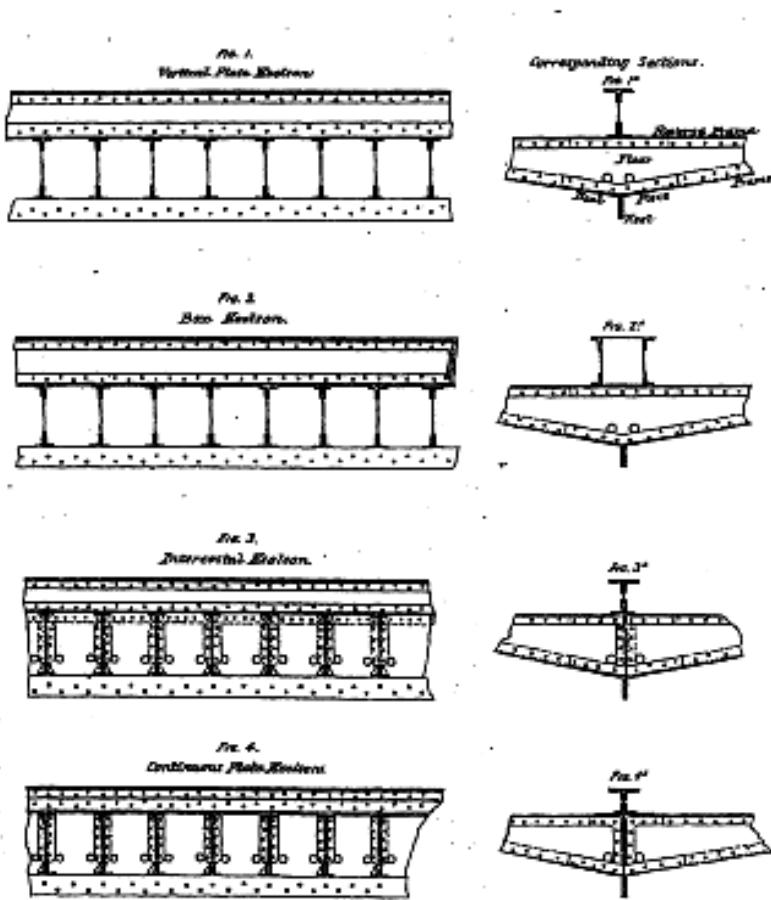
Si se monta quilla de cajón llevará los mismos espesores que en el punto anterior. Se mantendrá en 1/2 eslora, reducida a 2/3 en los extremos.

Quilla en línea centro. Formada por chapa corrida continua remachada a varengas, se prolongará con llanta reforzada con doble ángulo cogida por dos angulares que discurren de proa a popa.

Los quillotes pueden ser:

De pantoque.- Dos ángulos unidos, montados en la parte baja de la curva del pantoque.

Longitudinales en bodegas.- Para buques con N-2 igual a 8.900 y más. Es un refuerzo longitudinal de dos ángulos montado en la parte alta de pantoque.



Diferentes tipos de quillas.

Laterales.- Para barcos con N-2 entre 13.100 y 15.500. Se montará doble ángulo sobre varengas a mitad de línea centro y pantoque.

Forro.- Largo mínimo de chapas de cinco claras.

Unión de chapas a no menos de dos claras de la contigua y no menos de una de la siguiente.

Las uniones de las tracas de cinta y trancanil, deben estar a más de dos claras.

En el caso de barcos Spar Decked, dedicados al transporte de pasajeros, el calado de escantillonado viene definido por el siguiente texto:

“Dado que la seguridad y condición de navegación depende en gran medida del calado de agua al cual esta cargado. Se entiende en estas reglas que se construye para ser cargado a un calado que da un francobordo mínimo, por cada pie de puntal de la bodega, de 1 ½ pulgadas medidas desde el canto de la traca de cinta de la cubierta intermedia al borde del agua”.

Baos.- La altura del alma será de ¼ de pulgada por cada pie de largo. Ancho de platabandas (2 ángulos) no será menor que 3/4 de la altura del alma.

El solape de baos y cuadernas no será menor a 2 ½ veces la altura del alma.

Puntales.- Todos los baos de la mitad central de la eslora llevarán puntal de soporte, fuera de ahí llevarán puntal en baos alternos. Los equipos pesados llevaran puntales.

Baos en cubierta superior, cuando el barco disponga de 3 cubiertas, media, superior y “spar”, en cubiertas altas se colocaran puntales en cuadernas alternas.

Refuerzos longitudinales.- Barcos con menos de 12 pies de puntal, montar doble ángulo sobre cuadernas entre pantoque y baos.

Entre 12' y 14' de puntal, montar llanta de bulbo entre ángulos en 3/5 de la eslora.

Cuando el espaciado de baos supere las dos claras se montaran cartelas en cada clara remachadas a cuadernas y chapas de trancanil.

Canaletas de recogida de agua.- Calafatear con detalle y luego cementar.

Remachado.- El diámetro de los remaches será según tabla.

Diámetros de remaches.

Para chapa de 5 a 7/16	5/8
Chapa de 8 a 10/16	3/4
Chapa de 11 a 13/16	7/8
Chapa de 14 a 16/16	1

Se avellanarán los agujeros donde sea necesario.

Los remaches estarán separados de bordes de chapa, ángulo, etc. igual o más que su propio diámetro.

La distancia de dos filas de remaches no será menor de 1 ½ diámetros.

En general no estarán espaciados más de 4 ½ diámetros salvo en roda, quilla y codaste que podrán estar separados 5 D y en cuadernas y ángulos de refuerzo que podrán estar de 7 a 9 D.

Todas las uniones de chapas, excepto en espejos, amuradas y otras zonas no estructurales, no emplearan remachado al tresbolillo, y la distancias entre filas será 2 D.

Con remachado triple, la distancia entre filas será 2 D y la tercera fila tendrá la mitad de remaches.

Las cabezas deben sobresalir del plano de la chapa.

Todas las uniones de chapas de fondo del barco, de quilla a parte alta de pantoque serán en doble.

De ahí a canto bajo de la chapa de cinta, irán con remachado simple si las chapas son de 8/16" o menos. Si el espesor es mayor se empleará remachado doble.

La quilla, roda, codaste, traca de cinta y aparadura, quillotes y esloras serán remachadas en doble en sus uniones.

El solape de chapas será de 6 D. para remachado doble y 3 ½ D si el remachado es simple.

Las juntas o costuras del forro deben calafatearse.

Los vapores llevaran dos mamparos estancos además de los de límite de la cámara de máquinas. Irán de quilla a cubierta superior en proa, en popa es suficiente que lleguen a una cubierta estanca.

En veleros solo se pide el mamparo de colisión.

Llevarán válvulas deslizantes o machos, irán en todos los mamparos estancos para permitir el paso de agua a pocetos, se accionaran desde cubierta.

En máquinas se cuidaran los polines de aparatos. Si interrumpen los refuerzos del buque, se prolongaran los polines fuera de máquinas para compensar.

En este espacio se montarán ángulos dobles sobre varengas de pantoque a pantoque.

Volantes de válvulas.- Los volantes de válvulas de fondo y costado serán accesibles siempre.

Doble fondo.- Para tener notación DF, el buque ha de tener las chapas de techo de espesor adecuado, no menor que el de mamparos, y el techo estará conectado al forro. Estará construido con pasos de hombre que permitan la revisión interior total. Si se forra con madera esta tendrá no menos de 3". Para tener notación se alargará no menos de la mitad de la eslora.

Lumbreras.- Robustamente construidas a no menos de 30 pulgadas de altura de cubierta superior ó 18 pulgadas sobre cubiertas ligeras.

Los cristales de lumbreras tendrán de 3/8 a 1/2 pulgada de espesor, con tapa de metal o madera para asegurar la estanqueidad.

El tronco de máquinas acabara en caseta estanca sobre cubierta superior con brazola reforzada a la cubierta de 3 pies de altura. Las puertas estancas para ese tronco tendrán 18 pulgadas de brazola a cubierta superior.

Tragantes de carboneras.- Altura mínima 6 pulgadas sobre cubierta, llevaran tapa empernada, deben ir cerradas en navegación.

Portillas en amuradas e imbornales.- Para permitir el desembarque de cualquier cantidad de agua. El agua de imbornales ira a sentinelas (debe entenderse al mar a traves de la zona baja del casco, el agua de imbornales de cubierta siempre descarga al mar).

Cubierta de madera.- Renovable por desgaste. Se recomienda el uso de tornillos galvanizados para su montaje.

Si va sobre cubierta de hierro se puede disminuir la cubierta 1/16 de pulgada en espesor.

Si es de madera de teca, la chapa de cubierta puede ser más fina, 1/8 de pulgada menos.

Se puede poner forro de madera en doble fondo y en bodegas.

Cementado.- Cementar fondos hasta la parte alta del pantoque.

Dobles de escoben.- Remachar a chapa de cinta.

Bitas.- Pueden ser pasantes o encapilladas en tinteros en la propia cubierta y remachadas a los baos.

Timón.- Se podrá montar y desmontar con el barco a flote. Los tamaños del eje y pinzotes, vienen definidos en tablas, llevará armazón forjado forrado de chapa y remachado. Los pinzotes serán independientes.

Molinete.- De diferentes tipos de madera, el macho central de hierro atraviesa el cuerpo del molinete.

Ventilación.- Situada en la parte alta de todos los barcos. Si se montan escotillones para toma de ventilación tendrán tapa estanca.

El equipo se define con N-2.

Los barcos con más de 16 puntales por eslora, deben remitir información del mismo al Lloyd's para su estudio.

Barcos no construidos con inspección

El barco no construido con inspección será reconocido por dos inspectores, el barco se pondrá sobre picaderos y andamiado. Todos los remaches de quilla y fondo serán examinados y se hará una inspección total de la estructura.

Fondos asfaltados o cementados, se comprobarán localmente descubriendo el forrado por muestreo.

Después de este reconocimiento se le harán las inspecciones habituales, con la secuencia 1, 2, y 3 y luego 1 y 3.

Un barco mantendrá la letra A mientras en inspecciones se compruebe su adecuado estado para transportar productos secos y perecederos.

Los barcos A sobre A (nueva nomenclatura para cascos de hierro) serán sometidos a inspección cada 4 años, con la secuencia de inspección 1, 2, 3, 1, 3.

La carga de rotura del hierro es obligatorio que supere las 20 tons por pulgada cuadrada.

2.1.1.1.- MOMENTOS FLECTORES. RESISTENCIA LONGITUDINAL¹

Se incluye aquí este epígrafe, por su relación con la Reglamentación del Lloyd's, aún cuando no figura en las Reglas de esa Sociedad de 1870, que son las que se han analizado. La información que se da, es, en parte, algo posterior al periodo considerado.

El Acta sobre Líneas de Carga de 1890, se publicó para acabar con la sobrecarga de barcos que había sido origen de la pérdida de tantas vidas y tantos barcos. Su cumplimentación quedó bajo la custodia del BOT y se hizo obligatoria para todos los barcos británicos y para los que tocaran puertos británicos.

El Lloyd's del 1885, ya incluía un estandard mínimo de esfuerzos para todos los barcos, con independencia de su forma de construcción. Se podía construir, incluso, con mayores requerimientos a los solicitados por el BOT. Los barcos construidos con clase 100 A1 del Lloyd's, o el equivalente de otras Sociedades, indicaban el máximo nivel de construcción.

Esfuerzos longitudinales y momentos flectores. Walton.

Para alcanzar un nivel de esfuerzos adecuado a los requerimientos del Acta de Líneas de Carga de 1890, los buques debían cumplir, al menos, con lo establecido en el Reglamento del Lloyd's de 1885.

Se procedió al estudio detallado de las fuerzas que intervenían en los esfuerzos longitudinales que los barcos debían soportar, recogidos por Walton en su Steel Ships (pp. 65-ss), cuya tercera edición fue publicada en 1904.

En su libro, para buques de hierro y acero, estudió Walton los esfuerzos longitudinales en aguas tranquilas así como los que se producían con el barco sobre la ola o en su seno.

Atribuye las roturas de ejes a navegar en lastre, con la hélice semisumergida y quedar esta al aire alemerger la popa y embalarse. Indica que los ejes doblados tienen su origen en una mala carga que deforma la elástica.

Para el cálculo de la tensión en el hierro o acero, mediante los momentos flectores producidos el autor estudia:

- Curva de pesos.

Calculando el peso de la estructura, la carga y los pesos puntuales, por pie.

- Curva de desplazamiento.

Por cálculo del volumen de carena por pie de eslora.

- Curva de cargas.

Obtenida por diferencia de las anteriores.

- Curva de esfuerzos cortantes.

Curva del área de la curva de cargas, trazada a partir de uno de los extremos.

- Curva de momentos flectores.

Curva del área de esfuerzos cortantes, comenzando desde uno de los extremos.

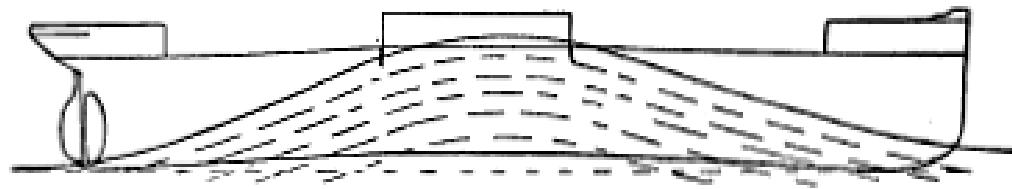
En condiciones de mala mar estas curvas varían bastante, la distribución de peso permanece inalterada, pero la flotabilidad varía mucho, variando los esfuerzos cortantes y los momentos flectores.

Debe estudiarse:

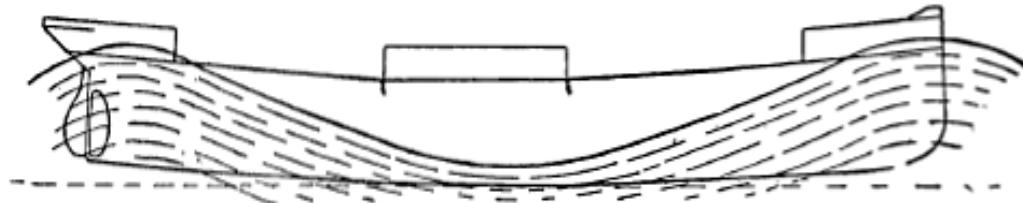
1 Condición del barco sobre una ola de altura 1/25 de su eslora.

2 Extremos del barco soportados por la misma ola.

Para calcular los esfuerzos por momentos flectores han de seguirse unos pasos:



Condición de barco sobre la ola.



Barco en seno de la ola.

- Cálculo de momento de inercia y posición del eje neutro

Su realización es mediante cálculo de áreas y cuadrado de distancias para las inercias y de áreas y distancias para la posición de la línea neutra.

- Estimación del momento flector.

Se utiliza una fórmula empírica muy contrastada de John (1874).

$$M_f = L \times D / 35$$

Donde:

L eslora en la línea de carga.

D desplazamiento en carga.

En barcos de tipos especiales 1/35 puede variar a 1/28 ó 1/24.

Mr. A. Denny, en 1892 aportaba unos datos en relación con estos cálculos:

- En un barco tipo de 350' x 44' x 32' con coeficiente de bloque de 0,56 a 0,78, en condición de rendir viaje y en olas de longitud igual al barco y de 1/20 de altura, las cargas eran de 7,93 a 9,76 tsi.

- En otro barco de 250' x 30' x 23', con coeficientes de bloque de 0,637 a 0,795, con olas de 1/25 de altura del largo del barco, los esfuerzos eran de 4,28 a 5,57 tsi.

El esfuerzo en buques no debe exceder de 6 a 7 tons por pulgada cuadrada.

Mr. John, del Lloyd's da, en 1874, un cuadro de esfuerzos calculados en buques, según tonelajes, en tons / pulgada cuadrada.

tons de Registro	Máximo esfuerzo en parte alta
100	1,67
200	2,36
400	3,55
600	3,72
800	4,59
1.000	5,19
1.500	5,34
2.000	5,9
2.500	7,08
3.000	8,09

2.1.2.- REGIRTER VERITAS. BARCOS DE HIERRO **EDICION 1871**

Se comprueba que el contenido no es muy diferente al Lloyd's Register, al igual que hoy tampoco lo es uno del otro. También se refiere fundamentalmente al casco, con algún apartado en relación con anclas, cadenas, palos y equipo similar.

La asignación de letras (números en este caso) la realiza en función del estado del barco y alcance geográfico de los viajes.

Tiene un apartado de cargos y respetos exigidos o recomendados que cambiando los componentes, ha llegado hasta hoy.

El Veritas emitió este año 1871 dos Reglamentos separados, para hierro y para madera, mientras el Lloyd's los engloba en uno solo. El reforzado suplementario al superar determinadas relaciones eslora manga o eslora puntal lo tiene unificado. Al igual que el Lloyd's es de fácil aplicación.

El Reglamento del Veritas de hierro compende 29 artículos, en estos está recogida toda la reglamentación para barcos de hierro. Está dividido en Clasificación, 8 artículos, y Construcción, 21.

Los dos Reglamentos, hierro y madera, que amablemente nos fueron enviados desde el Bureau de Paris y el del Lloyd's que recibimos desde la central de Londres están en inglés. Ambos son los más antiguos de los que se hacen copias.

2.1.3.- REGLAMENTACIONES NACIONALES.

Los constructores y armadores de buques no debían cumplir únicamente con los Reglamentos internacionales en vigor en aquel entonces; los barcos se debían adecuar también a los requerimientos legales que cada país tenía; a esto último es a lo que se han llamado Reglamentos Nacionales.

En la actualidad, la Reglamentación Nacional de Seguridad de la mayoría de los países, tiene su base en lo que regula una entidad de carácter internacional, OMI (Organización Marítima Internacional), que nació en el s.XX auspiciada por la ONU; gracias a ella los requisitos básicos de seguridad en cualquier país son bastante parecidos.

En el s.XIX, a pesar de que no existió ni la ONU, ni la OMI, existió también una cierta uniformidad en las Regulaciones Nacionales dada la pujanza del comercio marítimo inglés, en ese siglo. En Inglaterra hubo en aquella época un organismo que redactó una serie de leyes, que fue el Almirantazgo, que, en forma de Actas Parlamentarias, se convirtieron en las regulaciones inglesas de navegación, arqueo y otras, aplicables a los barcos ingleses y a aquellos no ingleses que cargaran o descargaran en los puertos del Imperio (esto último no tuvo carácter general, dependió del asunto que tratará el Acta). Bastantes países adoptaron la legislación marítima inglesa en sus propias flotas.

Se enuncian algunos de los temas de Reglamentación Nacional, los relacionados con seguridad se tratarán con mayor detalle en capítulo aparte.

- Arqueo².- Todos los países con tradición de navegación tenían desarrollado su propio sistema de medida; la dispersión existente era total. Un Acta Parlamentaria de 1854 dio origen a la tonelada Morson que fue admitida por todos los países.
- Reglamentaciones nacionales fijando los requisitos para los barcos correo, y de transporte de pasajeros y emigrantes, de cada país³.
- Número de botes salvavidas.- Regulados en Acta Parlamentaria de 1855 y por las Sociedades de Clasificación.
- Luces de navegación.- Reguladas en Actas Parlamentarias de 1848 y 1858.
- Francobordo.- Cuantificado por varios organismos, incluidas las Sociedades de Clasificación.
- Válvulas de seguridad de calderas.- Regulada la obligatoriedad y tamaños por el Board of Trade, organismo dependiente del Almirantazgo. También existió reglamentación del Lloyd's sobre este asunto.
- Reglas del Consorcio de Aseguradores de Liverpool.- El Consorcio dispuso de un cuerpo de inspectores que seguían la construcción

- de buques, sus Normas deberían igualmente ser aplicadas en los barcos que inspeccionaba.
- Normas sobre el servicio de sentinelas, incluido bombas y número de aspiraciones por local, estuvo regulado por el BOT.
 - La construcción de los alojamientos de tripulantes estuvo también regulada por el BOT.
 - Los detalles constructivos para evitar los roedores a bordo, estuvo reglamentada por el BOT.
 - Especificaciones constructivas del Almirantazgo, muy usadas en construcción de buques.
 - Especificaciones técnicas del Almirantazgo, para elementos importantes, tales como calderas, motores, hierro, acero y otras.
 - Otras orientadas, a diferentes asuntos relacionados con la tripulación, que en Gran Bretaña estuvieron regulados por Acta Parlamentaria de 1851.
 - Regla del Danubio.- Regulaciones sobre calados máximos y arqueo para pago de tasas en el Canal de Suez, una vez abierto al tráfico en 1869, aplicable a los barcos que lo atravesaban.

Los ingenieros constructores de la época dispusieron de una abundante Normativa nacional e internacional para cumplimentar y en la que apoyarse para ejercer su cometido.

2.2 CARENAS

La búsqueda de una carena que reuniera las mejores cualidades que se puedan esperar de la misma, es un empeño bastante antiguo. Se podría decir, sin miedo a equivocarse, que siempre ha estado en la mente de todos los constructores de barcos de cualquier época. Queda documentación del s.XVI a través de la cual se conoce que se trataban de imitar, en las carenas, algunos perfiles de peces, que tantas veces han sido tomados como modelos. Matthew Baker seleccionó el bacalao y la caballa como orientación para la carena de

los galeones ingleses de aquel siglo, obtuvo muy buenos resultados. Los canales de ensayo, en los que se está trabajando desde el final del s.XVIII (Greenland Dock), hicieron más científica esta búsqueda de carenas idóneas y es así como se trabaja en la actualidad.

Los diferentes destinos que han tenido los barcos desde siempre, han dado lugar a que no se buscase una carena única, buques mercantes y buques de guerra tiene cometidos diferentes y diferentes necesidades. El volumen de bodegas preciso en un carguero no tiene sentido en un barco de guerra, al igual que la estabilidad para tiro del barco de guerra no se precisa en un mercante. Hay, sin embargo, características que se buscan en todas las carenas, un autor de principios del s.XIX, Knowles, decía que una carena debía tener resistencia, capacidad, estabilidad y velocidad.

Estas características, que para otro autor pudieron no ser las mismas, dieron lugar, a una filosofía de construcción de cada astillero, que propiciaron la práctica de un sistema de mejora basado en lo que los ingleses llamaban “prueba y error”. Este sistema consistía en tratar de encontrar la carena idónea a base de modificaciones continuas de un barco en relación con el anterior; corrigiendo los defectos localizados en el primero; se intentaba conseguir la carena que satisficiera todas las expectativas; encontrada ésta, ese astillero la repetía sistemáticamente.

Lo que una carena debía hacer y como se debía construir para conseguirlo, fue un tema que siempre abordaron los eruditos en construcción naval; recogían en sus escritos las experiencias propias, así como las de los navegantes, en temas tales como deriva, estabilidad en diferentes estados, velocidad con diferentes mares, capacidad de carga, etc. Como estos temas están influidos al variar las diferentes dimensiones de las partes del buque y las relaciones entre ellas, las conclusiones de los estudios venían dados por una serie de consideraciones sobre como unas dimensiones debían ser aumentadas, disminuidas o variadas en relación con unas terceras. Los expertos recomendaban un asiento, la posición de la manga máxima, la cuantía del volumen de carena a proa, la relación eslora manga, etc.

Se recogen las opiniones de varios autores sobre diferentes aspectos de la carena con mejores prestaciones.

En la segunda mitad del s.XVIII, Jorge Juan, en su libro Examen Marítimo, da una serie de ideas sobre los usos de su época, de utilidad en el proyecto de nuevos barcos.

La relación eslora / manga varía, en lo que se está construyendo en su época, entre 3 y 4. Para mares agitados recomienda que esa relación sea 4.

$$L / B = 4$$

La relación que guardan calado y manga, también varía entre los barcos que se construyen, generalmente se mantienen entre 1/2 y 1/3. Recomienda para mares poco profundos que la relación sea 1/3 y para navegación de altura 1/2.

$$D / B = 1 / 2 \text{ en aguas profundas.}$$

$$D / B = 1 / 3 \text{ en mares confinados.}$$

Las teorías que se manejaban por Knowles⁴ en 1822, eran las siguientes:

Los barcos de carga para navegación oceánica, son parecidos en cualquier sitio, su manga es de 1/3 a 1/4 de la eslora.

La máxima manga debe situarse por delante de la maestra.

Debe ser más fino de popa que de proa.

Los cargueros, que tienen fondos llenos, calan más de popa que de proa.

El centro vélico debe ir a proa del centro de gravedad.

Con mucho calado el barco aguanta mejor el viento, deriva menos, pero da menos velocidad.

En barcos de guerra las portas de la batería baja deben estar, en navíos, a no menos de 5 ó 6 pies del mar; en fragatas de 6 a 7 pies. Esto determina la flotación respecto al barco.

Al disminuir la manga del barco, es menos resistente al paso del agua, deriva menos, divide mejor el líquido, precisa menos vela y mástiles más pequeños, supone menor fatiga en los marineros.

Aumentando manga es mejor plataforma de disparo, hay más espacio para manejo de cañones, se puede montar más vela que le permite más velocidad, el tener mayor manga en el centro le permite extremos más finos, aguanta mejor las olas que un barco más estrecho.

En barcos finos hay que abrir el abanico de proa para evitar clavar la proa y embarcar agua.

La popa no debe ser llena, si no, no gobierna.

Estabilidad es inclinarse poco ante una fuerza horizontal y volver a misma posición cuando desaparece. Esta relacionada con la resistencia a zozobrar. La estabilidad mejora con casco cuadrado y fondo plano, pero resisten mal la mala mar y embarrancan con peores consecuencias.

Los balances dependen de la forma del cuerpo. La falta de estabilidad significa barco inoperante y pérdida de uso de las baterías bajas en barcos de guerra.

Velocidad, se dice que para andar más el barco debe ir quilla a nivel, muchos no opinan así.

Dice Knowles como resumen, que no hay un casco que sirva para todo, sobre todo si consideramos los diferentes modos de navegación y carga.

La manga máxima debe ir en el centro.

Si va un poco a popa mejora la velocidad.

Habitualmente va algo a proa, el barco se comporta mejor con mala mar.

Afinando la proa disminuimos su resistencia, por lo que el palo de proa debemos desplazarlo a popa, perdiendo la velocidad que podíamos haber ganado.

La mejor respuesta es hacer un casco con la máxima manga más próxima a proa, que da solución a los problemas planteados más importantes, principalmente a los de velocidad, capacidad y gobierno.

El barco navegará mejor con mayor calado a popa, aproximadamente 1/6 más a popa que en el centro del buque. El barco corta mejor el agua con mala mar.

Conclusiones de los experimentos de Charles Gore de Weimar, Sajonia, en Greenland, citadas por Knowles.

Probó un total de 18 modelos, las conclusiones fueron:

La mejor forma es un cuerpo largo prismático, terminado con líneas parabólicas.

Acortando la proa se aumenta la resistencia.

Máxima manga en el centro.

En cuanto a la velocidad la relación eslora / manga optima es cuatro, se puede mejorar aumentándola.

Ideas de Sir George Shee Barton, recogidas por Knowles.

El defecto del barco corto es que no mantiene rumbo y además los esfuerzos de las velas altas tienden a hundir la proa, más cuanto más corto sea.

El defecto del barco estrecho, es su poca capacidad.

El barco que corregiría estos errores constructivos sería el que incrementara eslora y manga y disminuyera calados. Costados y proa deben modificarse.

Procediendo así con la madera que se gasta en hacer un barco de 100 tons se podría hacer uno de 130 y con la velocidad pasaría igual.

Cuando se hace un barco largo debe pensarse cuanto se baja el calado, cuando se aumenta la manga, cuanto se aumenta la vela.

En barcos de guerra montar un embono en la flotación mejora mucho sus prestaciones.

Ideas de Mr. Hutchinson (dique de Liverpool), leídas en el libro de Knowles de 1822.

Hay una gran diferencia entre una proa llena y otra muy afilada; esta última embarca agua que obliga a bajar vela y a achicar para evitar el hundimiento.

Proa llena y popa fina dejan por popa el agua muerta, buena velocidad y buena respuesta de timón.

Los barcos demasiado largos para su manga gobiernan mal y tienen mala evolución. Si tienen mucho puntal en relación con la manga, tienen riesgo de dar la vuelta. Necesitan un gran lastrado.

El puntal debe ser 6/10 de la manga. La manga máxima de una anchura de 1/3 del largo de la quilla y debe estar a 7/12 del largo de quilla, desde el codaste.

Ideas del Cap. John Schank de la Royal Navy, en texto de Knowles.

El único medio recomendado para obtener un buen barco es que tenga más eslora, más puntal y menos manga.

Disminuyendo la manga y el calado disminuye la resistencia.

Conseguimos así que aumente la velocidad, aunque aumenta la deriva.

2.2.1.- LAS CARENAS PATENTADAS

Además de las citadas ideas, la mayoría de las veces convergentes, los ingenieros de mediados del s.XIX dispusieron para incorporar en sus proyectos de una serie de carenas mucho más elaboradas; ya no eran recomendaciones para acortar o para desplazar un poco la manga máxima, eran carenas totalmente definidas con las formulaciones matemáticas precisas y con resultados de remolque en canal, disponibles en algún caso.

Las carenas patentadas localizadas, que más se emplearon a mitad del s.XIX, son las siguientes:

Carena de J.S. Russell⁵.

La primera de estas carenas, que llamaremos patentadas, es de 1834, el ingeniero que la diseñó se llamaba John Scott Russell; tal vez es la más estudiada y la que se montó en más barcos de pasaje durante el periodo estudiado.

John Scott Russell, en su Wave Line Principle, mas tarde expuesto en el INA, dice que:

“Las formas de menor resistencia deberán ser tales como para quitar las partículas de agua del camino del buque, justo lo suficiente para dejar pasar la sección más grande del buque y no más. Encontrando en su camino las partículas de agua en reposo, deberá dejarlas en reposo en el nuevo lugar al que han sido trasladadas. Dado el tiempo en el que se debe conseguir este movimiento, la fuerza para llevarlo a cabo deberá ser constante y la mínima necesaria.”

Para Russell la carena debe ser:

La entrada $y = 1 - \cos x$.

La salida debe de ser fina, por ejemplo una cicloide.

La longitud de la entrada será $3/2$ en relación con la longitud de la salida.

Con esta carena la velocidad óptima máxima económica coincide con la raíz cuadrada de la eslora (se ha comprobado que se aproxima más al $1,25 \times L^{1/2}$). Por encima la mayor parte de la energía se va en formación de olas.

El *Great Western* tenía formas y dimensiones muy parecidas a las que Russell consideraba como optimas, en 1838 cruzo el Atlántico en 3 días menos que el *Syrius*.

En ensayos de canal, comparó la resistencia proporcional, de modelos con forma de ola, con otros correspondientes a barcos de pasaje en servicio.

Velocidad modelo	Resistencia			
	A	B	C	D
5,68	84	126	166	148
9,69	189	225	241	225

A corresponde al barco de Russell.

En esta carena se definían asimismo las longitudes de los cuerpos de entrada y salida de acuerdo con la velocidad.

Como curiosidad, en esta tabla la velocidad está dada en statute miles que equivale a 1609 m por hora, que es la actual milla terrestre en Inglaterra. Se empleaba bastante en aquella época en ríos y lagos.

V (sm)	Pr	Pp
10	35	20
15	99	68
20	170	120

Los barcos con carena de Russell fueron habitualmente tenidos por los más rápidos de su época.

Fig. 5.

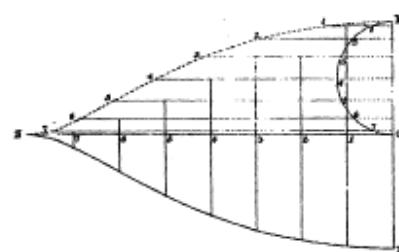


Fig. 6.

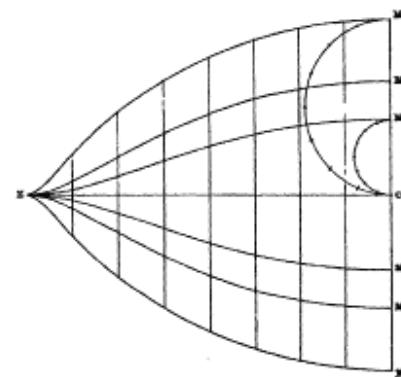
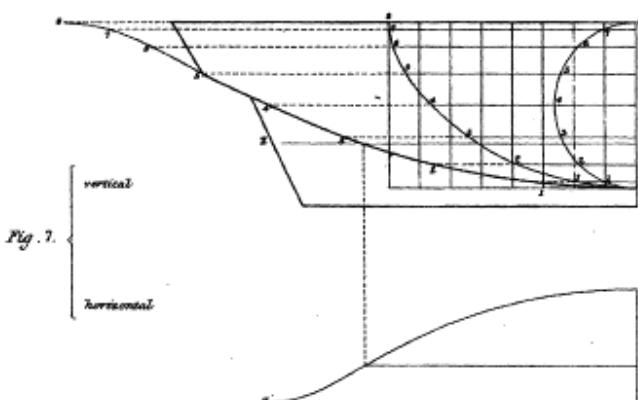
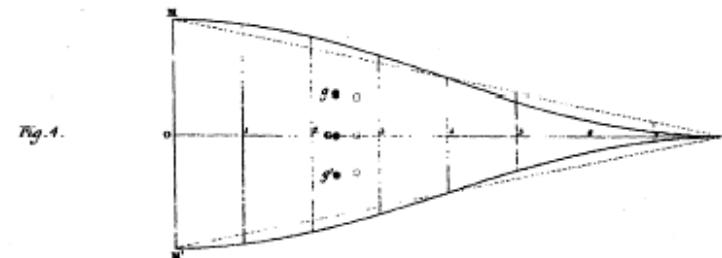
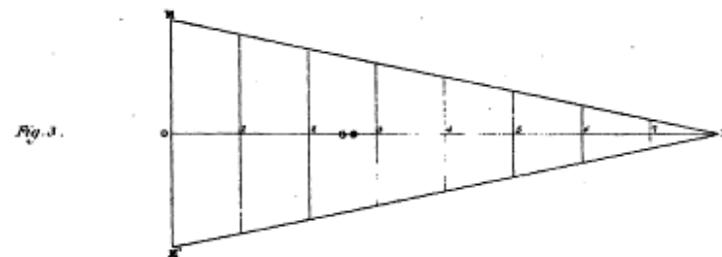
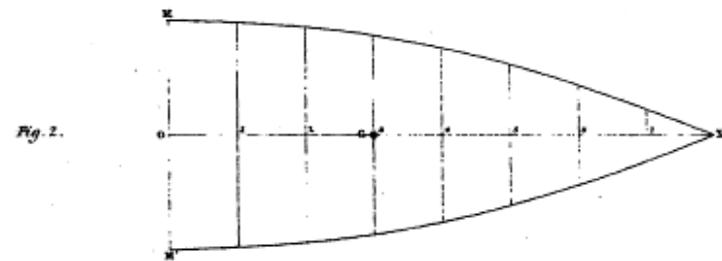
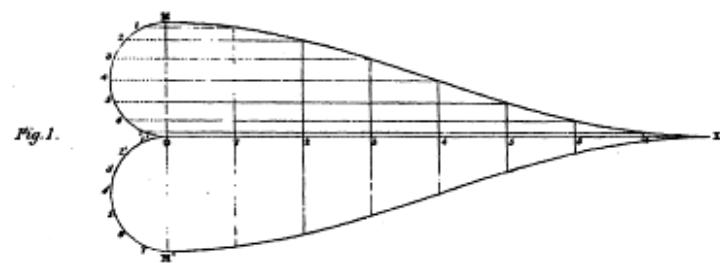


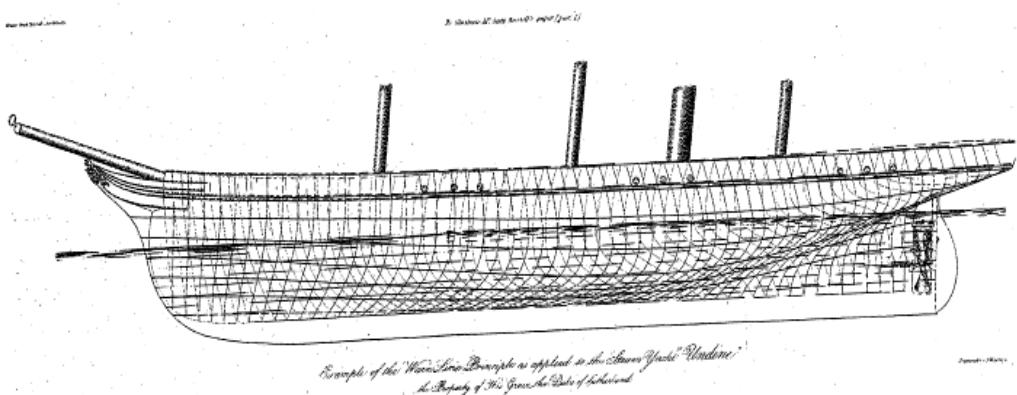
Fig. 7.



Carena John Scott Russell



Carena de John Scott Russell



Carena de John Scott Russell

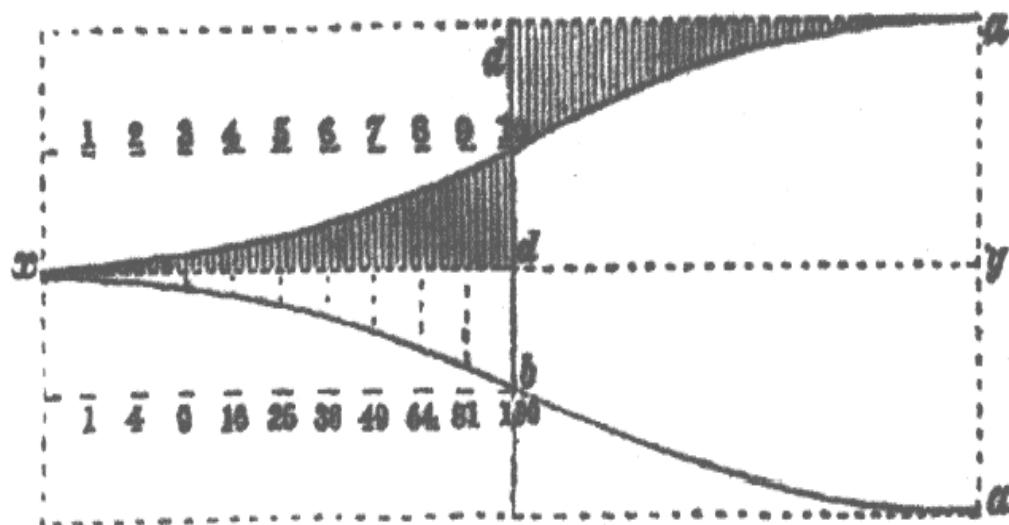
Carena de John Bourne

Presentada en el INA en 1867-03.

El buque debe tener una considerable proporción de eslora a manga, de tal forma que tenga los extremos agudos. Una proporción de 7 veces de eslora a manga es una buena relación para velocidades de 15 a 16 nudos. Esta proporción puede ser mayor si se buscan velocidades superiores.

El principio para el diseño de esta carena es que: “Las partículas de agua, que mueve el barco, se desplazan como si estuvieran solidarias a un péndulo; cuando el buque alcanza la partícula, esta es violentamente desplazada de su posición, al final de su recorrido retorna más despacio a la posición que ocupaba donde vuelve a permanecer en reposo. El retorno de este movimiento pendular es más lento al ser frenada la partícula por el resto del agua. Este movimiento supone un gasto de energía”.

La proa puede alargarse hasta que el incremento de fricción por mayor superficie mojada y el incremento de calado por mayor peso, compensen la mayor resistencia hidrostática de una proa romana.



Carena Bourne

Bourne deduce una carena que tiene una doble curva de entrada y una salida igual. Cada curva es la unión de dos tramos de parábola cuyas ordenadas son el cuadrado de las abscisas.

La carena la diseñó en 1853.

Carena en U

Presentada en el INA, por Charles Lamport y Joseff Woolley, en 1866.

Decía Lamport que grandes ángulos de escora retrasan el barco, son el pago a una eslora grande.

Que mucha velocidad va contra una gran capacidad de carga.

Empleaba el símil de que una proa llena es como cuando nada un perro con un hueso en la boca.

Afirmaba que un barco fino baja la presión dinámica pero aumenta la fricción.

También que la proa llena, aumenta mucho la fricción y tiende a parar el barco.

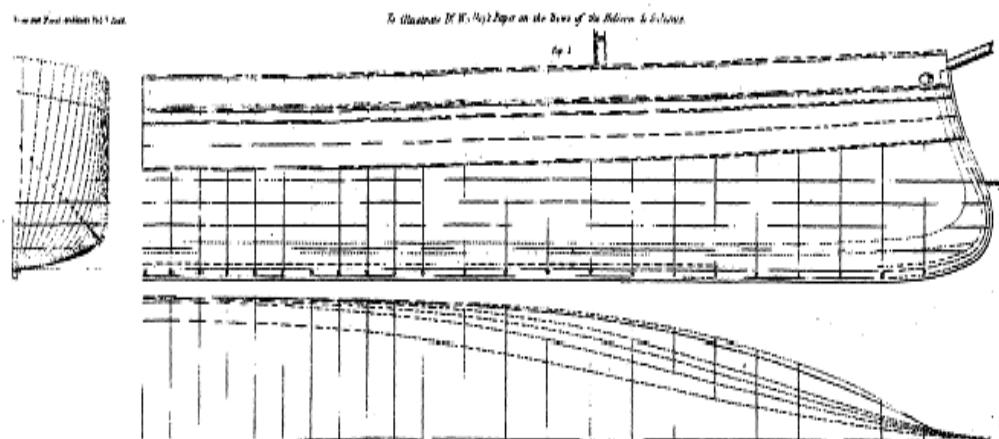
Su conclusión era que el mejor proyecto es el mejor compromiso entre muchas cosas.

La mejor proa para cabezada es en U, es con forma transversal de parábola y el casco formando 45° con respecto a la flotación.

El C de G estará a popa de la maestra y sobre la flotación.

El C de G de la parte sumergida estará a proa de la maestra y el de la obra muerta a popa.

La proa en U evita el cabeceo; al tener mayor volumen en proa, para el mismo desplazamiento, tiene menos calado y algo menos de área de la maestra. No parte las olas, flota sobre ellas.



Carena en U

Esta carena se llama también de gota de agua, o de espolón, fue muy usada por las grandes unidades de las marinas de guerra.

En comunicación al INA de 1866-01, el reverendo Wooley, incluía la comparación de los barcos *Hellicon* y *Salamis*.

Hellicon proa en U.
Salamis proa en V.

El *Helicón*, con la misma máquina, dio en pruebas 0.9 nudos más que el *Salamis*.

Las constantes de comparación para igualar los barcos en prueba fueron:

$$V^3 \times A \text{ de la maestra / IHP}$$

$$V^3 \times \text{desplazamiento / IHP}$$

Carena Belfast Bottom de Harland & Wolff⁶

Proyectada y construida por el ingeniero Edward Harland, que empezó su estudio hacia 1850 cuando aún trabajaba en J & G Thompson como jefe de proyectos.

El primer barco con esta carena fue el *Venetian* con 310 pies de eslora y 34 de manga. El diseño suponía con respecto a otros barcos, el aumento de eslora sin tocar el resto de dimensiones por lo que precisaba un gran reforzado de cubierta. Los cascos eran cuadrados con pantoques casi en ángulo recto y fondo plano. Conocidos, con cierta ironía, en el mundo de los barcos como “coffins” (ataúdes).

Estos barcos fueron objeto de bastantes críticas; llegaron a superar la relación de eslora a manga de 10. Se pensó, inicialmente, que en estos barcos la siniestralidad era mayor. Estos dimensionamientos fueron muy copiados.

Carena Maudsley

Presentada en INA en 1860-03.

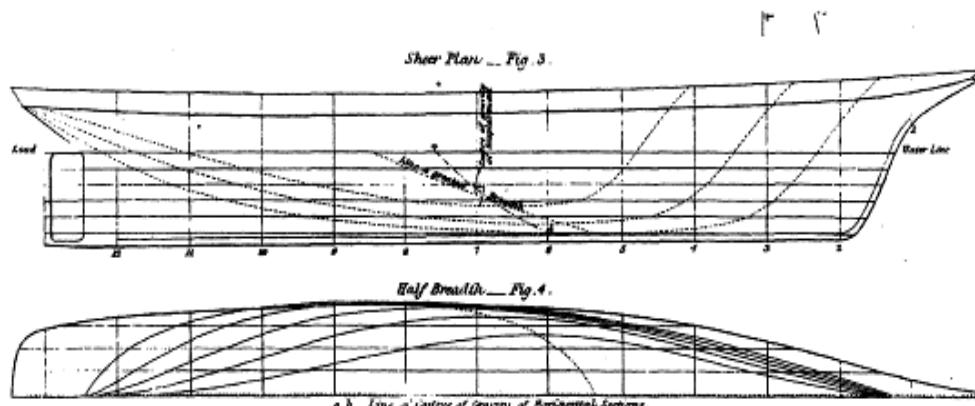
Esta carena se diseñó sin alcanzar las proporciones extremas que entonces se manejaban.

Las líneas de agua eran suaves y alargadas para conseguir velocidad.

La manga máxima sobre flotación estaba a popa de la maestra y bajo flotación a proa de la misma, buscando un buen comportamiento tanto con mar calma como con mala mar. Estos dos centros de máxima manga estaban sobre una línea formando un ángulo de 35° con la quilla.

La relación eslora manga era de 5,2.

Durante la discusión que siguió a su exposición en el INA, intervino un antiguo propietario de un barco con esa carena, que comentó haberlo vendido por cargar poco, pero que el barco era rápido y con buen comportamiento en la mar.



Carena Maudsley

Algunas de estas carenas tuvieron más éxito que otras, y a nivel de citas en la literatura, fue la de Russell la que consiguió un mayor reconocimiento que las demás. También se cita bastante la carena de Belfast; las relaciones eslora manga que empezó a construir este astillero fueron igualadas a los pocos años por los demás, la crítica fue por su condición de pionera. La carena en U se aplicó preferentemente a los grandes barcos de guerra, fue la que más perduró de las citadas.

Hasta que los canales de ensayo estuvieron operativos, las carenas que emplearon los ingenieros fueron las optimizadas de cada astillero y estas carenas tipificadas, que hemos llamado carenas patentadas.

2.3 ESTABILIDAD

El tratamiento de la estabilidad en la época fue bueno, no hay que olvidar que ya en 1746 Bouguer estableció los principios de la misma, que diferentes tratadistas fueron desarrollando.

2.3.1.- ESTUDIOS Y CONTRIBUCION DE VARIOS AUTORES

ANTERIORES AL PERIODO CONSIDERADO.

Jorge Juan 1771

Dentro del s.XVIII Jorge Juan tiene, recogidas en su libro “Examen Marítimo” de 1771, algunas ideas en relación con la estabilidad.

Decía: La posición del metacentro referida al centro de carena la da por la siguiente fórmula.

$$CM = \int e^3 c / 12V$$

Donde:

V es el volumen de carena

e la manga.

c es un diferencial de eslora.

Para hallar el centro de gravedad recomienda realizar una prueba de estabilidad en la que el barco se inclina desplazando todos los

cañones a una banda. En su libro da un ejemplo para cálculo del centro de gravedad mediante estudio de pesos.

Lastrado.- Para calcular la cuantía del lastre a poner en un barco, del que ya se conoce metacentro y centro de gravedad, parte del “aguante de vela” que se busca para el barco. Este aguante de vela es el máximo ángulo que debe tomar un barco sometido a vientos violentos de través. Este debe ser:

Escora Navíos 12º a 15º.

Escora Fragatas 14º a 17º.

Con esta premisa se calcula el lastre necesario.

Knowles 1822⁷

Entre las primeras ideas recogidas del s.XIX, sobre estabilidad y formas, están las de Knowles expuestas en su tratado “Naval Architecture” de 1822.

Movimientos del barco.- En estos intervienen, relacionados con el estudio de la estabilidad, los siguientes elementos:

Centro de Gravedad.- Centro de gravedad total.

Centro de Cavity o de Desplazamiento.- Centro de gravedad de empuje de flotación (centro de carena).

Metacentro.- Vertical por el centro de carena que corta a la línea perpendicular a la quilla que pasa por G.

Centro de movimiento.- Línea que pasa por G y alrededor del cual el barco gira.

Línea de soporte.- Perpendicular a la quilla pasa por C y M.

Eje vertical.- Línea perpendicular a la quilla que pasa por G.

Eje transversal.- Pasa por G.

La tendencia a girar se puede atenuar dependiendo de la forma del casco.

El radio de giro para recuperar la posición vertical es GM.

La fuerza de gravedad debe multiplicarse por el seno del ángulo de giro.

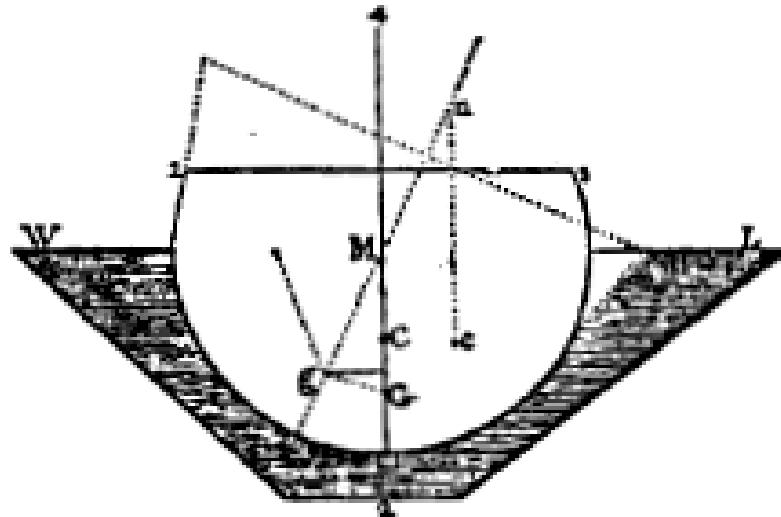
La medida de estabilidad de un cuerpo es el producto de la distancia del centro de gravedad a la línea soporte (que contiene C y M), por el peso del barco.

C debe estar sobre G, caso contrario el buque puede dar la vuelta súbitamente, si G estuviera sobre C habrá que lastrar el barco. Esto último sucede a menudo en barcos finos y altos.

La estabilidad es esencial en barcos que navegan a vela.

- Experiencia de estabilidad que hizo el alemán Gore de Weimar, citada por Knowles.

Realizo experiencias con varias formas de carena simulando el empuje de las velas mediante contrapesos. La carena más estable fue con formas rectangulares, la siguiente con fondo circular y costados verticales.



Knowles: C sobre G.

La estabilidad se probaba en esa época pasando los cañones de una banda de la batería baja a la banda contraria, manteniendo la tripulación quieta y comprobando cuanto se había levantado el costado.

El periodo de balance se medía al soltar un peso suficiente, suspendido fuera del costado, en las condiciones más estables.

Texto de Miguel Roldan y Francisco Chacón. 1831/ revisado 1863⁸.

Estabilidad.

Para que el equilibrio de un buque sea estable, es indispensable que la vertical que pasa por su centro de gravedad pase también por su centro de carena (centro del volumen desplazado) y que el centro de gravedad esté más bajo que el metacentro.

La fuerza que hace girar al buque sobre su centro de gravedad será la presión del fluido multiplicada por la distancia del centro de gravedad a la dirección de la presión del fluido.

$$P \times Gd = P (R - r) \sin a$$

R es MC distancia del metacentro al centro de presión,
r la distancia del centro de gravedad al de presión.

Altura del metacentro.

$$D (CM) = 2d (l^3/2 + l_1^3 + l_2^3 + \dots + l_n^3 / 2) / 3P$$

d es la distancia entre semimangas l.

P volumen carena.

Posición del centro de gravedad lo determina mediante experiencia de estabilidad.

$$CG = (P \times R \sin a - 2pd) / P \sin a$$

Donde:

R es CM.

2p el peso empleado.

P el desplazamiento.
d la distancia del peso a línea centro.

Preceptos para conseguir la mejor estabilidad.

Cuanto mayor sea la distancia del metacento al centro de gravedad, mayor será el momento de la presión del fluido.

Cuanto mayor sea el volumen de carena mayor será la fuerza deadrizamiento que es igual al peso del volumen.

Para lastrar el barco, como emergencia en la mar, bajar los cañones a bodegas.

Aumentar el diámetro transversal de carena en flotación mediante unos tablones llamados embonos, mejora la estabilidad.

Los barcos de vela necesitan más manga que los de vapor.

Experiencia para calcular el grado de estabilidad rápidamente:

Colocar a Er tantos hombres como decímetros tenga el bao de la maestra y marcar flotación en costado.

Pasar los hombres a Br y volver a marcar.

Si la distancia de marcas está entre 15 y 25 cm., la estabilidad es buena. Este método ya fue empleado en Francia en el s.XVIII.

Para aumentar periodo de balances.

Aumentar el momento de inercia, separando los pesos del centro de gravedad.

Disminuir la distancia del metacento al centro de gravedad.

Problemas con la carena:

Construir con madera que no esté seca, al darle el sol en grada solo por un costado, provoca asimetría de carena.

2.3.2. TEXTOS DEL PERIODO CONSIDERADO.

2.3.2.1.- BUQUES DE GUERRA. ARQUITECTURA NAVAL E. L. Attwood⁹ 1871.

En 1871, dio a conocer Attwood los temas que siguen:

Define el Centro de Gravedad y el Centro de Carena.

Define el equilibrio estable, inestable e indiferente.

Fórmula de distancia aproximada del centro de carena a la línea de flotación:

$$(C/6 + P/Tc) / 10$$

C----- calado.

P ----- desplazamiento en tons métricas.

Tc -----toneladas por centímetro.

Fórmula del valor aproximado de las toneladas por centímetro de inmersión:

Buques finos E x M / 140.

Buques llenos E x M / 125.

Real A /100.

Metacentro y su posición respecto al Centro de Carena:

$$CM = I / V$$

Fórmula empírica para CM :

$$CM \text{ aprox.} = a \times M^2 / C$$

M manga.

C calado.

El coeficiente a varía de 0,27 para líneas llenas a 0,25 para líneas finas, en barcos de guerra.

Nota.- En un libro de texto de la ETSIN, concretamente la “Teoría del Buque I” de D. José Antonio Aláez, se lee que el valor de a para mercantes es 0,09.

Diagrama metacéntrico.

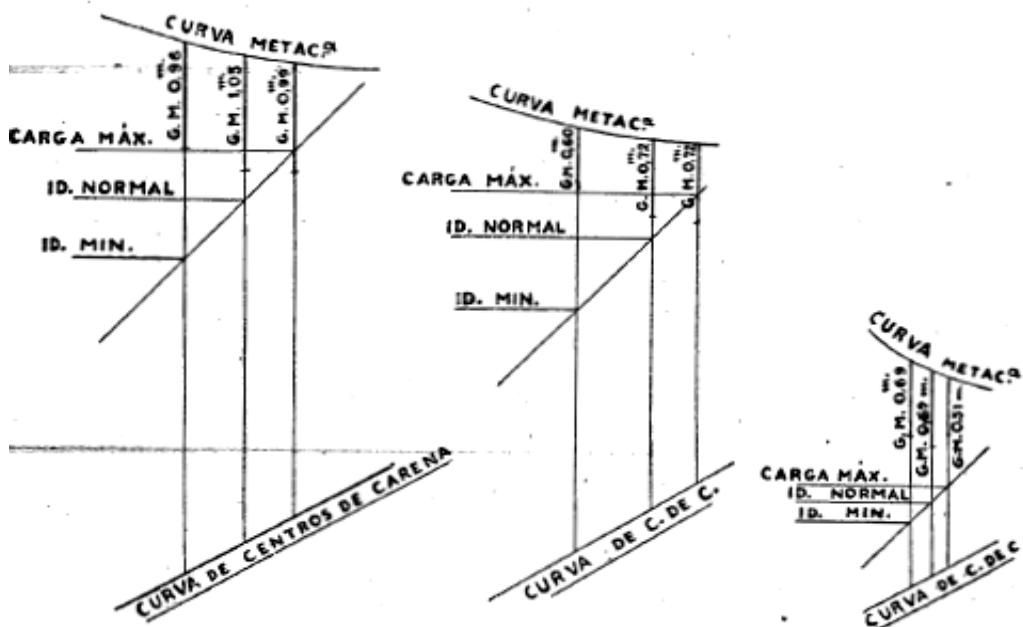
Una vez trazadas las curvas que lo componen, nos permite conocer la posición de M a cualquier flotación.

Forma de obtenerlas:

Se trazan una serie de flotaciones, dibujando sobre ellas una recta a 45° que las corta.

En cada punto de cruce se traza el C correspondiente. Uniendo esas C se obtiene la curva de centros de carenas. Sobre cada C se levanta el correspondiente M, con todos estos se traza la línea de metacentros M.

Para conocer la posición de M a otra flotación, se traza la misma hasta que corte la línea a 45° y de ahí en vertical tendremos el metacentro a esa flotación.



Diagramas metacéntricos.

Experiencia de estabilidad

La descripción de Attwood se corresponde totalmente con el método empleado hoy en día, el resultado es, así mismo:

$$GM = p \times d / P \times \tan \alpha$$

p y d son los pesos empleados y su desplazamiento transversal.

P es el desplazamiento del barco.

Par de estabilidad para pequeños ángulos.

El par adrizante es:

$$P \times GM \times \sin \alpha$$

Valores de GM recomendables:

Acorazados	1,05 a 1,22 m.
Cruceros grandes	0,75 a 1,05 m.
Cruceros pequeños	0,60 a 0,75 m.
Caza torpederos	0,60m aprox.

En barco de carga es muy variable con la carga, el mínimo podría ser 0,30 m. De no conseguirse hay que ir a lastre fijo en doble fondo.

Los barcos de vela necesitan un GM de 0,91 a 1,06 m, para poder navegar sin excesiva escora.

Los barcos de pasaje deben tener un GM entre 2 y 4 pies (Tomado del libro de Don José Antonio Aláez, citado anteriormente, como información de Attwood).

Variación de G

Se consigue un aumento fácil del radio metacéntrico GM, mediante lastrado.

Añadiendo un peso p a una distancia d, por bajo de G, éste bajará.

$$\text{Descenso de } G = (p \times d) / (P + p)$$

p peso añadido.

P desplazamiento.

d distancia peso a G.

Esta cantidad corresponderá al aumento de GM.

Otro sistema para aumentar el GM es montar unos postizos en la flotación, que se conocen como embonos, estos aumentan la inercia de la flotación y consecuentemente el GM.

Compartimientos parcialmente llenos con líquidos.

Attwood estudia la variación de GM por la inundación parcial de un compartimiento.

El aumento de peso que supone esa inundación supondrá, por una parte, que G baje a G_1 en la cuantía:

$$GG_1 = p \times h / (P + p)$$

Sin embargo G_1 subirá a G_2 perdiendo altura metacéntrica en función de la superficie libre del líquido en el Compartimiento. Esta subida será igual a:

$$G_1 G_2 = i / V$$

i es la inercia de la superficie libre del líquido.

Esta superficie libre puede suponer una pérdida de estabilidad inicialmente, si continuamos aumentando la cantidad de líquido introducido, GM aumentará.

Estabilidad para grandes ángulos.

GM x P x sen a, es el par de adrizzamiento válido hasta los 10-15°.

Para grandes ángulos el par adrizzante es P x GZ, siendo GZ la distancia del centro de gravedad a la vertical que pasa por C.

GZ se representa con una curva en que las abscisas son grados y las ordenadas los brazos de palanca GZ, se llama curva de estabilidad. Como puntos importantes de estas curvas están el de máxima estabilidad y el que limita la amplitud de la curva de estabilidad; es importante la inclinación de la curva en el arranque.

Las diferentes formas de estas curvas dependen del perfil transversal de los barcos.

Para el estudio se considera cerradas todas las aberturas del casco; también que G no varía con la inclinación.

El incremento de la obra muerta aumenta en gran cuantía la amplitud de la curva de estabilidad.

Puede decirse que:

- El aumento de manga aumenta la estabilidad inicial pero no aumenta el área de la curva, ni su amplitud.
- Mayor obra muerta, aumenta considerablemente la amplitud de la curva y el área limitada.
- Si el G sube, las ordenadas de la curva bajan ($GG' \operatorname{sen} \alpha$), al revés si G baja las ordenadas de la curva suben.

Fórmula de la estabilidad para grandes ángulos

$$GZ = (v \times hh' / V) - GC \operatorname{sen} \alpha$$

v volumen de una cuña de inmersión o emersión de la carena.

hh' distancia de centros de gravedad de las cuñas.

V volumen de carena.

Estabilidad dinámica.

Es el trabajo necesario para inclinar un barco hasta un ángulo determinado. Corresponde al área limitada por la curva de estabilidad, el eje de abscisas y la ordenada correspondiente al ángulo.

Se estima que este valor es tres veces mayor si las portas de costado están cerradas que si están abiertas.

Balance.

Atwood calculó que el periodo para una semioscilación obedece a la fórmula:

$$T = (k^2 / GM)^{1/2}$$

Si llamamos I al momento de inercia del barco respecto a un eje longitudinal que pasa por G y P al peso del barco

$$I = P \times k^2$$

A k^2 se le conoce como radio de giro (giración en varios textos). Como resulta difícil variar la disposición de carga de un barco se suele variar el GM del mismo para ir a otros períodos de balance.

Períodos normales

Acorazado	16 seg.
Crucero	12 seg.
Cañoneros	6 seg.

Los barcos de periodo largo se inclinan menos con las olas (estabilidad de plataforma), favoreciendo el manejo de las armas.

Fórmula del coeficiente de afinamiento (Bloque)

$$\delta = V / E \times M \times C$$

δ Para buques de guerra:

Acorazados	0,6 a 0,65
Cruceros	0,5 a 0,55
Caza torpederos	0,4 a 0,45

Otros temas tratados por Attwood.

- Tonelaje de arqueo.- Trata el arqueo en toneladas de 100 pies cúbicos. Cita que este tonelaje es válido en cualquier puerto del mundo salvo en el Canal de Suez, que disponen de otro sistema de medida conocido como la Regla del Danubio.
- Curva de las tonelada por centímetro.
- Posición del centro de gravedad por medio de cálculo. Lo calcula para diferentes estados de carga.
- Varadas en dique.

- Curva de estabilidad y la influencia de la manga, obra muerta y posición del centro de gravedad sobre dicha curva. Afecta más la obra muerta que la cuantía de la manga.

De hecho, Attwood, en 1871, ya empleaba bastantes de los conceptos y fórmulas que más tarde se emplearían en proyectos de buques

2.3.2.2.-COMPENDIO E HISTORIA DE LA ESTABILIDAD EN BUQUES. Edward Reed 1885.

En su magnífico libro nos deja una mezcla de historia y actualidad de la estabilidad en buques.

Estudia inicialmente la flotabilidad de los cuerpos así como los diferentes modos de flotación.

Información de la obra de Bouguer

Indica Reed que el concepto e incluso el término metacentro fueron introducidos por Bouguer en 1746, señalándolo éste como el punto que no podía ser rebasado por G sin perder la estabilidad.

También Bouguer indica que al ir inclinando progresivamente el barco, la vertical por el centro de carena empieza a pasar por encima del metacentro original, dibujando una curva que llama metacéntrica. Supuso Bouguer que el pasar esta curva sobre el metacentro original suponía un aumento constante del par de adrizzamiento, lo cual no es cierto. Si se traza una curva de estabilidad se ve que el valor GZ va creciendo hasta un máximo y después empieza a decrecer.

Siguiendo con el libro de **Reed**, este indica:

Al inclinarse un barco se forman dos cuñas, de inmersión y de emersión, que tendrán igual volumen pero que tendrán habitualmente diferente forma. Al inclinarse el barco lógicamente varía el centro de carena, su desplazamiento será

$$BB' = v \times gg' / V$$

V es el volumen de carena

v es el volumen de una cuña

gg' es la distancia del centro de gravedad de las cuñas

B B' centros de carena.

Igualando momentos referidos a la nueva flotación, se llega a que:

$$GZ = v \times hh' / V - BG \text{ sen a}$$

Esta es la fórmula de Attwood para el brazo de estabilidad estática. Para obtener el par hay que multiplicarla por el desplazamiento. Esta fórmula sirve para calcular la estabilidad a cualquier ángulo.

Las curvas de estabilidad son representaciones de GZ como ordenadas y los ángulos correspondientes como abscisas.

Añadiéndole una escala de pies tonelada nos da los pares deadrizamiento.

Suponiendo un ángulo mínimo de escora y aplicando la fórmula de Attwood se llega a que:

$$BM (CM) = 2 \int y^3 dx / 3V$$

Donde y es la semimanga.

La altura del metacentro depende de las mangas en la flotación, la eslora y el volumen de carena. El factor con máximo peso lo tiene la manga cuyo valor va elevado al cubo.

Reed aporta igualmente datos de temas estudiados por Barnes.

Información de trabajos de Barnes

Estabilidad con agua en compartimentos.

Considera dos casos:

- A.- Compartimiento lleno de agua y cerrado.

El agua tiene la consideración de un peso que variará desplazamiento, centro de gravedad, centro de carena y metacentro.

- B.- Compartimiento abierto al mar.

El estudio de Barnes para este caso es el que sigue:

Suponiendo un cuerpo prismático con un compartimiento inundado, se cumplirá:

$$d' (l - l') = d l$$

d, d' calados inicial y final.

l, l' eslora total e inundada.

Centros de carena $d / 2$ y $d' / 2$.

Si b es la manga, la altura del metacentro inicial es:

$$(1 / 12) \times b^2 / d$$

Después de la avería será:

$$(1/12) \times (b^2/d) \times (l - l')/l$$

Se demuestra que GM aumenta si la manga es igual al calado o dos veces el calado, con inundaciones de hasta de $1/2$ de la eslora.

Barnes estudió también la inundación con compartimientos longitudinales, llegando a la siguiente formulación.

Altura de M, barco íntegro $(1/12) \times b^2 / d$.

Altura del metacentro M, buque inundado en compartimientos laterales:

$$(2/3) \times b^2 / d \times (1/2 - 1/n)$$

b manga.

d calado.

n distancia mamparos a costado en tanto por ciento de la manga.

Diagramas metacéntricos.

Estudiado por Barnes y por Attwood.

Se trazan varios calados, una línea a 45° , en los cruces se bajan las distancias de las correspondientes C a las flotaciones y de ahí hacia arriba las CM.

2.3.2.2.1.- ESTUDIOSOS DE LA ESTABILIDAD. RESEÑA HISTORICA.

Reed en el libro que se está siguiendo dedica unos párrafos a los estudiosos de la estabilidad que le precedieron.

Pere de l'Hoste.

Presentó sus estudios en 1693, siendo uno de los primeros en abordar esta materia, que dio lugar a no pocas controversias en su época. Esbozó la prueba de estabilidad.

Bouguer.

Académico de Ciencias e Higrógrafo Real, en 1746 publicó su “Traité du Navire”, en el que se recogen sus estudios sobre el metacentro y la teoría metacéntrica de la estabilidad.

La primera parte de su libro trata de la construcción de barcos y la segunda sobre el barco a flote. En esta segunda parte estudia el centro de carena, en el que se aplican las fuerzas verticales del volumen desplazado. El volumen sumergido lo calcula por el método trapezoidal, aún no había sido desarrollado el método de Simpson.

Estudia la distribución de pesos en el barco y la posición del centro de gravedad. También estudia la máxima altura del centro de gravedad, para lo que el metacentro es el límite. En la sección segunda de su libro define las curvas metacéntricas para grandes inclinaciones, es el lugar geométrico de los metacentros.

Estudia la posición del metacentro mediante las cuñas de inmersión y emersión. Con esto llega a:

$$BM = 2 \int y^3 dx / 3 P$$

Estudia la curva lugar geométrico de centros de carena.

Aplica sus propias formulaciones para ver la variación de C y de M al variar la eslora, manga y calado de un buque. Emplea gráficos para la situación de centros de carena y metacentros a diferentes calados.

Define el par de adrizzamiento como el producto de la distancia de G a la vertical por C, multiplicada por el empuje total del líquido.

Describe como se realiza la prueba de estabilidad para determinar la posición del centro de gravedad, incluyendo los cuidados a tener con la exactitud del ángulo de inclinación y con los movimientos de los tripulantes durante la prueba.

Estudia la distribución del peso en relación con el periodo de balance.

Daniel Bernouilli.

Otro tratadista de la estabilidad que en 1757 publica "Principios Hidrostáticos y Mecánicos". Estudió la estabilidad estática y estableció los principios del balance.

Siguió un método parecido a Bouguer para su investigación sobre el metacentro.

Hace depender el brazo de palanca de la manga al cubo, del área sumergida y de la distancia GC. Para pequeños ángulos coinciden los valores de GZ con los obtenidos por Bouguer. La fórmula deducida es:

$$d r / d \theta = (q^3 / 12 m) - s$$

Donde

q es la manga

r es GZ

m área sumergida (volumen)

s es CG

Estudia estabilidad en modelos de formas prismáticas y otras simples. Enuncia el balance de barcos en posición adrizada y partiendo de una escora fija.

D. Jorge Juan de Ulloa.

En 1771 publica el “Examen Marítimo”. Reed comenta de este texto lo siguiente: Lo más importante de este trabajo es su tratamiento de la resistencia de fluidos. También trata de forma limitada la estabilidad. Estudia los principios mecánicos e hidrostáticos así como el rendimiento y cualidades de los barcos. Estudia el metacento y una fórmula para calcular su altura sobre el centro de carena. Da una fórmula para el metacento longitudinal. El método de cálculo para los metacentros es más complicado que el de Bouguer. Da un ejemplo para cálculo numérico del centro de gravedad, apuntando que es mejor hacer una experiencia de estabilidad para su cálculo. Su fórmula para GM es:

$$GM = p \times I / P \times \sin a$$

Realmente es tang a, pero en pequeños ángulos no tiene importancia. Propone medir inclinaciones, en la prueba, según lo que emerge el costado. Calcula varios valores de GM en diferentes barcos, aunque la mayoría son hipotéticos, sin base en experimentos.

Leonard Euler.

En 1773 publica la “Teoría Completa de Construcción y Propiedades de los Barcos”. Su método de investigación es más analítico que el de Bouguer aunque llega a los mismos resultados. Llega a la conclusión de que si un barco es estable en relación a un eje transversal y a uno longitudinal el barco es estable.

La medida de la estabilidad (par adrizante) es el momento con respecto al eje al que se inclina, lo calcula mediante cuñas de inmersión y emersión.

Chapman.

Poco posterior es su “Tratado de Construcción Naval”, que fue publicado en 1775, es mucho más práctico que los anteriores.

El cálculo del metacentro es similar al de Bouguer aunque emplea el método de integración de Simpson. Desarrolla un método para el cálculo del centro de gravedad en forma matemática y estudia la variación del metacentro por cambio de forma de carena y por diferente desplazamiento del barco.

Romme.

En 1787 publica “El Arte en la Marina”, dedicado a la estabilidad y el balance de los barcos. Sus condiciones para la estabilidad de los barcos son muy parecidas a las de Bouguer, y limitadas a pequeños ángulos, aunque no usa los metacentros en cálculos. Su fórmula para la estabilidad es:

Estabilidad = (Momento de inercia de la flotación – volumen desplazamiento x CG) x sen θ .

Romme mantiene separados los términos de formas y de peso. La mejora de estabilidad se obtendrá por la reducción de distancia entre G y C.

En 1779 mejoró la estabilidad del *Scipion* mediante tablones en la zona de flotación (embonos).

Afirma que estudiando dos flotaciones diferentes de un mismo barco y sus estados de pesos se puede conocer la posición del centro de gravedad.

Los barcos a vela tienen como ángulo seguro de navegación, el ángulo de máximo par adrizante, menos el ángulo que le haga inclinar la vela el viento que lleve.

Estas son las ideas con las trabajaron los pioneros de la estabilidad de buques.

2.3.3.- PERIODO DE BALANCE

Años más tarde algunos estudiosos formularon el periodo de balance, que al igual que el centro de gravedad, se calculaba mediante ensayos en el propio buque. Sus formulaciones aparecieron en las Transactions del INA, del año que se cita.

Froude 1865.

Estudia el periodo de balance.

$$T = \pi \rho / (g M)^{1/2}$$

$$I = A^2 \times \rho.$$

ρ radio de giro.

$M = GM$.

Rankine 1865.

Periodo de balance:

$$T = \rho / 2\pi \times (g \times GM)^{1/2}$$

Barnaby 1867.

Utiliza el péndulo equivalente al periodo de balance.

Calcula la longitud del péndulo, que es igual al semiperíodo al cuadrado por 0,8154.

La longitud del péndulo en pies es igual al número de oscilaciones por minuto.

En barcos de guerra el periodo de balance más adecuado se obtiene cuando CG es igual a 3 pies.

2. 4 CALCULO DE POTENCIA

Bastantes de los autores consultados trataron de cuantificar las necesidades de potencia de los buques. En sus textos es frecuente ver recogidas las investigaciones de los estudiosos que les precedieron, en una especie de “estado del arte” de los estudios sobre ese tema.

La primera noticia sobre potencias en el s.XIX se encontró en:

John Knowles¹⁰.

De acuerdo con sus escritos Knowles afirma que:

La resistencia de un plano moviéndose en el agua es casi proporcional al cuadrado de la velocidad.

El centro de empuje en un plano moviéndose en un fluido, coincide con el centro de gravedad del cuerpo.

En cuerpos flotantes se encuentra una adición a la resistencia debida a la inercia del agua.

En proa se da una elevación de la superficie que se conoce como presión plus.

El agua tarda en llenar la parte de popa de un objeto cuando avanza en la superficie de un líquido. Esto produce un vacío que da lugar a una gran componente a sumar a la resistencia, se conoce como presión minus.

Ese vacío se ha medido en un barco a 11 nudos; la flotación en el timón es dos pies más baja que a barco parado.

La teoría que hacia depender la resistencia de la presión plus y la presión minus fue elaborada a finales del s.XVIII por la Sociedad para la Mejora de la Ingeniería Naval Inglesa en ensayos de canal.

En el libro de Knowles figura una nota sobre la teoría de Jorge Juan, en la que dice que éste afirma que la resistencia es proporcional a la velocidad del líquido, a la densidad, superficie mojada, raíz cuadrada de la profundidad y al ángulo de incidencia.

2.4.1.- RENDIMIENTOS Y POTENCIA EN BARCOS A VAPOR

Se empieza por revisar, los contenidos de los libros analizados de diferentes autores del periodo considerado, en relación con la potencia a instalar en los buques.

2.4.1.1- ROBERT MURRAY¹¹

Según Murray la potencia gastada en propulsar un buque varía con el cubo de su velocidad.

Comenta que esa ley debe ser modificada por la resistencia de superficie (formación de olas), por lo que la relación de potencia es más alta que la citada.

La velocidad está limitada en cada barco.

Para grandes barcos, la variación de la resistencia por superficie baja por tonelada.

La velocidad del barco varía con la raíz cúbica de la potencia. Así se comprobó en las pruebas del *HMS Desperate*, que cita Murray.

IHP	Nudos
805,89	9,15
572,32	8,25
363,87	7,35
169,32	5,98

El consumo de carbón en estas pruebas fue de 4,4 – 5,9 lb. por IHP y hora.

La combustión de carbón fue de 18 lbs. por pie cuadrado de parrilla.

Ejemplos:

Velocidad económica

Supuesto un motor de unos determinados caballos, marcha a 12 nudos y consume 40 tons de carbón por día.

La velocidad para un consumo de 30 tons por día sería:

$$40 / 30 = 12^3 / V^3$$

$$V = 10,902 \text{ nudos.}$$

Bajando un 25% el consumo de carbón o potencia, perdemos solo un nudo de velocidad.

Consumo de carbón a mayor velocidad:

Para pasar de 8 a 9 nudos el incremento de consumo será proporcional a:

$$9^3 / 8^3 = 729/512 = 1,424$$

Consumo de carbón en viaje largo por trayectos conocidos, el consumo se puede calcular con el cuadrado de la velocidad por la distancia recorrida.

1200 millas a 10 nudos consumo 150 tons de carbón. Con el mismo carbón se quieren recorrer 1.800 millas. Velocidad de marcha:

$$150 \times 100 \times 1200 = 1800 \times 150 \times V^2$$

$$V = 8,164 \text{ nudos.}$$

A baja velocidad hay un método de ahorro que no se puede permitir el mercante, es reducir la potencia del motor. En el caso de los barcos de guerra se puede hacer en muchos casos.

Comparación de eficiencias de barcos

Según Murray, se debe separar la eficiencia de la máquina de la del casco. Se deben separar máquinas y calderas.

Un criterio a emplear podría ser el de millas andadas por tonelada de carbón consumida en barcos similares. La velocidad ha de ser la misma.

Otro método de comparación consistiría en calcular el total de toneladas que un barco lleva a 10 nudos, consumiendo una tonelada de carbón.

Un barco de 1.300 ton va a 10,5 nudos, gastando 3 tons / hora de carbón.

$$10,5 / 10 = 3^{1/3} / x^{1/3}$$

$$x = 2,59 \text{ tons}$$

$1300 / 2,59 = 501,9$ tons transportadas a 10 nudos consumiendo una tonelada de carbón por hora.

Una comparación más científica sería viendo la producción de vapor por 1 libra de carbón y cantidad de vapor en producir un IHP.

Proporcionalidad caballos tonelaje

Los EHP aumentan como la raíz cúbica del tonelaje al cuadrado.

Para el cálculo de la potencia, si se parte de un barco similar construido, con el mismo desplazamiento, la potencia se calculará según la ley de cubos. Si el desplazamiento difiere, la potencia calculada se corregirá con la relación de raíces cúbicas de desplazamientos al cuadrado de los barcos.

Comparaciones buques de guerra y mercantes

Los barcos de guerra tienen más manga más arboladura más desplazamiento y en consecuencia la potencia instalada es mucho mayor, no son comparables las relaciones caballos / desplazamiento con mercantes.

Influencia de las formas

Buque *Riflemen* 8,09 nudos, con 348 IHP, le cambiaron la popa mejorándola pasando a 9,5 nudos.

Buque *Teazer* velocidad 6,31 nudos. Cambiada la popa pasó a 7,68 nudos.

Buque *Magnet* pasó de 10,02 a 11,75 al mejorar ángulo de la proa.

Buque *Flying Fish* de 11,60 nudos. Se alargó la proa 18 pies, pasó a 12,57 nudos.

2.4.1.2.- E. L. ATTWOOD 1871

En su libro, “Barcos de Guerra”, el autor dice que:

El incremento de potencia requerido por nudo, cerca de la velocidad máxima, es muy alto.

La resistencia varía con el cuadrado de la velocidad o más.

Coeficiente de propulsión

De datos reales de un crucero, se conoce que los caballos Efectivos EHP son 380 y los caballos indicados IHP son 786.

La relación entre ellos será EHP / IHP = 0,42.

En barcos de guerra esa relación (coeficiente de propulsión) varía normalmente entre 0,45 y 0,50.

Resistencia por fricción

En el libro de Attwood figura que según los primeros estudios y ensayos de Froude la resistencia en kilogramos por rozamiento es:

$$R = f \cdot S \cdot V^{1.83}$$

S superficie mojada en metros cuadrados.

V velocidad en m/sg.

f un coeficiente que se puede tomar igual a 0,155.

Con superficie rugosa f dobla su valor y el coeficiente de V es 2.

Formación de olas

La resistencia por formación de olas es la más importante a altas velocidades.

Si las crestas de proa y popa que forma el barco coinciden, la resistencia aumenta. La longitud de onda de las olas formadas es:

$$V = 2,42 (L)^{1/2}$$

V velocidad en millas por hora.

L longitud de ola que genera en metros.

Por la longitud de la ola que forma un buque se sabe su velocidad.

Velocidad proporcional

Es igual a $V / L^{1/2}$.

Valores habituales para la velocidad proporcional:

$V / L^{1/2} = 0,9$ a $1,25$ corresponde a velocidades moderadas

Si es de $1,25$ a $1,8$ es normal entre trasatlánticos y acorazados

Si es de $1,8$ a $2,4$ corresponde a velocidad de cruceros

En cazatorpederos con tiro forzado en calderas alcanza de $3,5$ a $4,5$.

En cazatorpederos la resistencia varía en relación a la velocidad en la siguiente forma:

Hasta 11 nudos es proporcional a la	2^{a} potencia de V.
A 16 nudos es prop.	3^{a} potencia.
De 18 a 20 nudos	$3,3$ potencia.
A 22 nudos	$2,7$ potencia.
A 25 nudos	2^{a} potencia.
A 30 nudos	2^{a} potencia.

Puede aumentarse la velocidad siempre que crezca la eslora. Para la misma velocidad la potencia necesaria es mucho más alta cuanto más corto sea el barco.

En canal las velocidades son proporcionales a la raíz de la eslora.

Para remolcar un modelo de un barco de 4 m. correspondiente a un barco de 152 m. de eslora y 23 nudos. La velocidad de remolque será:

$$23 \times (4 / 152)^{1/2} = 3,72 \text{ nudos}$$

Consumo

El reparto de potencia y por tanto de consumo se distribuyen de la forma siguiente

7% rozamiento mecánico
7% resistencia dinámica
1% Bomba de aire
33% Pérdidas de propulsores
52% caballos efectivos

Potencia y velocidad

Ligadas por $V / L^{1/2}$.

Por encima de 1,80 el gasto de energía es muy alto (cruceros).

En trasatlánticos es casi constante 1,6, al ir aumentando los pasajes de velocidad han ido aumentando la eslora, manteniéndose esa relación casi constante.

2.4.1.3.- L. E. BERTIN 1899

El libro, "Machines Marines", analizado en este estudio, es uno de los bastantes libros sobre máquinas marinas que nos dejaron los franceses; son libros de aplicación práctica sin olvidar unos estudios teóricos que justifican sus conclusiones.

Consumos.

La cantidad de calor necesario para transformar 1 Kg. de agua en vapor saturado a la temperatura $t^{\circ}\text{C}$ es $Q = 606,5 + 0,305 t^{\circ}$.

El trabajo de un caballo equivale a un consumo de 635 calorías hora. Un buen carbón produce 9300 calorías por kilogramo.

Con un rendimiento de caldera de 0,65, los kilogramos de carbón consumidos por caballo de una máquina perfecta serían:

$$635 / 6000 = 0,106 \text{ kg de carbón / CV h}$$

Con un rendimiento de 0,324 que corresponde a la máquina, el consumo de carbón por caballo sería:

$$0,106 / 0,324 = 0,327 \text{ Kg. carbón / CV h teóricos}$$

Los consumos reales fueron:

En 1852 el *Napoleón* gastaba 3,890 Kg. carbón / CV. h.

En 1857 había bajado a 1,70 Kg. / CV. h. en el buque *Algeciras*.

En 1862 en *L'Actif* el consumo fue 1,3 Kg. / CV. h.

Desde 1868 con la adopción de máquina Compound, condensadores de superficie, calderas cilíndricas y mayor presión de trabajo, el consumo ha bajado a 0,8 – 1,0 Kg. / CV. h.

Con máquinas de triple expansión los consumos aún han bajado más, a 0,6 - 0,7 Kg. / CV. h.

En el desarrollo del vapor han jugado un gran papel Hirn, Dupuy de Lôme, Alexander Kirk, Joessel y la Marina Francesa en general.

Trabajo de una máquina de vapor de un cilindro

Los caballos efectivos EHP son igual a:

$$R \times V / 75.$$

R resistencia en Kg.,
V velocidad en m/seg.

Sección de pistón en cm. cuadrados:

$$(\pi D^2 / 4) \times 10.000$$

Presión media p_m .

$$(\pi D^2 \times p_m / 4) \times 10.000 \quad \text{ó} \quad (\pi D^2 p / 4) \times 10.000$$

p_m presión media en una cara.

p presión media entre dos caras.

Trabajo por minuto:

$$\pi 10.000 D^2 C N p \times 1/2$$

C carrera del pistón.

N rpm.

En caballos:

$$F = 3,4907 D^2 C N p$$

El caballo inglés es de 33.000 libras pies segundo, es un poco mayor que el métrico. Aprox 76/75.

Elección de carrera y revoluciones

En general los barcos de guerra tienen menos carrera y más revoluciones,

Carrera media 0,8 m rpm medias 135

Los barcos de pasaje, tienen una mayor carrera y son más lentos.

Carrera media 1,6 m. rpm medias 70

Vibraciones de casco

Producidas por fuerzas de inercia de la hélice y por la máquina. Se dan mucho más con máquinas de dos cilindros. En 1854 en el barco *l'Eylau* con 4 cilindros mejoró muchísimo. Agrupando por pares los pistones y poniendo un grupo a cada lado del cigüeñal las vibraciones bajan. Existe una velocidad de sincronismo con la vibración del barco.

El rendimiento de las máquinas alternativas

Por cuestión de rozamientos internos debería ser de 0,88 á 0,91.

Si se consideran los diagramas reales medidos por MM. Walther – Meunier, según Bertin, estos rendimientos pasan a ser:

Máquina de un cilindro	0,728.
Máquina Compound	0,704.

Consumo de vapor real

Simple expansión	12 Kg. / CV.
Doble expansión	8 Kg. / CV.
Triple expansión	6 Kg. / CV.

Materiales empleados en la construcción de maquinaria 1899

Material	R.elast.	Alarg %	R rotur.	Alar %
Hierro(*) recoc/templado	19,2 22,7	9,2 10,7	35,1 46,1	26,5 17,7
A. Bessemer rec/templado	25,1 30,5	11,7 13,9	42,8 58,1	26,6 18,4
A. Martin-Siemens rec/tpldo	19,7 27,1	9,2 13,3	35,0 48,2	33,4 19,9
Ac semiduro rec/templado	33,8 30,6	16,0 15,0	58,7 73,8	24,6 16,1

(*) Hierro dulce especial s/ Bertín.

Bronces y latones

Características

Límite elástico	16 Kg.
Rotura	35 Kg.
Alargamiento	18%

Nota.- Esta cita de materiales empleados en maquinaria, es de 1899, posterior al periodo considerado.

2.4.1.4.- LEY COMPARACIÓN DE FROUDE¹²

Las resistencias, de barcos semejantes, prescindiendo de rozamiento, están relacionadas por la ley de comparación.

La ley de comparación no es aplicable a la resistencia de rozamiento, dado que, entre otros factores, el coeficiente de rozamiento varía para diferentes superficies.

Si prescindimos de la resistencia de rozamiento, el resto de resistencia si obedece a la ley de comparación.

Un barco 16 veces mayor que un modelo, corriendo a una velocidad igual a la del modelo por raíz de 16, o sea a 4 veces la del modelo, la resistencia del barco (salvo la de fricción) es $16^3 = 4.095$ veces la resistencia del modelo.

Si E_1 , E_2 , E_3 son los caballos efectivos (deduciendo los de rozamiento), a las velocidades V_1 , V_2 , V_3 , del modelo o buque modelo, los EHP del barco cuyas dimensiones son l veces las del modelo, a las velocidades correspondientes $V_1 l^{1/2}$, $V_2 l^{1/2}$, $V_3 l^{1/2}$, son:

$$E_1 \times l^3 \times l^{1/2}, \quad E_2 \times l^3 \times l^{1/2}, \quad E_3 \times l^3 \times l^{1/2}.$$

Caballos indicados

Se sacan curvas de EHP de acuerdo con las corridas del modelo.

Con la relación EHP / IHP o coeficiente de propulsión, sabiendo que vale 0,45 a 0,50 (en barcos de guerra), se calculan los IHP.

2.4.2.- RESISTENCE OF SHIPS – SCREW PROPULSION

D. W. Taylor . New York 1910

Fecha del prologo 1893.

Se revisa en este epígrafe un magnífico libro, escrito unos años después del periodo citado.

El contenido del libro, corresponde básicamente a trabajos de recopilación y análisis, de otros autores, realizados en el periodo considerado; su formulación de resistencia por formación de olas o sus estudios de hélices pueden ser algún año posterior al periodo estudiado.

La resistencia de remolque es el tiro necesario para vencer la resistencia a ser remolcado.

Si el barco se desliza utilizando su propia maquinaria los resultados de potencia requerida son diferentes de los que se obtienen remolcando,

ya que se producen alteraciones en superficie debidos a la maquinaria propulsora.

Se obtienen mejores resultados con el barco moviéndose en agua parada que al revés.

Símbolos utilizados:

L eslora de la flotación.

B manga máxima del cuerpo sumergido. Con barco forrado se medirá en una línea a $1\frac{1}{2}$ del espesor del forrado por fuera de cuadernas.

H calado medio. Descontar la quilla y añadir $1\frac{1}{2}$ del espesor de forrado de fondos.

S superficie mojada. No incluye apéndices.

D desplazamiento. 1 tonelada es igual en peso a 35 pies cúbicos de agua salada o 36 de agua dulce.

La relación $D \times 35 / L \times B \times H$ es el coeficiente de bloque.

Área de la maestra / $B \times H$ es el coeficiente de la maestra.

Area de la flotación / $B \times L$ es el coeficiente de la flotación.

$D \times 35 / \text{Area de maestra} \times L$ es el coeficiente prismático (cilíndrico en inglés).

R es la resistencia en libras.

1 nudo que equivale a 1852 m, que es igual a 6.080 pies.

En las primeras correderas de deslizamiento de cordel, tenían distanciados los nudos 47 pies y 3 pulgadas y el paso de los nudos a contar se media por reloj de arena de 28 segundos. La velocidad del barco era igual al número de nudos que pasaban cada 28 segundos.

En un líquido ideal sin viscosidad se cumple:

$$p/w + v^2/2g + z = h$$

p presión por unidad de área.

w peso por unidad de volumen.

v velocidad del flujo.

z altura sobre nivel.

h constante.

Si en una corriente de fluido sin fricción se coloca un obstáculo, veremos que se cumple Bernouilli.

Cerca del sólido sube la presión y baja la velocidad. En los inicios del sólido la velocidad empieza a subir de nuevo y la presión a bajar; en el

centro del sólido tenemos una velocidad superior a la normal y una presión inferior a la normal, pasado el centro del sólido la velocidad comienza a bajar hasta que, a bastante distancia del sólido, vuelve a ser normal. Con estos valores se obtienen curvas de velocidad y presión en la zona de proa y en la zona de mayor manga del objeto. Estas curvas no son reales por la condición de líquido sin fricción en que se hacen las experiencias teóricas.

2.4.2.1.- TIPOS DE RESISTENCIAS

La fórmula de Bernouilli, sin considerar variación de altura, puede expresarse:

$$p/w + v^2/2g = p_0/w + v_0^2/2g \quad ó$$

$$p = p_0 - w/2g \times v_0^2 (n^2 - 1)$$

Donde v se ha sustituido por $v = n \times v_0$; n dependerá del punto en el que se tome la velocidad.

Si se aumenta la velocidad v_0 , p puede llegar a ser negativa, esto daría lugar a que el flujo se rompiera, a que se formasen remolinos.

Estos remolinos, con disminución de presión en la zona de popa del barco, provocan una resistencia. Esta resistencia se conoce como resistencia por **formación de remolinos**.

El agua no es un fluido perfecto, el fondo de los barcos ejerce un cierto arrastre cuando pasa, dando lugar a una resistencia al avance.

Esta resistencia se conoce como resistencia por **rozamiento**.

Una corriente experimenta cambios de presión cuando interfiere con un barco. La presión en la proa aumenta, parte se emplea en variar la velocidad del barco y parte se reparte alrededor causando elevaciones y depresiones de la superficie formando olas. Estas olas se llevan consigo la energía que las produjo dando lugar a una resistencia. Esta es la resistencia por **formación de olas**.

Hay otra resistencia originada por cambio de la forma interna del agua, que es muy pequeña y que solo se aprecia en pequeños modelos

moviéndose a pequeña velocidad. Es la resistencia por **viscosidad** que en general no se considera.

La resistencia por estar el buque inmerso en el aire, únicamente tiene importancia en el caso de vapores aparejados completamente como veleros. La resistencia **en el aire** es:

$$R = 0,005 A V^2$$

A es área de superestructuras y todo lo que se oponga al aire en pies cuadrados.

V es la velocidad del viento en nudos.



Corredera.

La suma de todas estas resistencias será la resistencia total.

Resistencia total = Resistencia de remolinos + Fricción + Formación de olas.

2.4.2.2.- CÁLCULO DE RESISTENCIAS

Resistencia por remolinos (“eddy”)

Si se ensaya con una placa inclinada (α grados) frente a una corriente, se formaran una serie de remolinos en popa, esto da lugar a una sobrepresión en la parte frontal y un defecto de presión en popa, que causará una resistencia en la popa. Para calcular la resistencia de la cara frontal, se recurre al símil de colocar un cuerpo detrás de la placa que evite la formación de remolinos.

Experimentalmente Rayleigh dedujo que la presión en la cara frontal era:

$$P = (2\pi \operatorname{sen} \alpha / 4 + \pi \operatorname{sen} \alpha) \times (w/2g) \times A v^2$$

Decía que la resistencia por remolinos de la cara posterior, no se puede formular, se debe recurrir a experimentos, aunque se mezcla con la resistencia de fricción, más pequeña esta última salvo a muy pequeños ángulos.

M. Joessel en 1873 realizó experimentos con el resultado siguiente, que es la suma de las presiones frontal y posterior.

$$P = 1,622 (\operatorname{sen} \alpha / 0,39 + 0,61 \operatorname{sen} \alpha) \times (w/2g) \times A v^2$$

William Froude, obtuvo la siguiente fórmula en agua dulce:

$$P = 1,7 \operatorname{sen} \alpha \times A v^2$$

La de Rayleigh en agua dulce sería:

$$P = 1,534 \operatorname{sen} \alpha \times A v^2$$

Y la de Joessel quedaría:

$$P = 4,041 \operatorname{sen} \alpha \times A v^2$$

Del estudio de Rayleigh se identifica un punto K en el que se divide el flujo entrante y su relación con los bordes de la placa A y B.

Resistencia superficial o de fricción (“skin”)

No se ha formulado aún en la época de Taylor, los resultados son producto de experimentos.

Los experimentos de Froude en 1870 son muy exactos. Se emplearon tablones de 3/16 de pulgada de espesor, 19 pulgadas de alto y varias longitudes (2, 8, 20 y 50 pies) y se corrieron, a varias velocidades, en un canal de agua dulce de 300 pies de largo.

Obtuvo cuadros con:

A exponente de la velocidad.

B resistencia media en libras de todo el tablón, a diferentes velocidades.

C resistencia en libras de un pie cuadrado en proa.

Con estos resultados se pudo establecer una fórmula muy exacta:

$$R = f S V^n$$

Indice f, una constante, coeficiente de fricción.

R resistencia en libras.

S superficie en pies cuadrados.

V velocidad en nudos.

n una constante, índice de fricción.

f depende de varias circunstancias:

1.- Depende de la naturaleza de la superficie.

2.- Depende de la naturaleza del fluido.

3.- Depende de la longitud de la superficie de fricción, disminuye con la longitud. De ahí se deduce la falta de experimentar con móviles más largos, en canal de 600 pies.

4.- Cambia poco con la temperatura, pero no se tiene en cuenta.

5.- No depende de la presión ni de la profundidad del agua.

Índice n.-

Para superficies lisas de varios pies de largas, el índice n es menor que 2. De hecho en objetos largos tales como barcos se adoptan estos valores menores.

Según Froude, hacen falta más ensayos.

Tomar para n valores de 1,83, dan resultados que difieren bastante de tomar 2.

Método de Rankine

Conocido como método de la Superficie Aumentada, se basa en crear una superficie plana cuya resistencia sea igual a la resistencia total del barco estudiado.

Estudio matemático de difícil aplicación ya que algunas de sus premisas no son reales.

Toma n igual a 2 y para el cálculo del coeficiente q, con el que se obtendría la superficie aumentada Sa, recurre a una trocoide.

Crea una velocidad qV que es la velocidad del fluido en cada punto de la superficie del móvil.

Siendo G igual a la mitad del perímetro de la maestra.

$$Sa = q G L$$

$$R = f Sa V^2$$

$R = 0,01 Sa V^2$ En libras/pies cuadrados/nudos.

$q = 1 + 4\sin^2\alpha + \sin^4\alpha$, coeficiente de aumento.

Ranking no considera las resistencias por olas y remolinos.

El método no se usa y menos en barcos rápidos.

Hay métodos mucho más exactos.

Método de Froude

Para calcular la resistencia total de remolque de un buque, hay que sumar la resistencia por fricción, que se calcula directamente, y la de los remolinos y olas que se obtiene remolcando un modelo. La suma de estas dos últimas se conoce como resistencia residual.

Coefficient and Index of Friction (from Froude's Results).

Nature of Surface.	Length of Surface.							
	2 feet.		8 feet.		20 feet.		50 feet.	
	n	f	n	f	n	f	n	f
Varnish	2.00	.0117	1.85	.0121	1.85	.0104	1.83	.0097
Paraffin	1.95	.0119	1.94	.0100	1.93	.0088		
Tinfoil	2.16	.0064	1.99	.0081	1.90	.0089	1.83	.0095
Calico	1.93	.0281	1.92	.0206	1.89	.0184	1.87	.0170
Fine sand	2.00	.0231	2.00	.0166	2.00	.0137	2.06	.0104
Medium sand	2.00	.0257	2.00	.0178	2.00	.0152	2.00	.0139
Coarse sand	2.00	.0314	2.00	.0204	2.00	.0168		

Coeficientes de fricción de Froude

Según Froude la resistencia de fricción de un barco es igual a la de un plano de superficie igual a la superficie curva mojada del barco. La fórmula es la misma que para un área plana.

$$R = f S V^n$$

El hijo de Williams Froude calculó estas constantes f y n antes de exponerlas en el INA en 1888.

La resistencia de remolinos es muy difícil de calcular de una forma separada. Froude concluye que suponen un 8% de la resistencia por rozamiento.

En barcos actuales (1893) debe ser del 5 al 6%. Se puede incluir en el cálculo de resistencia aumentando un 5% los valores de f.

A 20 nudos la resistencia de 1 pie cuadrado perpendicular a la corriente es igual a la fricción de una superficie de 770 pies cuadrados de un barco.

Ley de la comparación

De Froude padre e hijo.

Si se parte del Teorema de Bernouilli, y se formula la resistencia (residual) debida a la presión de las líneas de agua se llega a:

$$R/r = \text{desplazamiento del barco} / \text{desplazamiento del modelo.}$$

Esto se cumplirá con una relación de velocidades:

$$V/L^{1/2} = v / l^{1/2} = c$$

c es la relación velocidad eslora.

Froude, para comprobar la bondad de su teoría ensayó con el buque *Greyhound* de 172 pies de eslora su aplicación. Calculó la resistencia de fricción y dedujo con un modelo la resistencia residual; posteriormente remolcó el barco y las curvas de resistencia velocidad fueron idénticas.

Llegó a formular la resistencia de remolinos y olas con fórmulas del tipo:

$$R = a D^x V^y$$

Método de Froude completo

Para cálculo de la potencia se emplean modelos, habitualmente de parafina, de 12 pies de largo, y se corren en tanques de 400 pies de largo x 30 pies de ancho x 12 pies de fondo.

Corriendo el modelo se obtiene una curva que corresponde a la resistencia total del modelo en función de la velocidad.

Se resta de esa curva la resistencia de fricción calculada, quedando la curva de resistencia residual. A esta se le cambian las escalas. Velocidades, si el modelo es 1/16, estarán relacionadas por raíz de 16 = 4 a 1, y resistencia residual por el cubo de la relación 16 = 4.096 a 1, la resistencia variara con la densidad del agua 1,026 a 1. Tendremos así la curva de resistencia residual del barco.

Si a esta curva le sumamos la resistencia de fricción calculada para el barco tendremos la curva de resistencia total del barco.

Este método es el más exacto (1893) para calcular la resistencia de un barco.

La opinión de Taylor es que se debe seguir investigando con coeficientes de rozamiento de nuevas pinturas y con móviles mayores de 50 pies.

Olas producidas por los barcos

Los barcos producen dos trenes de olas, uno en la proa y otro en la popa.

En proa origina una serie de olas paralelas con una inclinación doble que la divergencia de las mismas. El tren de popa es similar, a veces alterado por el tren de proa.

Los trenes de olas son iguales para todos los barcos exceptuando los muy rápidos y los muy lentos.

Los buques de paletas dejan detrás un tren de olas perfectamente definido.

Propiedades de las olas trocoidales

Según Rankine las partículas de agua se mueven en órbitas circulares cuando forman parte de este tipo de tren de olas.

Símbolos:

w densidad.

l longitud de onda.

H altura ola.

En un tren de olas de ancho b y largo l.

La energía cinética es $1/16 w b l H^2$.

La energía potencial tiene el mismo valor.

Velocidad de avance de la ola trocoidal:

$$v^2 = gl / 2\pi$$

Ley de resistencia por olas

Se parte de que la distancia entre las crestas de un tren de olas generado por un barco, es igual al de un tren de olas, que avanza a la misma velocidad que el barco.

Calculada con la asimilación de la proa y popa del barco a las crestas de un tren de olas y a que la energía de ese tren debe ser proporcionada por el barco.

$$R_w = 1/16 w b H^2$$

Por dificultad de medir la altura de la ola se estudia la resistencia mediante métodos matemáticos.

$$R_w = H_1^2 + H_2^2 + k H_1 H_2 \cos m 646^\circ/c^2$$

H_1 altura ola tren de proa.

H_2 altura ola tren de popa.

Esta formulación es poco práctica de uso, como ya se ha dicho H_1 y H_2 son difíciles de medir.

Ley de variación de la resistencia de olas

H_1^2 varía en relación con V^4 .

Lo mismo sucede con H_2^2 . Son proporcionales a las alturas de las olas de resistencia de proa y popa.

Coeficiente K .- kH_1 es la altura de la ola de proa al llegar al tren de olas de popa a una manga determinada.

K, a baja velocidad es cero. Por experiencias se le da un máximo de 0,5.

Coeficiente m.- s = mL, coeficiente de distancia entre trenes de proa y popa. Se considera con un valor máximo de 1,10.

La resistencia viene dada por:

$$R_w = H_1^2 + H_2^2 + kH_1H_2 \cos m 646^\circ/c^2$$

Siendo A y B las resistencias naturales de proa y popa, la fórmula queda:

$$R_w = V^4 (A^2 + B^2 + 2kAB \cos m 646^\circ/c^2)$$

Debido al factor coseno los valores suben y bajan y son de difícil representación.

Simplificación de la fórmula de resistencia por olas

Por su pequeño valor e incidencia se elimina k. Con esto la fórmula queda:

$$R_w = V^4 (A^2 + B^2)$$

Un valor de R_w podía ser:

$$R_w = b V^4$$

Esta fórmula se adapta a la curva siempre que la relación eslora (c^2) velocidad (V^2/ L) no supere 1,2.

Incremento de resistencia en aguas poco profundas

Para que no aumente la resistencia por olas en un buque cerca de la orilla se precisa un cierto fondo variable con la velocidad.

Velocidad	Calado mínimo. Pies
10	28
12	40
14	55
16	71
18	90
20	111
22	135
24	160
26	188
28	218
30	250

El buque al navegar se hunde ligeramente y aumenta el calado de popa pero no afecta a resistencia.

Fórmula resistencia total

$$R = f SV^{1.83} + KV^2 + V^4 (A^2 + B^2 + 2kAB \cos m 646^\circ/c^2)$$

El segundo termino esta incluido en las tablas de Tideman (con incremento de 5% sobre las de Froude), La fórmula queda:

$$R = f SV^{1.83} + V^4 (A^2 + B^2 + 2kAB \cos m 646^\circ/c^2)$$

Para casos en que la relación velocidad eslora es 0,5 a 0,6 se calcula la resistencia de fricción y se suma un 10% para obtener la resistencia total, el 10% es el valor bastante exacto de la resistencia por olas a esas velocidades.

Entre esa cuantía del coeficiente de velocidad y 1,2, la fórmula anterior se puede tomar como valor de la resistencia por olas la siguiente fórmula.

$$R = b V^4 \quad \text{ó} \quad R = b_0 (D^{2/3}/L) \times V^4$$

Se puede tomar b_0 igual a 0,4 para barcos rápidos y 0,5 para lento y llenos.

Para los muy raros casos, además de los torpederos, en los que el coeficiente de velocidad supere a 1,2, debe tomarse la fórmula inicial.

$$R = f SV^{1.83} + V^4 (A^2 + B^2 + 2kAB \cos m 646^\circ/c^2)$$

A, B y k deben determinarse por ensayos.

2.4.3.-CÁLCULO DE POTENCIA DE LOS BARCOS

Hay métodos que tratan de calcular directamente los caballos indicados mientras que otros llegan a los caballos indicados a través del cálculo de los caballos efectivos y el coeficiente de eficiencia de la propulsión.

Método del coeficiente del Almirantazgo

Solo considera la resistencia de fricción que hace depender de V^2

$$R = SV^2 / \text{Constante}$$

$$I = SV^3 / \text{Constante}$$

$$I = IHP = RV.$$

Si M es el área de la maestra, I quedará:

$$IHP = D^{2/3} V^3 / C_1, \text{ ó}$$

$$IHP = M V^3 / C_2$$

C_1 y C_2 Son conocidos como coeficiente del desplazamiento y coeficiente de la maestra.

Realmente los IHP no varían en función de V^3 , por lo que los coeficientes no son constantes ni para el propio barco. Estos coeficientes deducidos para baja velocidad no sirven para velocidad alta. Como la superficie mojada no varía como $D^{2/3}$, no es de aplicación esta fórmula para barcos que difieren en tamaño.

Cuando se usa este método se debe partir de barcos muy similares con velocidad muy parecida.

Se introdujeron en una época en que la velocidad era muy reducida y navegaban muy por bajo de la velocidad máxima económica de la carena, por lo que era baja la potencia por formación de olas.

Se sigue usando en Francia (1893) el coeficiente de la maestra con muchas restricciones, manejando unas buenas estadísticas de los valores de las constantes en pruebas para muchos tipos de barcos. Se emplea para barcazas que navegan en ríos o canales.

Análisis de Kirk

La idea fundamental en los coeficientes del Almirantazgo es que la resistencia es básicamente de fricción y que ésta resistencia depende de V^2 .

Una de las debilidades del método es que el área no varía como $D^{2/3}$, ni tampoco es proporcional a M. El método de Kirk da una buena aproximación de la superficie mojada.

Parte de un modelo del casco formado por superficies planas con las dimensiones del barco. Este método tiene en cuenta los cuerpos de entrada y salida y el cuerpo prismático central, su exactitud varía con el tipo de barco.

- Para barcos llenos el desvío es +2%.
- Para vapores normales +3%.
- Para vapores finos sin líneas cóncavas +5%.
- Con líneas cóncavas +8%.

Kirk asume que los IHP varían con la superficie mojada y la velocidad al cubo.

$$I = k S V^3 / 100.000$$

La constante k tomaría los valores siguientes;

- Para barcos con fondo liso y alta eficiencia de propulsión k = 4.
- Para un mercante normal k = 5.
- Para barcos cortos y anchos k = 6.

La fórmula es para aplicar a barcos de 10 nudos o 12 como máximo. Más exacta que la del almirantazgo, por la precisión del cálculo de S. La constante k está relacionada con las constantes del Almirantazgo y lleva a los mismos errores.

No sirve para altas velocidades, si se quiere aplicar deben obtenerse los valores de k con experiencias propias.

Método del modelo en canal

Debe determinarse la resistencia del modelo en canal. Se puede llegar a calcular, si se monta la hélice en el modelo, el coeficiente de estela (w), la deducción de empuje (t) y el rendimiento de la hélice (e_2), además de los EHP.

El rendimiento aparente de la hélice sería:

$$e_1 = (1-t / 1-w) e_2$$

y la potencia consumida por la hélice:

$$P = E / e_1 = E / e_2 (1-t / 1-w)$$

La eficiencia de la máquina, entre P e I (IHP), se estima de pruebas de maquinarias similares.

Los ensayos en canal se emplean principalmente para comprobar potencias (IHP) deducidas por otros métodos.

Método de estimación independiente

Se emplea para calcular los IHP con gran exactitud.

Se empieza calculando la potencia consumida en rozamiento, conociendo la superficie mojada. Si no se dispone del dato se puede emplear la fórmula:

$$S = 15,5 (DL)^{1/2}$$

La formación de olas se obtiene empleando la fórmula de Taylor, dándole a b_0 el valor adecuado. Sumando los anteriores obtendremos los EHP.

Para obtener los IHP depende del rendimiento de casco (e_3), del rendimiento de del propulsor (e_2) y del rendimiento de la máquina (e_1). Estos deben determinarse de las pruebas de barcos similares.

Se pueden adoptar los siguientes valores:

- e_3 eficiencia de casco se puede tomar 1.
- e_2 eficiencia de la hélice entre 0,6 y 0,7 se toma 0,65.
- e_1 eficiencia de la máquina entre 0,80 y 0,89.

Con estos datos el rendimiento será de:

$$e = 0,52 \text{ a } 0,58.$$

Comparación de métodos

El método del Almirantazgo esta basado en asunciones erróneas y no debe emplearse.

El análisis de Kirk tiene los mismos defectos del Almirantazgo salvo uno. Puede servir para el cálculo de la potencia de un barco a 10 nudos y poco más.

La corrida de modelos es muy exacta, pero no es un método que se pueda emplear en todos los barcos. Solo hay 4 ó 5 canales en todo el mundo (1893).

Los más exactos son el método independiente y la ley de comparación extendida, pero se precisa conocimientos y experiencia para aplicarlos. El método independiente parece el más adecuado para barcos lentos.

Mala mar y limpieza de fondos

La condición de pruebas difícilmente se repite, normalmente el mar está más picado y el casco más sucio.

Con una mar media el barco va a perder de 0,25 a 0,75 de nudo, con el mismo desplazamiento y potencia. En caso de tormenta la pérdida puede ser de 1,5 nudos. Los barcos que mejor se defienden son los que tienen gran desplazamiento y la relación eslora manga alta.

Con el casco sucio la resistencia por fricción puede aumentar hasta cinco veces la inicial; esta también va incidir en la potencia y revoluciones de la hélice, que van a caer. Con una resistencia doble de fricción por ensuciamiento la velocidad puede caer 2 nudos.

2.5.- PROPULSORES

2.5.1.- RUEDAS DE PALETAS

Fueron los únicos propulsores desde que los barcos empezaron a moverse con medios mecánicos, hasta la aparición de la hélice en 1837; se continuaron usando en ferries hasta finales del s.XIX y en remolcadores hasta casi finales del s.XX.

Se analizan los textos de varios autores.

Texto de Murray¹³

Modelos de ruedas

El autor cree que es mejor la rueda clásica que las “mejoradas” que se han ido inventando, únicamente la que orienta las palas podría ser considerada, aunque pesa el doble, es mucho más cara y mucho más complicada. No deben emplearse en viajes largos porque se averían mucho.

La tipo Atrato pesa 100 tons por rueda.

La Ripon es proclive a las averías.

La rueda común con las paletas escalonadas en dos partes son las mejores.

Inmersión variable.

Un barco que consuma 460 tons de carbón en un largo recorrido y tenga 12 tons por pulgada de inmersión, disminuirá su calado 3 pies y 6 pulgadas al final del viaje. Esto afectara al cálculo de la rueda, se puede estudiar para que solo a la mitad del recorrido las ruedas tengan el calado calculado.

La inmersión recomendada es de 18 - 24 pulgadas de agua sobre la paleta central, cuando esté vertical.

En buques pequeños la recomendación de inmersión es de 12 a 15 pulgadas.

En ríos la inmersión usual 1 ó 2 pulgadas sobre la paleta central.

Cuando las palas están muy sumergidas hay que desmontar las paletas y acercarlas al centro.

Resbalamiento:

Es del orden del 20%

Con álabes articulados es algo menor.

Velocidad de un barco de paletas:

Se calcula con diámetro efectivo y revoluciones.

Diámetro efectivo es igual al real menos 1/3 del ancho de pala por cada extremo.

El diámetro efectivo en pies x 3,1416 x 60 x rpm, se divide por 6082,66 y da los nudos.

Área de paletas

El área total de las paletas de las dos ruedas suma de dos veces y media a tres el número de IHP.

En barcos de poco calado, de río, la relación puede ser de 4 a 5.

El área de una paleta es aproximadamente un 1 / 25 de la potencia total en caballos.

Con ruedas pequeñas esta relación aumenta hasta 1/15.

En los de río es usual 1/10.

Las paletas largas y estrechas son más efectivas.

En barcos de paletas oceánicos la manga es a la eslora en 1/4 a 1/5.

En ríos la eslora es 7 veces la manga.

Desconexión de ruedas

Se hace cuando el buque va a vela.

Se hace mediante embragues, chavetas, piñones móviles, etc.

Texto de Sennett¹⁴

Barcos de paletas

En relación con las ruedas de paletas este autor dice:

Si v es la velocidad del agua a la salida de las paletas.

V la velocidad del buque.

A el área de dos paletas.

El momento generado por segundo, que es igual a la resistencia del barco, esto es:

$$R = Av(v - V)$$

El trabajo empleado en la propulsión es:

$$Rv$$

El trabajo útil:

$$R V$$

La eficiencia máxima:

$$V / v$$

Las ruedas se diseñan para máximo calado, no deben sumergirse más de un cuarto del diámetro de la rueda, más allá de esto aumentan mucho las pérdidas por reacciones verticales en las paletas.

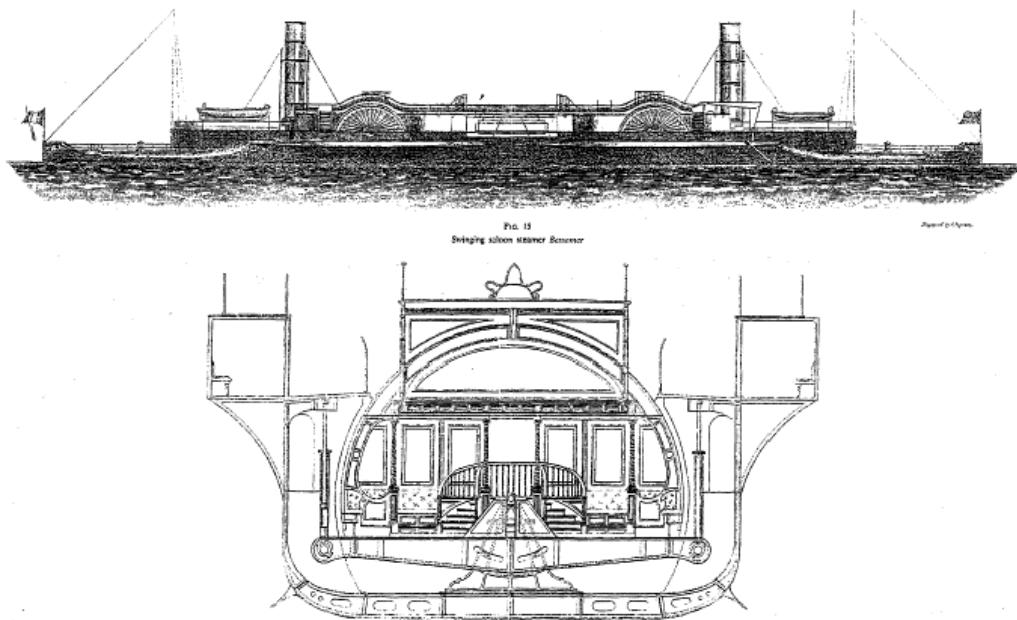
Se hace la estimación para cálculo de las paletas que su área es igual a su ancho multiplicado por la inmersión de su borde bajo y su velocidad la de la periferia de la rueda. Esto se emplea para comparación entre ruedas. Para cálculo individual se toma la velocidad del centro de gravedad de la paleta.

El principal problema en viajes largo son las diferencias de calado. En viajes cortos da buen resultado haciendo viajes a 18 ó 20 nudos entre Inglaterra e Irlanda. También se comportan bien en ríos y aguas poco profundas.

Las paletas están atornilladas a los radios y la fuerza que producen va en dirección perpendicular a los mismos. La única paleta que produce una reacción pura hacia proa es la que está en el fondo de la rueda, el resto tiene componentes verticales.

Ancho de paletas.

No deben exceder media manga. En barcos oceánicos no excederán de un tercio de la manga.



Transbordador a paletas Bessemer. Salón basculante.

Inmersión de las ruedas.

No pueden bajar de la quilla. Las palas deben bajar lo menos oblicuas. Una rueda sumergida hasta su centro no sirve como propulsor. No debe exceder medio radio. En barcos oceánicos, la inmersión de salida es medio radio y la de llegada un tercio de radio.

Para un trabajo efectivo, del canto alto de la paleta a la superficie del agua en la posición más baja debe haber una distancia no menor de 18 / 20 pulgadas de la superficie en barcos oceánicos y de 12 / 15 pulgadas en barcos más pequeños. En ríos es normal 3 / 6 pulgadas a superficie. En barcos oceánicos, con mínimo calado, no debe bajar de 6 pulgadas.

Número de paletas.

Aproximadamente igual al diámetro de la rueda en pies que da un paso de unos 3 pies. Para reducir vibraciones, en algunos barcos se han montado cada 2 – 2,5 pies de paso. Con alabes más próximos, el agua no escaparía libremente, separándolos aumentaría la vibración. Número y paso deben ser tal que al menos haya 3 paletas sumergidas.

Fijación de paletas.

Van sujetas a los radios de la rueda con tornillería que permite desmontarlos y fijarlos en una posición más próxima al centro cuando el calado es excesivo. Así se adecúa calado y velocidad. Así se utilizará todo el vapor generado en las calderas

A veces las paletas se dividen en dos piezas mejorando el rendimiento. La rueda simple es más sencilla que la articulada aunque de menor rendimiento.

Las cajeras deben dejar pasar el agua libremente.

Ruedas articuladas.

Los álabes son giratorios mediante una excéntrica, al paso por el agua van verticales. El rendimiento es más de un 10% más que la normal. Se usan en ríos y en remolcadores. Estas ruedas articuladas tienen las paletas separadas 6 pies y son el doble de largas que las normales.

Si hay un cojinete soportando la rueda por el lado exterior, se dispone un pequeño tanque de agua en la caja de la rueda para refrigerar el cojinete. Los cojinetes son de bronce o guayacán. Si son de guayacán los ejes van encamisados de bronce.

El prensa de paso del eje en el casco va cubierto con disco de cuero para estancar.

Llevan embrague para desacoplar las ruedas y que los motores trabajen independientes de las velas.

Texto de Antonio Cal¹⁵ 1902

Ruedas

Formadas por una serie de paletas fijas a los radios de la misma. Son dos las ruedas fijadas a los extremos de un eje transversal al barco. Están en desuso al haber adoptado todos los barcos la hélice como propulsor.

Las fuerzas que se originan en la paleta dan lugar al avance del barco y a un par en el eje antagónico al giro del mismo.

Si r es el radio de la rueda, w la velocidad angular de la misma y v la velocidad del barco se dará que:

$$w r > v$$

Al no ser el agua un medio sólido. La diferencia:

$w r - v$ se conoce como retroceso de la rueda.

2.5.2.- HELICES

La hélice, aparecida en 1837, acabó por desplazar a las ruedas de paletas, por su mejor rendimiento, en los barcos de guerra y en los mercantes. Además del rendimiento, en los buques de guerra, la menor vulnerabilidad de éste propulsor, fue un elemento decisivo para su elección. Entre otros, no presentaban el grave inconveniente de pérdida de rendimiento, derivado de la disminución de calado que se producía por consumo de carbón.

No obstante lo dicho, el tráfico fluvial y el de zonas con poco calado quedaron, en aquella época, reservados a los barcos de paletas. También los ferries, en viajes cortos, siguieron usando ruedas de paletas.

La hélice es un propulsor que resulta menos afectado por balances y variaciones del calado, producidos al navegar con mala mar.

Desde el 1850 hasta la actualidad es el propulsor generalmente utilizado.

En las pruebas realizadas inicialmente por el Almirantazgo, entre barcos con ruedas y con hélices, la hélice fue siempre superior.

Algunas de estas pruebas fueron:

En 1845 el *Ratler* al *Alecto* en tiro, popa con popa.

En 1849 el *Niger* al *Basilisk* en una prueba similar.

Hélices. Comienzos.

Murray

En su libro “A Treatise on Marine Engines”, Murray informa de que Mr. Shorter hizo un prototipo en Inglaterra, en 1802, que cayó en el olvido por falta de maquinaria propulsiva, la máquina de Watt se aplicó, en principio, a los barcos de paletas. Hasta las patentes de Ericsson y Smith en 1837 no se hizo nada en este campo.

En 1837 Ericsson remolcó al barco *Toronto* de 630 tons, a 4,5 nudos en el Támesis, contracorriente, con un pequeño barco de 45 pies. El Almirantazgo no se interesó en su proyecto. En ese año Ericsson hizo varias navegaciones más, a hélice, por el Támesis.

En 1839 se construyó el *Robert Stockton*, para un armador americano, con hélice de Ericsson.

Al no conseguir introducir su patente en el Almirantazgo, Ericsson marchó a Estados Unidos.

Mientras tanto a Smith le habían intentado comprar la patente, opción que rehusó al ser requerido por el Almirantazgo para construir un pequeño buque, que montara su propulsor.

Creó la compañía SPC (Ship's Propeller Company) y construyó el buque *Arquímedes*, en 1838, de 237 t. y 80 HP. El barco recorrió toda Gran Bretaña, exhibiendo sus prestaciones, y fue un rotundo éxito.

En 1840 el Almirantazgo ordenó construir el *Rattler*, un barco a hélice con el mismo casco y la misma potencia de máquina que el *Alecto*.

El siguiente buque construido fue el *Dove* que no dio la velocidad esperada. Se llegó a pensar que con hélice los barcos debían tener popas llenas.

Después de las pruebas de mar del *Rattler*, en 1843 / 1844, el Almirantazgo encargó más barcos y Smith influyó para que fueran con popa llena. Fue necesario reformarlos todos.

Se construyeron más barcos con hélice en Bristol y aparecieron nuevas patentes.

Pocos años después la hélice había sido adoptada en todos los nuevos barcos de guerra y se estaba introduciendo en los mercantes. La P&O probó inicialmente, en varios barcos de pequeño tonelaje, el nuevo sistema propulsivo; fueron éstos el *Madrás*, *Bombay*, *Formosa* y otros. Dado el buen resultado obtenido, construyó el barco *Bengal* (1853), de 2.250 t., con el nuevo propulsor y a cuenta de los resultados abandonó las ruedas de paletas como sistema propulsivo. Había expectación para ver el comportamiento de estos nuevos barcos en travesías oceánicas; resultó muy satisfactorio.

En barcos de guerra las ventajas de las hélices eran numerosas; dejaban despejados los costados para poderlos artillar, la hélice y maquinaria iban montadas muy bajas, fuera del alcance de los disparos, la estabilidad resultaba aumentada, se podían montar más armas en cubiertas altas y la maniobra de jarcia, velas, etc. no se obstaculizaba con la máquina.

La hélice podía ser usada cuando había calmas o conjuntamente con las velas en cualquier condición de viento. Se pensó inicialmente que la hélice no era útil para barcos que iban a la India o a Australia, dada la existencia de vientos permanentes durante buena parte de la travesía.

La forma inicial de las hélices de Smith, era la que tenía el tornillo de Arquímedes, que giraba alrededor de un vástago central.

Normalmente, al principio, se montó como propulsor un único tornillo, aunque se pensó que podrían ser varios.

El tornillo completo para propulsor se dejó de usar pronto, se pasó a conformar unos trozos de tornillo obtenidos por corte de este, mediante planos que contenían el eje del tornillo; el *Great Britain* ya montaba hélice de palas en 1845. Se comprobó que incluso con hélices de dos palas, equivalentes a 1/6 de tornillo, era posible absorber toda la potencia de las plantas disponibles.

Hélices patentadas. Murray.

Además de las hélices de Ericsson y Smith, se patentaron varias más; se da razón de algunas de ellas:

Hélice de Lowe.- Fue la primera que empleó trozos de tornillo como palas. Era similar a las actuales. La patente es de Septiembre de 1838.

Hélice de Woodcroft- La patente es de 1832, anterior a la patente de Ericsson y Smith. Era un tornillo pero con un incremento de paso constante de proa a popa. Para el inventor, el tornillo debía ser completo. Se probó con éxito en un barco y dentro de las muchísimas pruebas del *Rattler*, en una de ellas se montó una de estas hélices y se compararon los resultados con una de palas, la velocidad fue prácticamente idéntica. Realmente aplicando la ley de cubos, se obtuvo mejor resultado con la de tornillo.

Hélice de Griffith.- En esta hélice el núcleo fue sustituido por una esfera vacía, en la que se alojaba el mecanismo de paso variable que llevaba esta hélice, con el que se accionaban las palas.

Las palas eran anchas en la base, en su conexión con la esfera. Esta presentaba poca fricción cuando avanzaba, menos que el núcleo convencional, las vibraciones eran igualmente bajas.

Cuando el barco navegaba a vela, no hacía falta subir la hélice, girando las palas y poniéndolas en línea con la corriente, no presentaba ninguna resistencia.

En pruebas realizadas en el *Fairy*, variando el paso, dio con 10 pies 11,7 nudos y con 7 dio 12,6 nudos. La convencional dio 12,2 nudos.

Hélice de Ericsson.- Las palas estaban fijas a un anillo de metal. Este anillo se unía al núcleo por una serie de brazos. En la marina sueca usaron esa misma disposición, con otro anillo cogiendo la punta de las palas. Hélice de difícil eliminación de su sombra, cuando se iba a vela. Al principio eran dos hélices en tandem.

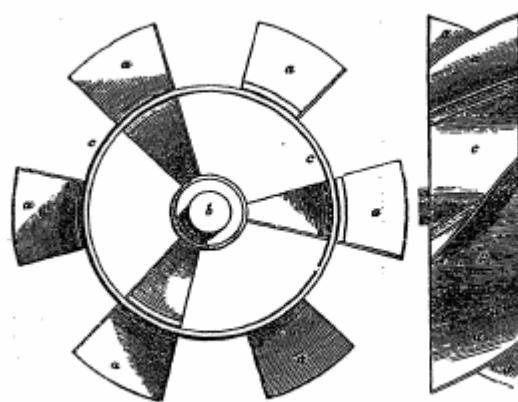
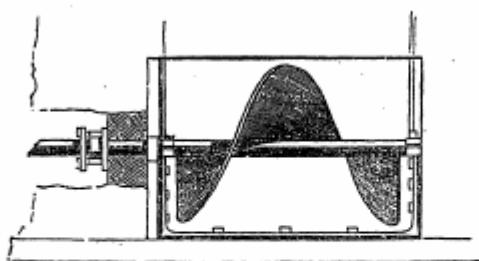
Hélice de Maudslay.- Cuando se navegaba a vela las palas podían ser colocadas en un plano en linea con el eje y no era necesario desmontarlas, al igual que la de Griffith. Esto elimina la necesidad de túnel vertical en popa.

Hélice Hodgson parabólica.- Disponen de unas palas bien diferentes de las convencionales, tienen un hueco en la cara y el dorso doblado en forma de parábola. Esta forma empuja el agua hacia atrás, paralela al eje, en vez del cono que forman las hélices normales. Se empleó bastante en Holanda.

Hélice Macintosh elástica.- De hierro elástico, seguía los movimientos de la cola de un pez.

Desconexión de hélices. Sennett

Se diseñaron sistemas, en la Royal Navy, y en la marina mercante, para desconectar las hélices cuando el barco iba a vela, eliminando su resistencia al avance. Para esto se construyó un tronco hueco sobre la



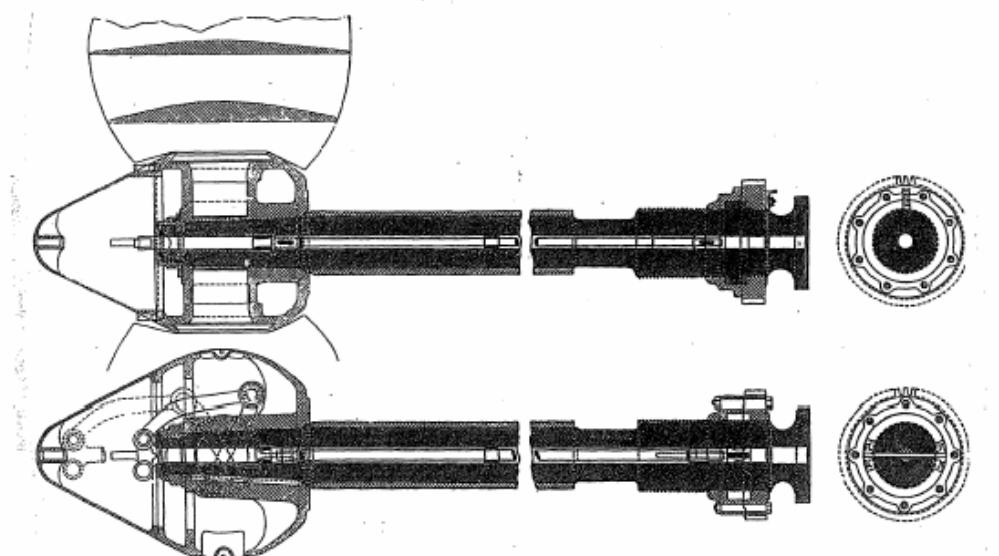
Hélices de Smith y Ericsson

hélice por donde se subía ésta y el trozo de eje correspondiente, hasta sacarla del agua. El eje de cola debía llevar un dispositivo que sirviera para desacoplar la parte de proa del eje, que se quedaba en sitio y la de popa, que se iba con la hélice.

Empuje. Sennett.

Inicialmente se montó un bloque de empuje, al final del eje de proa, al que se transmitía la fuerza desarrollada por la hélice, este empuje hacia avanzar el barco. Después se montó un cojinete, con anillos de

bronce solidarios, que hace innecesario el bloque del empuje al final de la línea.



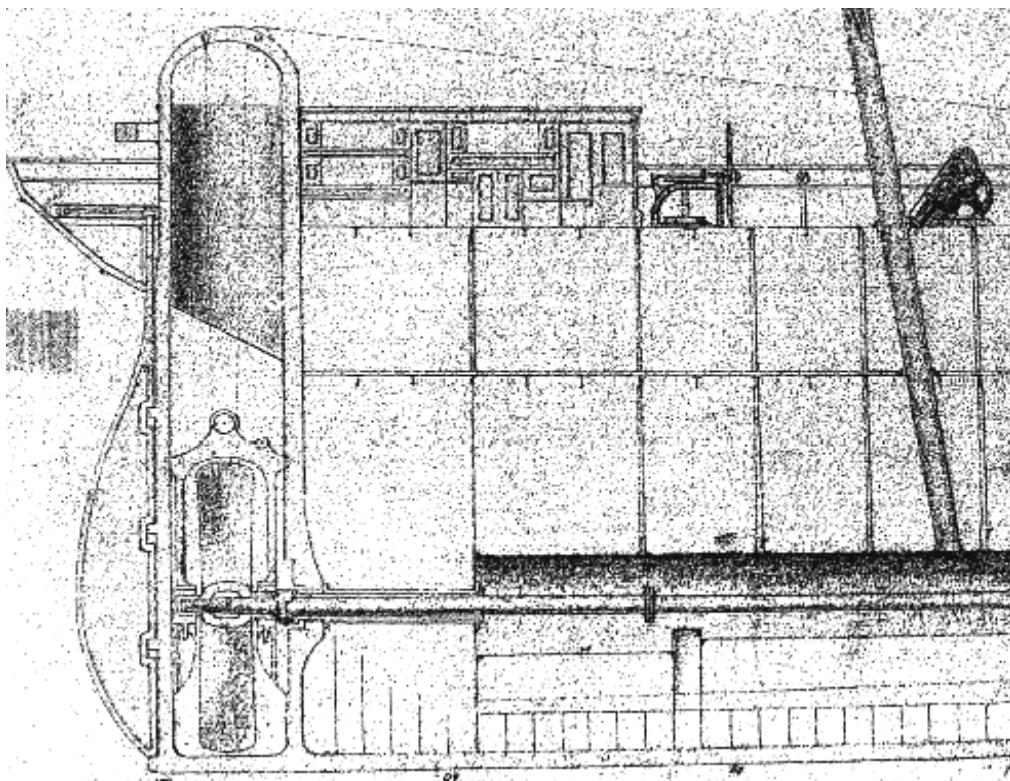
Hélices de paso variable

2.5.2.1. CARACTERISTICAS Y CALCULOS

**Paso y resbalamiento de hélices.
Sennett¹⁶, Bertin¹⁷.**

En el libro de Sennett "Marine Steam Engine", en relación con las hélices se pueden leer las siguientes ideas.

Si la superficie de la hélice se genera mediante una recta que gira avanzando uniformemente, perpendicular al vástago central, la distancia que avanza esa recta cuando recorre 360° es el **paso**. Es lo que avanza un tornillo en la madera cuando gira una vuelta completa.



Mecanismo de izado de la hélice.

Como la hélice de los buques no gira en un medio sólido, sino en el agua, el avance que realiza por vuelta es menor; la cantidad que deja de avanzar se conoce como resbalamiento.

Si v es la velocidad del propulsor en un medio sólido y V la del barco.

El resbalamiento en porcentaje es: $100 \times (v - V) / v$.

- Para una misma hélice el resbalamiento aumenta con la resistencia del barco.
- El resbalamiento aumenta algo al aumentar las rpm.
- El resbalamiento aumenta con el paso.
- Hélices con poco paso y pocas rpm pueden ser las mejores.
- El resbalamiento aumenta a la resistencia relativa según área de la maestra / área del disco. Se debe hacer la hélice del mayor diámetro posible.

- El resbalamiento baja con el aumento del área de las palas o con el incremento del largo de la hélice.
- El número de palas no influye en el resbalamiento.
- Se modifica en gran medida por el diámetro de la hélice y por la velocidad de la misma.

En las pruebas del *Rattler* con hélice de 10 pies de diámetro se obtuvo un resbalamiento del 15%, en el *Dwarf* con hélices de 5 a 6 pies de diámetro el resbalamiento fue del 35%. El resbalamiento depende también de las formas del barco y de la entrada del agua a la hélice.

Los experimentos del *Rattler* dieron mejor resultado con hélices normales que con las de patente.

Resbalamiento negativo.- Cuando la velocidad del barco supera la de la hélice.

Algunas veces se da el caso, originadas por el propio barco o inducidas por la velocidad conseguida a vela, que afectan a la hélice, que hacen ir al barco más rápido de lo que iría por efecto de la hélice aún sin resbalamiento. A este fenómeno raro, se le conoce como resbalamiento negativo.

Se pensó, mas tarde, que venía originado por la corriente de estela al actuar las hélices en aguas previamente removidas por el barco.

Bertin define el resbalamiento y formula su relación con la velocidad.

Parámetros para las fórmulas que siguen:

V velocidad en metros / seg.

N rpm.

H paso.

A avance del barco por vuelta.

$$A = 60 V / N$$

H Avance en seco de la Hélice, igual al paso.

$$(H - A) / H = \rho$$

ρ se conoce como resbalamiento.

$$V = N H (1 - \rho) / 60.$$

Inmersión de las hélices.

Sennett.

Lo mayor posible compatible con el calado. En aguas interiores tranquilas es suficiente que la hélice vaya unas pulgadas bajo la superficie. En barcos oceánicos la inmersión recomendada del canto alto de la hélice es de 18 pulgadas a dos pies.

Areas de la hélice.

Murray.

Area del disco es la del círculo descrito por su diámetro máximo. De las palas se trabaja con área desarrollada y área proyectada. Esta última se emplea en cálculos de propulsión y es la más importante de las áreas citadas. En experimentos llevados a cabo en el *Dwarf* la hélice pasó de tener 2 pies y 6 pulgadas en eslora a 1 pie, y el área pasó de 22,2 a 8,96 pies cuadrados. Se demuestra que una pequeña porción de palas absorbe la potencia de la máquina. En el caso del *Rattler* se paso de 5 pies y 9 pulgadas de eslora a 15 pulgadas. El comportamiento es como si el borde de ataque consumiera toda la potencia.

En los ensayos del *Dwarf* se midieron resultados con hélices de 5 pies y 8 pulgadas de diámetro, paso de 8 pies, ancho de pala 18 pulgadas y área de 13,3 pies cuadrados. Se hizo otro experimento a continuación reduciendo el ancho de pala a 12 pulgadas y el área a 8,9 pies cuadrados. Los resultados fueron los mismos.

Resistencia mecánica de las palas.

Sennett.

El espesor de la pala a la altura del centro del eje, prolongándola idealmente, para que soporte los esfuerzos de la propulsión será:

$$\text{Espesor de la pala en el centro del eje} = (4d^3 / N L)^{1/2}$$

Donde:

d es el diámetro del eje.

N el número de palas.

L largo de pala desde el centro del eje.

Pala estándar.

Taylor.

Se parte de palas rectas, aunque hay casos que las palas deben doblarse para no tropezar con la estructura del barco. En cuanto a la forma de la pala, el ensayo realizado con cinco palas de formas diferentes, nos indica que no es importante.

La conexión entre la pala y el núcleo debe ser suficiente para resistir los esfuerzos. Los bordes serán suaves para reducir la fricción.

Se considera un tamaño de núcleo normal de 2/9 del diámetro. La longitud de cada sección se da en fracciones l/d, l es el máximo ancho de la pala y d el diámetro de la hélice.

Area de la pala 0,35 d x l.

Ancho medio 0,9 l.

Relación máximo ancho l / d.

Dos hélices.

Sennett.

La eficacia es mayor que con una. Las razones para esto son: una mayor cantidad de agua desplazada, entrada del agua mejorada, menor bajada de presión, mucho más difícil tener que parar por avería mecánica y mejora la maniobrabilidad. Permite mejorar el compartimentado en barcos de guerra.

Empuje de las palas.

A. Cal¹⁸.

El propulsor esta formado por dos o más porciones de helicoide que se conocen como palas. Al girar una pala en el agua tendrá un empuje hacia popa y dará lugar a dos fuerzas sobre la pala, una en la dirección al avance del barco que le hará desplazarse en esa dirección y otra trasversal que hará mover la popa perpendicularmente al sentido de marcha. Estas serian las fuerzas considerando solo una pala; si consideramos las dos palas de esta hélice se puede ver que la otra pala produce otra fuerza en dirección al avance y otra trasversal de signo contrario a la obtenida, por lo que el desplazamiento de la popa no se produce.

Proporciones en hélices.

Sennett.

La hélice impulsa hacia atrás una columna cilíndrica de agua, es como el disco de la hélice menos el núcleo. El empuje disminuirá por fuerza centrifuga y por fricción entre partículas.

La hélice trata de arrastrar el agua que llega a la popa produciendo una disminución de la presión que equivale a aumentar la resistencia del barco. Según estimaciones de Froude hijo, esta resistencia extra podía llegar a un 40 – 50% de la resistencia de remolque. En un barco con buenas formas esta resistencia puede suponer un 15 – 18%. En otros barcos se ha medido tan solo un 8%. Separando la hélice de la popa del barco (de 1/3 a 1/4 de la manga) se reduce esa resistencia.

Cuanto mayor sea el área y menor el paso, mayor será la eficiencia de la hélice.

La hélice tiene que ir sumergida, si toma aire hay una gran pérdida de empuje.

El diámetro ha de ser el mayor compatible que quede sumergido.

El paso ha de ser vez y media el diámetro.
El área del disco de un medio a un cuarto el área de la maestra sumergida. El mejor valor un tercio.
Para aumentar el agua que llega a la hélice se han montado chapas guía con bastante éxito.

Primeros cálculos.

Bertin.

En su libro “Machines Marines”, Bertin, en el apartado dedicado a la resistencia a la rotación, aporta la expresión empírica conocida como Ley de Moll y Bourgois.

La expresión de la misma es:

$$F = E (B^2)^{1/3} N^3 D^{7/3} H^2 f^{1/3} n^{1/6}$$

Donde,

F trabajo resistente en IHP.

E coeficiente de resistencia.

N rpm.

B área de la maestra.

D diámetro hélice.

H paso.

f fracción de paso (área de una pala dividida por el área de círculo).

n número de palas.

Se ve en una serie de cuadros que el coeficiente E mantiene su valor, dentro de un mismo tipo de barcos.

Esta fórmula fue muy utilizada en Francia, desde 1865, en barcos de guerra con dos y tres hélices.

Rendimientos Bertin

Es muy difícil de medir los rendimientos de las hélices, dependen de factores de la propia hélice, de la carena y del propio avance del navío.

$$u F = R V$$

F trabajo en caballos.

u rendimiento.

R resistencia de carena.

V velocidad.

Reech y Drzewiecky llegaron a la conclusión de que el rendimiento depende de:

- Relación paso / diámetro.
- Resistencia relativa.
- Fracción de paso.
- Número de palas.
- Velocidad circunferencial.
- Inmersión de la hélice.

Los que más afectan al rendimiento son el primero y último puntos.

Los rendimientos de las hélices según l'Elorn, van de 0,55 a 0,85.

Los rendimientos combinados de la hélice y mecánico dan resultados de 0,32 a 0,55.

Teorías y cálculos.

Ranking, Fraude, Taylor¹⁹.

A nivel teórico se han estudiado las hélices siguiendo dos teorías; la teoría de Rankine conocida como teoría del disco y la teoría de Froude que se conoce como teoría de la pala.

La teoría del disco supone que la hélice genera un cilindro de agua detrás de ella impulsado por la hélice a la velocidad del buque. Esta teoría no tiene en cuenta las variaciones de presión, ni la fricción de las palas. Considera una eficiencia de $(1 - \text{resbalamiento} / 2)$, lo que supone navegar en agua semisólida.

Froude considera que una pala está formada por un conjunto de pequeñas láminas que avanzan en el agua. Froude expuso esta teoría en 1876. Estudia el movimiento de la lámina considerada, buscando el empuje producido y la cantidad de energía consumida, para averiguar la eficacia de la hélice. Llega a la fórmula:

$$e = U / N = (1 - s) (as X^1 - fY / as X^1 + fZ)$$

Donde:

X^1 , Y y Z son constantes tabuladas.

s resbalamiento.

a coeficiente de empuje.

f coeficiente de fricción.

U empuje producido.

N energía consumida.

Según los experimentos de Froude,
a tiene un valor de 1,7.

f vale 0,0085.

a / f = 200.

La fórmula quedaría:

$$e = (1 - s) (200sX^1 - Y / 200sX^1 + Z)$$

Esta fórmula da lugar a una figura con escalas de resbalamiento y rendimiento. Las curvas se representan según diferentes relaciones diámetro / paso.

Para pasar de la lámina estudiada a la hélice, hay que considerar que la pala está rodeada de más elementos, que la pala tiene espesor y que la pala no mueve agua parada como en el estudio. Esto que no supuso grandes cambios en las fórmulas, llevó consigo un cambio en los coeficientes a y f.

Aplicando la formulación a una pala se obtiene para la fuerza de empuje y para la tomada.

$$\begin{aligned} U &= \rho^3 R^3 d^2 [as(1 - s)X_c - f(1 - s)Y_c] \\ N &= \rho^3 R^3 d^2 (asX_c + fZ_c) \end{aligned}$$

Como valores de a y f Froude calculó que:

f valía 0,045, teniendo en cuenta las dos caras de la hélice.

a varía con la relación diámetro / paso y con el número de palas.

Para 4 palas $a = 8,4 - 1,0$ m.

Para 3 palas $a = 9,4 - 1,2$ m.

Para 2 palas $a = 10,4 - 1,4$ m.

Donde m es la relación diámetro / paso.

En hélices de hierro fundido, en los mercantes, los valores de a son menores que los que se han dado.

La relación ancho máximo de pala a diámetro, varian de 0,16 a 0,20.

Conceptos y símbolos empleados por Taylor

- Hélice a derechas.- Vista desde atrás gira como las manillas de un reloj cuando el buque avanza.
- Cara frontal de la hélice de una pala, es la parte de popa, la que empuja el agua.
- Dorso de la hélice, es la cara opuesta a la cara de la hélice, es la cara de proa.
- Borde de ataque, es el que corta el agua girando avante.
- Borde de salida, es el opuesto.
- Diámetro de la hélice, es el descrito por los extremos de las palas.
- Paso, es lo que avanza la hélice en una revolución en un medio sólido, puede ser diferente a lo largo de la pala, se dice entonces que la hélice es de paso variable.
- Área desarrollada de una pala, es el área de la superficie de su cara.
- Área de palas, es el área desarrollada de todas las palas.
- Área del disco, es el área del círculo descrito por los extremos de las palas.
- El núcleo, es el cilindro o esfera al que las palas van unidas.
- Ángulo de paso, es el formado por una tangente a la pala y un plano perpendicular al eje.

- Relación de paso, es el cociente entre el paso y el diámetro.
- Relación de diámetro, es el cociente entre diámetro y paso.

Símbolos:

- d diámetro en pies.
- r radio en pies.
- p paso en pies.
- A superficie en pies cuadrados.
- R revoluciones por minuto.
- V velocidad del barco en nudos.
- V' velocidad de la hélice en nudos.
- s resbalamiento $V' - V / V'$.

Forma de las palas.

Taylor.

Se estudiaron, por Taylor, cinco diferentes formas de palas, para conocer cual de ellas tenía una mayor eficiencia.

Las características X, Y y Z fueron similares. Tomando $a/f = 200$ se calculan las eficiencias encontrándolas todas muy parecidas.

La máxima eficiencia se da entre 0,5 y 0,8 de la relación diámetro / paso.

En relación con la potencia útil, y suponiendo constantes las vueltas, los resultados obtenidos fueron muy parecidos.

Diseño de hélices.

Taylor.

El dorso de la hélice tiene forma de arco de círculo y al moverse la hélice, puede dar lugar a la formación de remolinos con el consiguiente vacío que ayuda a aumentar el empuje.

También el desplazamiento de agua hacia proa por el dorso de la hélice, crea un pequeño empuje que se resta del principal. Este último empuje disminuye al aumentar el resbalamiento. Si aumenta el

resbalamiento habrá más remolinos en proa y menos fricción en la trasera de la hélice. La relación f / a disminuirá al aumentar el resbalamiento. Según experimentos de Froude con un resbalamiento de un 30% la fricción del dorso de la pala disminuye a la mitad.

Modificando el perfil de la pala, haciendo paralela la parte posterior de la pala a la línea de resbalamiento del 20% (0,2), se puede conseguir disminuir el empuje de la parte trasera de la pala; esto dará lugar a mayores valores de a .

Según Taylor en las pruebas del *Yorktown* se obtuvieron los siguientes valores:

Para $a = 7,8$ con un resbalamiento cerca del 20%.

Para $f = 0,045$.

$X_c = 0,0954$.

$Y_c = 0,1439$.

$Z = 0,4469$.

$$e = 0,322 (1-s) [(0,663s - f/a) / (0,213s - f/a)]$$

Se puede tomar f/a constante e igual a 0,00577, o bien variable con el resbalamiento, sus valores variaran de 0,00750 a resbalamiento cero hasta 0,00350 a 30% de resbalamiento. Con estos datos se representan unas curvas de f/a constante y variable.

La curva con f/a variable se ajusta más a la curva modelo de Froude, la máxima eficacia corresponde a la curva de f/a variable.

La máxima eficacia se da en la zona de 15 a 25% de resbalamiento.

Se admite generalmente que los mercantes requieren hélices mayores y con más resbalamiento que los barcos rápidos. Los mercantes tienen unos menores valores de a y requieren una mayor área de pala para conseguir el empuje necesario. En estos f/a será mayor y la mayor eficacia se obtendrá con un mayor resbalamiento.

Si se cambia una hélice de hierro por otra de bronce igual pero más

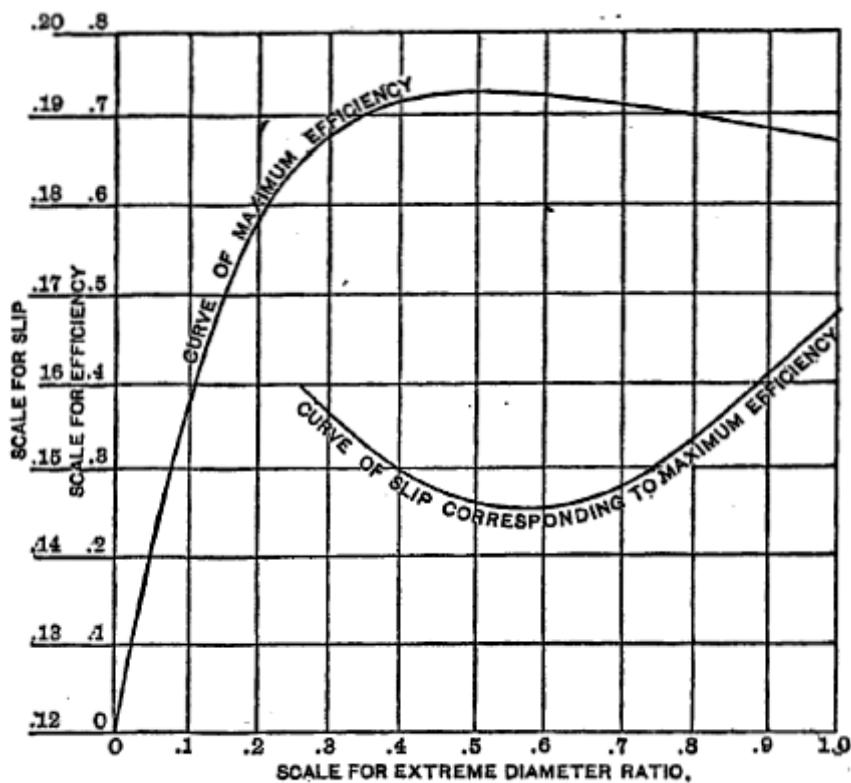


Fig. 31.—AVERAGE MAXIMUM EFFICIENCY AND SLIP FOR FIVE BLADES.

Curvas de eficiencia y deslizamiento de una hélice de 5 palas.

fina, obtendremos los mismos resultados con menor número de revoluciones, el valor de a se incrementa y el momento de giro también, precisando un menor número de revoluciones.

El incremento de paso axial, en la pala, baja el rendimiento.

Incrementar el paso puede ser necesario para disminuir el empuje de la cara posterior de la pala, aunque es mejor variar la figura de la pala adaptándola al resbalamiento.

Resbalamiento estándar.

Taylor.

Para diseñar una hélice se debe conocer el mejor resbalamiento; puede no corresponder a la máxima eficacia, pero si al conjunto de resultados de la misma.

Tomando f/a como constante, la ecuación de la eficacia queda:

$$e = (1 - s) (asX - fY) / (asX + fZ)$$

La máxima eficiencia en la ecuación se conseguirá con:

$$e = (1 - s) (cs - Y) / (cs + Z)$$

Donde $c = X f / a$.

X, Y y Z están tabulados.

Para f se toma 0,045.

Para a se toman los valores de Froude.

Tres palas	$a = 9,4 - 1,2 \text{ m.}$
Cuatro palas	$a = 8,4 - 1,0 \text{ m.}$

m es la relación diámetro / paso.

Representando la fórmula de la eficiencia óptima obtendremos una curva de máxima eficiencia en función de la relación diámetro / paso, representándose también el resbalamiento para la máxima eficacia. Estas curvas se han hecho con el supuesto de que f/a es constante.

Estas curvas y cálculos apuntan a un resbalamiento estándar de diseño de un 20%. En buques que siempre naveguen por aguas calmas y con fondos limpios se podría pensar en un resbalamiento un poco más alto para bajar consumos. La realidad demuestra que el consumo no varía.

En general debe adoptarse un resbalamiento del 20% para cualquier circunstancia de navegación o mar.

**Ejemplos de diseño de hélices.
Taylor.**

Después de definir el resbalamiento se debe calcular el diámetro, el paso, la relación ancho de pala diámetro y las revoluciones, caso de que no estén fijadas de antemano.

Ejemplo, buque a 20 nudos, dos hélices, 10.000 IHP.

Supongamos una eficiencia de la máquina del 88% y que el factor de estela es un 10%.

Esto supondrá que cada hélice absorberá 4.400 HP y que la velocidad del barco menos el 10% de estela da una velocidad de 18 nudos igual a 1824 pies por minuto.

La fórmula para cálculo es:

$$P = 3n (pR / 1000)^3 d^2 (asX + fZ)$$

P potencia.

n número de palas.

p paso.

R rpm.

d diámetro de la hélice.

a coeficiente de empuje.

s resbalamiento.

f coeficiente de fricción.

X, Z constantes tabuladas.

Tomando un resbalamiento estándar de 0,2 tendremos que:

$$0,8 p R = 1.824$$

$$pR = 2280$$

$$(pR / 1000)^3 = 11,85$$

La fórmula inicial queda:

$$P = 7,11 n d^2 (aX + 5fZ)$$

Supongamos que las revoluciones no están fijadas. Los máximos valores de la relación ancho de pala a diámetro son 0,18 para 4 palas y 0,2 para 3.

Con 4 palas $X = 0,18 X_f$ y lo mismo para Z.

$$P = 7,11 \times 4 \times d^2 \times 0,18 (aX_f + 5fZ_f)$$
$$P = 5,12 \times d^2 \times (aX_f + 5fZ_f)$$

Tomando la relación diámetro / paso como 0,5 tendremos:

$a = 8,4 - 1,0 \times 0,5 =$	7,9.
$f =$	0,045.
P igual a	4400 HP.
De tablas	
X_f	0,236.
Y_f	0,557.
Z_f	0,65.

Sustituyendo,

$$d = 20,68 \text{ pies.}$$

Como se adoptó $d / p = 0,5$,

$$p = 41,36 \text{ pies.}$$

Se calculó antes que $pR = 2280.$, de donde:

$$R = 2280 / 41,36 = 55,12 \text{ rpm.}$$

Según gráficos esto supondría una eficiencia del 69%.

Es frecuente que las revoluciones vengan fijadas. En el ejemplo anterior supongamos que se den 120 rpm. Manteniendo el resbalamiento en 0,2.

$$pR = 2280$$

$$\text{si } R = 120$$

$$p = 19$$

Si la relación ancho de pala a diámetro la llamamos h, la fórmula general quedará:

$$P = 4400 = 7,11 n d^2 h (aX_f + 5fZ_f)$$

Suponiendo una relación diámetro / paso de 0,8 y 4 palas para la hélice,

$$\begin{aligned}n &= 4 \\d &= 0,8 \times 19 = 15,2 \\d^2 &= 231 \\a &= 7,6 \\X_f &= 0,461 \\Z_f &= 2,04\end{aligned}$$

Sustituyendo estos valores despejamos h.

$$h = 0,169$$

De gráficos para una relación diámetro / paso 0,8, se obtiene una eficiencia de 0,675.

Con palas más anchas suele haber interferencias. Pala más ancha significa menos diámetro y en algunos casos puede mejorar la eficiencia.

De acuerdo con grafico de eficiencias a una relación ancho de pala a diámetro de 0,18, corresponde un diámetro de 14,93 pies que equivale a un ancho de pala de $0,18 \times 14,93 = 2,7$ pies.

Para un resbalamiento entre el 15 y el 25% la eficiencia es prácticamente la misma.

Los cargueros llevan más resbalamiento.

En la práctica se usa el resbalamiento del 20%.

Las relaciones diámetro / paso, en la práctica, son mayores que las que se han usado en los ejemplos.

Los valores de a fijos, empleados son los que se usan en pruebas de hélices.

La máxima eficiencia debe corresponder a valores diámetro / paso de 0,65 a 0,70.

Cambios de a y f pueden afectar a la variación de eficiencia para una relación diámetro a paso dado. La variación de la relación para un a y f fijos, no afecta a la eficacia.

2.5.3.- PROPULSION HIDRAULICA RUTHVEN²⁰

Es el único método de propulsión hidráulica empleado hasta la fecha de sus pruebas, que fueron por primera vez en 1843. La propulsión se conseguía mediante reacción de dos chorros de agua a alta velocidad proyectados por dos toberas desde los costados del barco. Esta primera prueba se llevo a cabo en el Firth of Forth en un bote que alcanzó la velocidad de 6,5 – 7 nudos.

En 1853 el pesquero *Enterprise* fue provisto de esta maquinaria. La maquinaria consistía en una bomba centrifuga de 7 pies de diámetro de palas curvadas cogidas al extremo de un cigüeñal vertical.

El agua le llegaba a la bomba de una toma de agua en proa. El agua llegaba a las toberas mediante unos tubos; las toberas tenían 10 pulgadas. Las toberas giraban mediante un collar solidario al casco, pudiendo ser dirigidas a popa para marcha normal, a proa si se quería ir marcha atrás o hacia abajo si se pretendía permanecer en el sitio. Los cambios eran fáciles de hacer y los motores podían continuar sin variar la potencia. Podría emplearse para gobernar el barco sin necesidad de timón, esto último era muy importante en la época.

El *Enterprise* el 16 de Enero del 1854 en unas pruebas realizadas en el Firth of Forth alcanzó la velocidad de 9,35 nudos, dando la máquina 50 rpm.

El calado del barco era 3 pies y 2 pulgadas y el área de la maestra 40,5 pies cuadrados.

Eslora 95 pies.

Eslora en la flotación 87 pies.

Manga 16 pies.

Puntal 8 pies.

Calado a línea de carga 4 pies.

Arqueo 100 t.

Máquina dos pares de cilindros oscilantes de 12 pulgadas de diámetro y 24 pulgadas de carrera.

Los IHP no se conocen al no haberse tomado diagramas.

Se supone que habrá una gran pérdida de potencia para lanzar el barco, siendo después normal la potencia precisa.

El precio de la maquinaria a instalar parece que era un obstáculo para su adopción.

El barco más reciente construido que funcionó con este principio fue el *Waterwich*.

Sennett formula este tipo de propulsión, llegando a las siguientes consecuencias.

Si llamamos,

V a la velocidad del barco.

v a la velocidad de salida del agua.

A al área de la tobera.

La cantidad de agua que sale del barco es:

$$\text{Igual a } 2Av$$

La velocidad relativa de salida del agua es:

$$\text{Igual a } v - V$$

La cantidad de movimiento del agua proyectada.

$$2Av(v - V)$$

Esta cantidad será igual a la resistencia del barco, o empuje del propulsor.

$$R = 2Av(v - V)$$

El trabajo realizado para generar los chorros de agua será

$$T = \frac{1}{2} m v^2 = Av(v - V)^2$$

Sumando a esto último el trabajo de propulsión tendremos

$$T_{\text{total}} = RV + Av(v - V)^2 = Av(v^2 - V^2)$$

La eficiencia del propulsor será

$$\text{Trabajo útil / trabajo total} = RV / Av (v^2 - V^2) = 2V / (v + V)$$

Esta eficiencia sería máxima si $v = V$, entonces sería la unidad. Aumentando la sección de toberas conseguiremos bajar v .

Cotterill estima que en el sistema de chorros de agua se puede suponer un 10% de pérdidas en la generación del chorro y un 35% en rozamientos de máquina y pérdidas en tubería. Dice que es un sistema fuera de la propulsión práctica.

En pruebas realizadas por el *Waterwitch* a chorro y el *Viper* con dos hélices, con la misma potencia instalada, las velocidades alcanzadas fueron 9,3 y 9,6 nudos respectivamente.

Se repitieron las pruebas con dos torpederos en 1883, el de chorro dio 12,6 nudos y el de hélice 17,3.

2.6 BIBLIOGRAFIA, ANALISIS Y COMENTARIOS

BIBLIOGRAFIA

Para este capítulo hemos utilizado los siguientes textos:

Attwood, E.L. Traducción Goity, J. BUQUES DE GUERRA. ARQUITECTURA NAVAL 1871 (Barcelona 1911).

En este capítulo se ha tomado únicamente la parte correspondiente a estabilidad y cálculo de potencia, pero en su libro de 1871, traducido en 1911 por Juan Goity se estudian todos los temas habituales en un buen tratado de Arquitectura Naval. En libros de texto muy posteriores a terminar, el autor de esta tesis, los estudios de Ingeniería, se siguen viendo fórmulas de Attwood.

Roldán, Miguel y Chacón, Francisco. CARTILLA DE CONSTRUCCION Y MANEJO DE LOS BUQUES. Madrid 1831-1863

Miguel Roldán escribió un libro que se empleó en la Escuela Naval, que puso al día Francisco Chacón en 1863, con el mismo destino inicial. Ambos son oficiales de marina y el contenido es realmente bueno. Tiene un capítulo dedicado a legislación de seguridad muy completo. Se ha hecho mención a su contenido de estabilidad y a sus ideas sobre las cualidades de las carenas.

Reed, Sir Edward J. STABILITY OF SHIPS. Londres 1885

Es una muy buena historia abreviada de la estabilidad, por la que desfilan los estudiosos que más aportaron, con independencia de nacionalidades. Las teorías de cada uno tienen cabida y expone la estabilidad elemental, a grandes ángulos y algo de estabilidad después de averías de uno de ellos. Reed en asuntos de estabilidad era de los más considerados en su época.

Bertin, L. E. MACHINES MARINES Paris 1899

Un libro francés sobre maquinaria muy completo, que emplea el cálculo termodinámico al mismo tiempo que recomienda el sebo y el aceite de oliva para engrase de la máquina. Muy interesante el apartado de materiales constructivos para las máquinas con características mecánicas de los metales. Como todos los libros de maquinaria franceses, muy buenos y bastante prácticos.

TRANSACTIONS DEL INA

Son las conferencias que en las Jornadas del INA (Instituto de Ingenieros Navales inglés), se escuchaban todos los años, se refieren a los temas de mayor actualidad expuestos por Ingenieros, Almirantes, dueños de Astilleros, etc. El nivel de estas comunicaciones es altísimo, son una fuente de información de primerísimo nivel. Para este capítulo se han tomado notas de las siguientes:

Russell. John Scott CARENA TIPO OLA. 1860 y 1861 INA

Explica en estas comunicaciones las formas de la carena que ha inventado, que dio un magnífico resultado práctico. Russell es también el inventor del reforzado que emplea con alguna de estas carenas que es el longitudinal puro. Con esa base construyó una serie de barcos que gozaron de una gran fama. Russell fue uno de los mejores ingenieros navales ingleses del s.XIX.

Lamport, Charles. CARENA EN U. 1865 INA

En esta comunicación presenta la carena en U que tanta importancia llegó a tener en buques de guerra pesados. Se buscaba que los barcos no hundieran la proa al navegar, dando lugar a unas plataformas muy estables. Aún se puede ver en algún documental, navegar a grandes barcos de guerra en mares movidos, en unos años en que esas carenas eran casi las únicas empleadas, que parece que no se muevan.

Fairbairn, Willians DIMENSIONES EXTREMAS EN BUQUES 1866 INA

En esta comunicación, Mr. Fairbairn recomienda poner límite a las dimensiones, o a la relación entre ellas que en muy pocos años habían pasado de esloras de 4 mangas a esloras de 10 mangas y más. Para él el tope deberían ser 7 mangas por eslora.

Da como motivo del hundimiento del *London* y el *Royal Charter*, esas dimensiones anormales. No era el único que pensaba así.

Grantham. HUNDIMIENTO LONDON Y AMALIA 1866 INA

El mismo tema y los mismos argumentos que Mr. Fairbairn. Recuerda que en H&W se están haciendo buques de mas de 10 mangas por eslora. Piensa que esa carena es muy peligrosa.

Froude. PERIODO DE BALANCE 1865 INA

Periodo de balance

Fórmula el periodo de balance de los buques. Es un valor a hallar experimentalmente aunque la fórmula dé información para modificarlo.

Barnaby. PENDULO EQUIVALENTE A PERIODO DE BALANCE 1867 INA

Informa de un pendulo, cuya longitud se calcula con el semiperiodo de balance del barco.

Trabajo parecido al de Froude, salvo que Barnaby calcula el número de balances por minuto mediante la longitud del citado péndulo.

Dudgeon J&W:(Astilleros). PARÁMETROS DE BARCOS. 1865 INA

Parámetros de barcos

Este conferenciante, cuyo astillero lleva construyendo barcos de dos hélices desde hace unos años, da una serie de datos sacados de los propios resultados del Astillero. A nivel de armadores y astilleros se empleaban muy frecuentemente estos datos contrastados por la experiencia.

ANÁLISIS Y COMENTARIOS

Al comenzar el estudio de la ingeniería de estos barcos y encontrar que su construcción estaba regulada por unos Reglamentos, y además, que los Reglamentos vigentes entonces se llamaban Lloyd's Register y Register Veritas, no se puede por menos que pensar que, en aquel entonces, las cosas no podían diferir mucho de las actuales. La sensación de que se va a tratar con barcos modernos es inevitable y de alguna forma así es.

El reglamento conjunto de hierro y madera del Lloyd's de 1870 y los reglamentos separados de hierro y madera del Veritas de 1871, son equiparables en funciones a los actuales reglamentos y definen fácilmente chapas, cuadernas, baos y cualquier otro componente del barco, igual que lo definen los actuales reglamentos.

Para escantillinar y definir tamaños y formas de los componentes de los barcos de entonces, los técnicos tenían en ellos una ayuda total.

Comentar la extrañeza de que en general se ponían las cuadernas más juntas de lo que pedían los reglamentos. Podría ser para conseguir un reforzado extra o que sea un atavismo de la época de la madera en que las cuadernas eran tan anchas que quedaban muy próximas entre ellas.

Con las carenas patentadas se iniciaron las carenas tipo, que hoy ofrecen varios canales de experiencias. Eran carenas de tipo experimental, de las que daban alguna definición matemática parcial del casco, pero, en algunos casos, gastaban menos carbón que las otras y eso se entendía fácil por los armadores.

Las carenas de Russell, Belfast y las carenas en U, fueron realmente notables. La búsqueda de la velocidad con la poca máquina de que disponían, les llevó a barcos muy alargados que perduraron hasta bien entrado el s.XX; hoy han desaparecido. Si se hablaba de relaciones eslora manga de 10, en aquella época, hoy se podría hablar de 6 e incluso de 5, para esa misma relación, en mercantes.

En lo que a estabilidad se refiere los dos autores más notables, de los citados, son sin duda Reed y Attwood. Son del periodo elegido y sus aportaciones no han perdido vigencia. Es obligado, aún estando fuera del periodo elegido, hacer una reseña de Bouguer, del que decían los

ingleses que no se explicaban que no tuviera una estatua en cada pueblo de Francia. Es el padre absoluto de la estabilidad, no se puede dejar de citar.

Roldán y Chacón dan una serie de consejos y fórmulas sobre estabilidad, una parte de ellas válidas. El método rápido, ya empleado en el s.XVIII, que aconsejan para la comprobación de la estabilidad, moviendo a la tripulación, es tan ingenioso como tantas otras cosas vertidas en sus escritos.

Los estudiosos del s.XVIII que se citan, salvo Bouguer, tratan de los principios de la estabilidad que se desarrollaron en el s.XIX.

El autor de lo que se cita en este apartado, cuyas teorías están hoy en parte vigentes, es Attwood, uno de los hombres notables en todo lo que trató.

En lo que al cálculo de la potencia se refiere, Knowles aporta sus conocimientos de los ensayos de la antigua Sociedad para la Mejora de la Ingeniería Naval en el primer canal que existió, que fue el de Greenland, en los que establecieron la teoría de las presiones plus y minus como base del cálculo de la potencia de remolque.

Se cita en el estudio la famosa ley de cubos de Murray que aún sabiendo que no es exacta, se emplea hoy en día para tener una idea rápida y aproximada de la potencia, en pruebas de mar o situaciones similares.

Attwood, en asuntos de este apartado trae el coeficiente de propulsión, que tratan otros autores y que se puede obtener exactamente solo a través de experiencias reales. Aparece en su libro el cálculo de la resistencia por rozamiento según Froude.

Explica la velocidad proporcional como auxiliar para los cálculos de potencia.

De Bertín se estudia el cálculo de la potencia con unidades métricas y los consumos de vapor.

En relación con las opiniones más modernas se ha estudiado a Taylor en libro escrito en 1893.

Este autor estudia la formulación de la formación de olas, y revisa las teorías existentes sobre formación de remolinos, resistencia por el aire, resistencia por fricción así como los diferentes métodos que entonces se conocían para calcular la potencia. El libro hace una puesta al día total, de todo lo que se utilizaba en relación con resistencia y cálculos de potencia.

En cada método estudiado, Taylor aclara la utilidad de los mismos o el haber quedado fuera de uso. Es uno de los grandes libros estudiados.

En relación con las paletas se ha tomado como libro base el de Murray, que aún vería más de un barco con esa propulsión. Hay fórmulas empíricas para todo y, como curiosidad, señalar que las paletas prácticamente desaparecieron de la información con una rapidez asimilable a los barcos de madera en la época del hierro.

Sennett y algo Cal, dan información sobre las ruedas, considerándolas como un sistema de propulsión superado en beneficio de las hélices. Los transbordadores con Irlanda y el continente, continuaron funcionando con paletas bastantes años después de que se dejaron de usar en el Atlántico.

En relación con las hélices se tomó como libro base el mismo que se tomó para el cálculo de la potencia: el magnífico libro de Taylor.

Se estudia, en este libro, las hélices siguiendo la teoría de la pala de Froude, de 1876, llegando a la sustitución de las láminas por palas reales. Estudia Taylor con estas teorías la eficiencia de 5 palas diferentes, llegando a la conclusión de que la forma no influye en los resultados.

Se estudia el cálculo de hélices con las correspondientes formulaciones y coeficientes y se listan los valores habituales de los coeficientes que intervienen en los cálculos.

Se trae también lo que el francés Bertin escribe sobre hélices. Trae un teorema muy empleado en Francia para el cálculo de los IHP, en

barcos propulsados por hélice e indica que el rendimiento de la hélice depende de la relación paso diámetro y de la inmersión.

Sennett y Murray dan información de los diferentes tipos de hélices que surgieron y del método para sacar la hélice del agua cuando el barco navegaba a vela.

Sennet y Bertin dan una serie de ideas alrededor de los parámetros que intervienen en la definición de las hélices, básicamente empíricos.

Del sistema de propulsión por chorro de agua solamente citar que en pequeñas embarcaciones (botes tender), se ha visto funcionar este sistema hace 10 ó 12 años, con unos resultados sorprendentes. Hace menos, un barco de los llamados Fast Ferries, funcionaba con un sistema de propulsión de agua y alcanzaba 40 nudos. El sistema inventado parece que fuera bueno, puede que las prestaciones y rendimiento de una bomba centrífuga accionada por un cigüeñal vertical a 50 rpm, fueran muy bajos.

De toda la literatura empleada, en cada apartado hay uno o dos libros que se consideran básicos para ese tema, el resto se han traído como antecedentes, como compendios de la historia en esa materia o bien para indicar como se resolvían los problemas presentados antes de que otros autores aparecieran con soluciones más exactas.

De reglamentos los libros que hay son los propios reglamentos.

De carenas no hay libros básicos.

En estabilidad el libro más completo es el de Attwood. De la historia de la estabilidad el de Reed.

Para la potencia los dos libros básicos son los de Attwood y Taylor, más completo el último.

Los barcos de paletas los libros básicos de los consultados son los de Murray y Sennett.

El libro básico para hélices es el Taylor.

De la propulsión hidráulica es válido lo presentado

Se puede decir que los ingenieros de aquella época dispusieron de información suficiente para el desarrollo de su labor.

A nivel de bibliografía se puede decir que se ha contado con muy buenos textos, que parte de lo tratado está vigente y que los libros seleccionados dan respuesta a las previsiones del alcance de este estudio.

CAPITULO 3º

CASCOS DE HIERRO

3.1 El hierro

3.2 Planos de Taller

3.3 Otra información de construcción

3.4 Elaboración y montaje. Remachado

3.5 Protección del hierro

3.6 Astilleros

3.7 Auxiliares de casco

3.8 Bibliografía, Análisis y Comentarios

OBJETO

Dentro del objeto general de esta investigación, que es como se ha dicho la Tecnología Constructiva de los Buques de Pasaje de mediados del s.XIX, en este capítulo se va a estudiar la parte de este trabajo correspondiente a la fabricación del casco en Talleres. Se hace necesario investigar sobre bastantes cuestiones para llevarlo a cabo; incluye el conocer como era un astillero en aquellos tiempos, que talleres tenía, con que herramiental contaba, de que planos disponía, cómo tenía distribuido el trabajo, qué normas seguía para la construcción de los cascós de los barcos, etc.

ALCANCE

Para realizar todo esto, se adoptará el siguiente esquema:

Materiales.

Se indican las características y método de obtención del hierro empleado en la fabricación de los cascós, así como las características requeridas para el acero.

Información.

Documentalmente se partirá de una carena definida. Se estudiará cómo el desarrollo de forro, incluyendo topes y testas, se realiza en las oficinas de Desarrollo afectas a Talleres. Se verá como llegan a Taller las instrucciones que se elaboran en las Oficinas de Desarrollo.

Remachado.

Se dan noticias sobre el remachado, como único método de unión de piezas en buques en el periodo estudiado

Protección del hierro.

Se estudiará la protección interior, obra muerta y obra viva. Esta última estuvo años y años pendiente de resolver.

Astilleros.

Se dan noticias de un astillero de la época y otro actual, en los que se llevaron a cabo trabajos de fabricación y de reparación de cascos remachados.

Auxiliares de casco.

Se estudiarán timones, servomotores, molinetes y sistema de sentinelas.

3.1 OBTENCION Y CARACTERISTICAS DEL HIERRO

Thearle y Walton¹

Obtención y características del hierro.

El hierro forjado, empleado en la fabricación de cascos de barcos, es soldable, maleable, dúctil y blando. Tiene un contenido aproximado del 0,12 % de Carbono y está libre de cualquier otro elemento de aleación. Posee buenas cualidades mecánicas.

Se obtiene por pudelado y no admite temple. El proceso se realiza en hornos de pudelado.

El arrabio se carga en el horno de pudelado lejos del fuego. El horno se cierra una vez cargado de combustible. Al subir la temperatura el metal se ablanda y, con una barra, que se introduce, se volteá para conseguir un calentamiento uniforme. La pasta se hace fluida. El exceso de carbono, y el resto de elementos de aleación, se eliminan

en atmósfera oxidante y se convierte en una masa esponjosa en la que aparece la escoria. Con la barra se separan unas bolas de 60 a 80 lb., que se sacan del horno y se llevan a una forja de martillo. Con el golpeo desaparece la escoria.

1. *Plain plates*, used for shell, decks, tanks, stringers, bulkheads, etc.

2. *Chequer plates*, for decks, platforms, etc.

3. *Plain angle bars*, used for frames, reversed frames, beams, stringers, keelsons, bulkhead stiffeners, and for connections in every part of the vessel.

4. *Bull angles*. These may be used for frames, beams, bulkhead stiffeners, keelsons, stringers, etc.



5. *Plain tee bars*, used for beams, stiffeners, stanchions, etc.

6. *Butterly bulbs* or *tee bulbs*, used chiefly for beams and hold stringers.

7. *Bulb plates*, used in conjunction with angles for beams, keelsons, stringers, stiffeners, etc.

8. *H bars* or *girders*, used for strong beams and keelsons.

9. *Z bars*, used for frames and bulkhead stiffeners.

10. *Channel bars*, for frames, beams, bulkhead stiffeners and stanchions

11. *Half round, convex iron*, and *flat bar*, for mouldings and sometimes for stiffeners of casings in passage-ways where sharp angle stiffeners might be dangerous.



12. *A patent section for hatches*, combining in efficiency both the usual rest iron for hatch covers and moulding.



13. *Rest iron*, which is attached to the inside of hatch coamings to support the covers.



14. *Round iron*, for pillars, stanchions, etc. This may be solid or hollow.

Material siderúrgico disponible en comercio 1860.

La eliminación de escoria en el proceso no es total. En modernos análisis realizados en cables de puentes antiguos sobre ríos en USA y puentes de ferrocarril en Puerto Rico, montados por españoles, se han encontrado trazas de escoria como impurezas más importantes.

Hay tres calidades de hierro, producto de volver a meter en horno y volver a laminar el material, así mejora el hierro, esto no debe hacerse más que una o dos veces más. Cables, anclas y cadenas se fabrican con calidad 2; las chapas y algún elemento de calderas, y las barras para remaches, se elaboran con calidad de hierro 3. Las calidades dependen de la pureza del arrabio y de la habilidad y conocimientos del pudelador.

La eliminación de fósforo, silicio, etc. se lleva a cabo en el pudelado. Se llega a purezas del 99,7% de hierro, solo quedan unas trazas de carbono y alguna impureza. El hierro del 100% de pureza no sirve para nada, no tiene aplicación comercial.

Las diferentes secciones de hierro se obtienen por laminación. Estas piezas, que tuvieron que hacerse los astilleros inicialmente, ya eran todas comerciales hacia 1860.

Piezas comerciales más usuales.

Chapas.

Angulos.

Angulos con bulbo.

Tes.

Tes con bulbo.

Llanta con bulbo.

Dobles Tes.

Barras en Z.

Perfil en U.

Medias cañas y platabandas.

Barra para contorno escotillas.

Barras para tope de escotillas.

Redondos y barras perforadas.

El hierro forjado se somete a aprobación del Lloyd's, Veritas o Britihs Corporation, que lo ensayan y lo sellan, si lo encuentran correcto.

Las Sociedades realizan una serie de probetas de chapas, ángulos o perfiles de bulbo y los ensayan a tracción o plegado.

Ensayos de Sociedad

Debe resultar que:

- Carga de Rotura del hierro > 20 tsi., tiro en el sentido de la fibra.
- Carga de Rotura del hierro > 18 tsi., tiro perpendicular a la fibra.
- 10 tsi. < límite elástico del hierro < 13 tsi.

El material quebradizo era rechazado.

El material aceptado es estampado con el nombre del fabricante, ciudad de fabricación y sello de la Sociedad.

A partir de 1856 comienza la producción del acero en hornos Bessemer, aunque por falta de calidad, no se empleó de forma generalizada en barcos hasta 1880.

Los requerimientos para el acero fueron:

- 28 tsi. < carga de rotura del acero < 32 tsi.
- 17 tsi. < límite elástico del acero < 20 tsi.
- Alargamiento > 20 % en chapa de 8/20 de pulgada y superior.
- Alargamiento > 16 % en espesor menor.

Los valores requeridos son en dirección de la fibra o transversal.

Construido en acero, el casco pesa un 20% menos que en hierro. El acero resultaba más barato que el hierro, aunque inicialmente no inspiraba ninguna confianza a los usuarios.

La deformación de las chapas entre cuadernas es mayor con el acero y aparentemente la corrosión es mayor en acero que en hierro.

Notas sobre el hierro y el acero

La historia sobre la introducción del hierro y del acero, para piezas y chapas, y las fechas en que sucedió; fue como sigue:

- En el s.XVII ya se usa el hierro en barcos como clavazón.
- En el s.XVIII se emplean pletinas, cabillas y ángulos en construcción naval.
- 1819 empieza a emplear el hierro en fabricación de cascos, con gran recelo por su densidad.
- 1850 se veía como usual el empleo del hierro en barcos, que se generaliza en pasajes trasatlánticos a partir de 1855.
- 1856 se obtiene el acero por primera vez, se pensó en el acero para sustituir al hierro, pero era de características muy variables y muy quebradizo a veces, no inspiraba confianza. El proceso Bessemer inicial daba lugar a aceros con altos contenidos de oxígeno, que unido al fósforo, u otros elementos en exceso, del mineral empleado, los hacían muy frágiles y poco útiles.
- 1874 Francia emplea acero en buques, es acero Bessemer proceso modificado.
- 1877 El Lloyd's admite como material de construcción al acero, sujeto a que cumpla las condiciones mecánicas citadas más arriba. Un poco antes había hecho lo propio el Almirantazgo, con el acero Martin Siemens.
- 1878 En Gran Bretaña se empieza a fabricar con acero Martin-Siemens y se continúa fabricando con el nuevo sistema Bessemer.
- Se empiezan a emplear chapas de acero en zonas de mucha forma, al resultar más fácil el conformado con acero, y en superestructuras de los barcos de hierro, por su menor peso. Inicialmente hay que cuidar el trabajo de chapas de acero de más espesor, la carga de rotura puede decrecer hasta en un 33%.
- El punzonado de acero lo hace quebradizo. Después hay que recocer o acabar el punzonado taladrando. Mejor recocer.

En 1885, en el Reglamento del Lloyd's figuran los siguientes requerimientos para el acero:

Pruebas de tracción de 28 a 32 tsi, a rotura.
Alargamiento 16 %.

Traca de apardura y calderas, la carga de rotura no puede bajar de 26 tsi.

Acero para cuadernas, la carga de rotura puede llegar a las 33 tsi.

Prueba de doblado. Consiste en enfriar el acero del rojo cereza hasta los 82°F y doblar a tres espesores. No se admiten fisuras.

Doblado en frío, en los casos que lo pida la Sociedad.

Pruebas de todas las características para los remaches.

El Astrónomo Real Airy², como resultado de sus investigaciones sobre la influencia del hierro en los compases magnéticos, dice que las barras laminadas en frío están más magnetizadas que las laminadas en caliente, en relación de 14 a 10.

En general el hierro inspiraba una gran confianza a los constructores y armadores, a lo que contribuía, entre otras, la experiencia de que era raro que el hierro rompiera en varadas y embarrancadas. El *Great Britain* estuvo varado, más de un año, en la bahía de Dundrum y el casco no se perforó.

3.2 PLANOS DE TALLER

Se dispone de una información del tratadista inglés, Knowles, que en 1822 hacia un listado de planos necesarios para la construcción de un buque. Dado el año, el acopio de planos que cita era el utilizado en la construcción de buques de madera con propulsión a vela. Los planos generales para buques de hierro, inicialmente no debieron diferir mucho de los necesarios para buques de madera, los planos de detalle serían diferentes.

Knowles³. Barcos de madera

Dice Knowles que para construir un barco “de acuerdo con el diseño, con todas las secciones y la mayor exactitud”, se necesitan los siguientes planos:

- Plano de alzado.- Es una vista lateral de toda la eslora, que incluya la quilla, la roda y el codaste.
- Plano de cuadernas.- Incluye la forma de todas las cuadernas del barco vistas desde popa.
- Plano de planta.- Sección horizontal que incluye las líneas que cortan el barco horizontalmente. Se incluye la vista de la parte alta de la quilla con todas las varengas.
- Detalles interiores de reforzado.
- Plano de cubiertas.
- Altura de manga.- Corresponde a la definición de la máxima manga.
- Corte transversal por máxima manga.
- Baja manga, que define el casco en la parte baja de la máxima manga.
- Alta manga, contiene información del casco en la parte superior a la máxima manga.
- Línea de arrufo.
- Líneas de agua.- Se pintan en el plano de alzado, como líneas rectas paralelas a la quilla, si el barco va ser construido para navegar quilla a nivel.
- Plantillas para definición de las cuadernas.
- Línea de piso.- Se traza en el longitudinal la altura de piso en cada departamento. Suelen ser unas líneas rectas paralelas a la quilla.
- Limites y espacios.- Definen los espacios y aberturas del barco.

Además de esto, se da información de:

- Calados para unas determinadas cargas (se cita como “Informe de carga, calados y desplazamientos”)
- Centro de carena.
- Centro de gravedad.
- Metacentro.
- Superficie vélida necesaria.

Estos planos definirían totalmente el barco y contendrían información suficiente para la construcción del mismo. No incluyen detalles, que se supone conocidos por cada astillero, tales como métodos de unión, calafateo, sistemas de curvado de piezas, secado de madera, etc.

Se ve que hay mucha información, acumulada de siglos anteriores, sobre el punto de máxima manga de la carena. Su situación daba lugar a carenas diferentes en cuanto a las formas que tendría el barco y en cuanto al comportamiento esperado en la mar. Las diferentes opiniones mantenidas por constructores y armadores, sobre la carena óptima, giraban en gran parte, en torno a desplazar a proa o a popa el punto de máxima manga de la carena. Estas opiniones, no coincidentes, continuaron con las carenas construidas en hierro.

Samuel Thearle. Buques de hierro

En 1886 Samuel Thearle explica el sistema que se sigue con la información constructiva para cascós de hierro y acero, dentro de un astillero:

Los planos que se realizan para el barco son de dos tipos:

- Planos de dimensiones y formas del barco.
- Planos de alzados, plantas, detalles e información de construcción.

De los primeros se hacen los Planos de Formas, cuyos criterios y contenido son conocidos, ya que se mantienen en la actualidad.

De los siguientes se realizan:

- Plano de la maestra y otras secciones transversales. Se hace un plano de proa y otro de popa con las formas de las cuadernas. En estos planos se incorpora información de todas las piezas transversales e interiores: cuadernas, varengas, baos, quilla, quillotes, vagras, etc.
- Perfil longitudinal, con detalle de codaste, quilla y roda; incluye posición de cubiertas y mamparos.

- Planos de detalles de cubiertas y de bodegas.
- Escantillones. Se obtienen de Reglamentos. En las Islas Británicas el reglamento más extendido era el Lloyd's, con el que estaba clasificado el 90% del tonelaje británico.
- Modelo.- Con lo anterior se hace un modelo de madera de $\frac{1}{4}$ de pulgada por pie (1/48). Se pintan topes y testas, cuadernas, baos de cubiertas exteriores y cualquier pieza de forro o en contacto con el forro.

Con este modelo, el plano de la maestra y los escantillones se prepara el pedido de material. Las chapas planas se piden con 1 pulgada de creces y las de pantoque, proa y popa con creces de 2 a 4 pulgadas.

- Alisado. En el modelo se hace el alisado que se pasa al resto de planos y al de formas. Este alisado es muy importante en las zonas extremas de la eslora. De los planos se sacaba la información 1:1 para fabricar piezas.
- Información de plantillas, modelos de piezas y falsas escuadras (de carpintero y de montador).

Los planos del barco pegados sobre tableros y barnizados pasan al Astillero.

3.3 OTRA INFORMACION DE CONSTRUCCION NECESARIA

Para la construcción del barco, el Taller necesitaría más información que la que viene en los planos que se han listado. Alguno de los temas que se citan a continuación, podrían formar parte de los estandards constructivos de diseño o de Taller, aplicables a más de

una construcción. Otros detalles estarían incorporados a los planos anteriores o podrían deducirse de los mismos. La mayoría de los que se relacionan aquí, se enviaban a Taller formando parte de un documento conocido como Especificación Detallada de Construcción.

También se necesitaba que una serie de cálculos hubieran sido realizados, y aprobados si procedía, para evitar modificaciones costosas a obra hecha. Normalmente los cálculos los realizarían los proyectistas del barco.

Sin ser exhaustivo el listado, de la información precisa para la construcción de un casco metálico, según Thearle y otros autores, se han considerado los siguientes puntos:

Sistemas de montaje del plancheado

Los sistemas que se empleaban eran:

Sistema Clencher.- Chapas en dos planos, es el más común.

Plancheado liso.- Superficie exterior plana, a base de enlaces con chapas de refuerzo por el interior. Se empleaba en yates y barcos de placer. Cuadernas muy suplementadas, para salvar las planchas de refuerzo.

Sistema Lamb.- Igual al anterior pero con chapas de refuerzo por fuera. Interior de casco liso, muy cómodo para remachado de cuadernas. Supone aumento de peso al poner mucha tira de refuerzo exterior, innecesarias, por razones de estética.

Nota.- Como opinión particular se piensa que esos dobles exteriores debieron ser una fuente de oxidaciones, corrosiones y repaintados bastante importante.

Sistemas de reforzado.

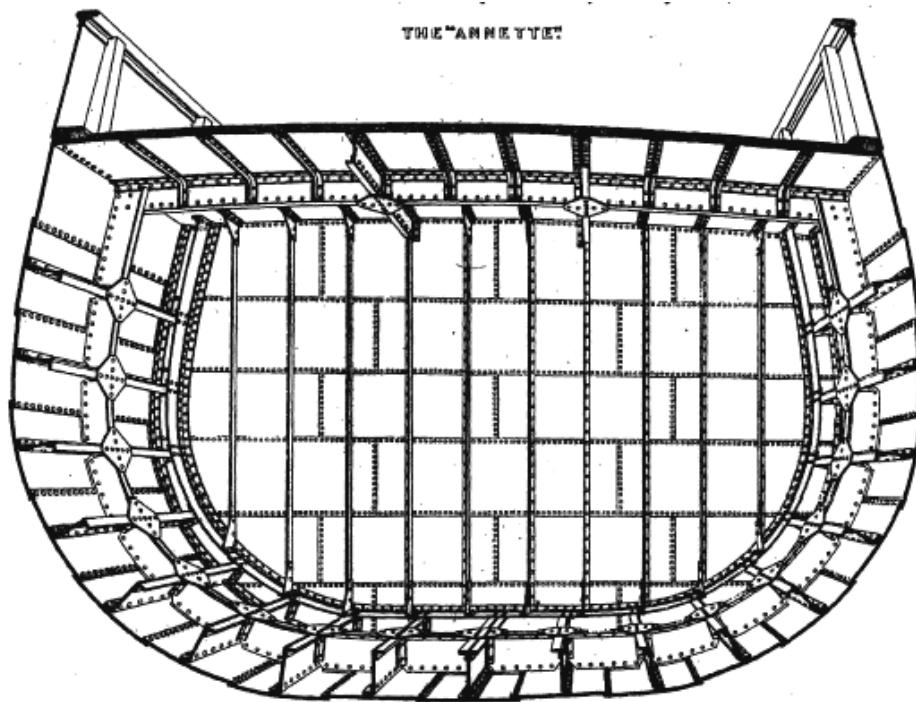
En los buques se emplearon tres sistemas de reforzado:

Transversal.- Originario de los buques de madera.

Longitudinal.- Desarrollado por Scott Russell.

Mixto.- Es el que acabó prevaleciendo.

Los buques *Great Eastern* y *Annette* llevaban sistema longitudinal puro.



Sistema de reforzado longitudinal.

El *Great Eastern* no tenía cuadernas, como estaba previsto en el sistema longitudinal, llevaba longitudinales al centro de cada traca. En este sistema bulárcamas y baos reforzados formaban anillos entre

mamparos, construyendo así las secciones transversales resistentes. Con este sistema longitudinal el buque tenía una resistencia estructural de 5/4, comparado con el sistema transversal.

Esfuerzos por maquinaria con propulsión a vapor

Los mayores esfuerzos generados por la maquinaria de propulsión son producto de las vibraciones. Puede haber una resonancia con las frecuencias del casco que aumentaría la amplitud de las vibraciones. Pueden dar lugar a un debilitamiento de la estructura, a agrietamientos y a roturas.

Como soluciones se emplearon:

Reforzar los polines de las máquinas.

Reforzado del doble fondo de máquinas con vagras en la zona de Motores.

Montar polines robustos para cojinete de empuje y chumaceras.

Rigidizar la unión del codaste con el casco.

Reforzar cuadernas en cámara de máquinas.

Armar baos y montar puntales en cámara de máquinas.

De estos polines y reforzados debía darse la información correspondiente al Taller, en la fase inicial de trabajo.

Mamparos estancos.

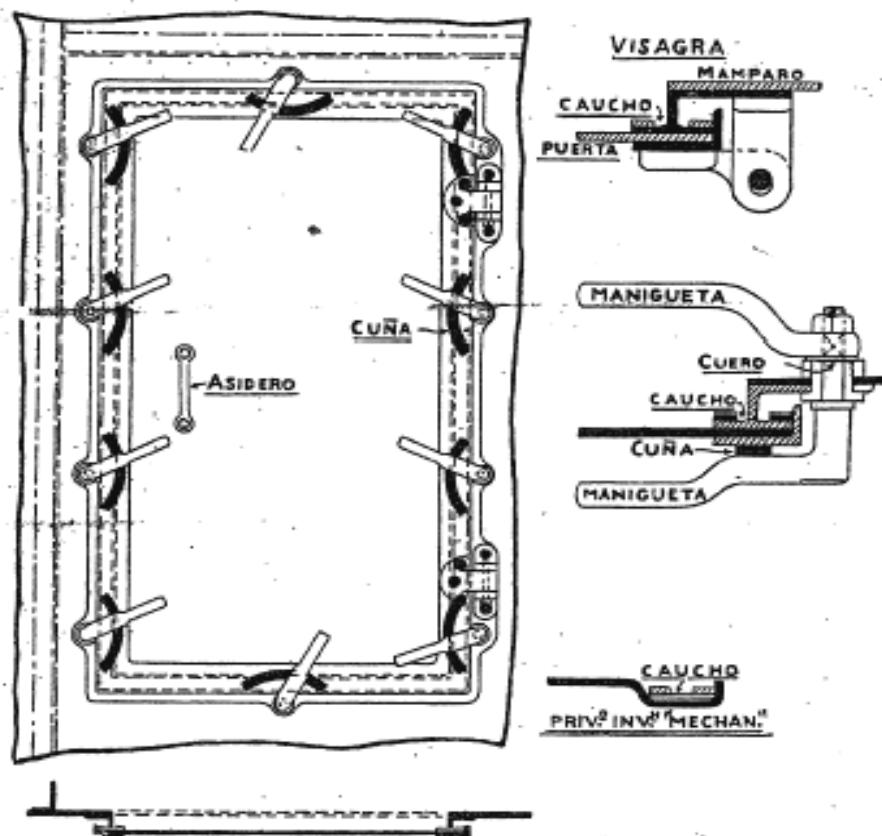
Tanto el Lloyd's Register como el Register Veritas, piden el montaje de mamparos estancos en los buques y los cuantifican según la eslora de los mismos. En el Reglamento de 1870 se fijan un mínimo de cuatro mamparos, si la eslora no pasa de 280 pies. Estos son el mamparo del pique de proa a media manga de distancia de proa. Otro a popa que cierra hélice y codaste y los dos restantes cierran la máquina por proa y por popa.

Para esloras mayores hay una tabla con el número de mamparos requerido, que figura en capítulo 6.

Estos mamparos pueden no ser verticales, por funcionalidad, aunque si deben de llegar hasta cubierta superior o, en la zona de popa, a otra cubierta estanca.

Russell, en los barcos que proyectaba, disponía tantos mamparos estancos como veces la eslora superaba a la manga. Esta práctica, normalmente más exigente que los Reglamentos, fue seguida por bastantes constructores de barcos de pasaje.

Parece que, en 1885, no todos estancaban los mamparos a las cubiertas más altas, a pesar de estar pedido por los Reglamentos de 1870/71.



Puertas de accionamiento manual.

Indudablemente si no se llevaban los mamparos hasta cubierta, las comunicaciones internas eran más fáciles, aunque la función de los mamparos desaparecía en parte.

El escantillonado de los mamparos viene en Reglamentos.

Puertas estancas

Según las Reglas no se puede abrir una puerta de paso de accionamiento local (maniobra manual) en un mamparo estanco. Las aberturas deben venir reflejadas en planos.

Maniobras a distancia

Según Reglamentos, las aberturas de puertas accionadas a distancia y válvulas en mamparos, llevarán accionamiento a distancia desde cubierta superior. En la actualidad se hace un plano de maniobras a distancia, que incluye estos accionamientos.

Tanques de lastre.

En 1852 se probaron los tanques de lastre, propiamente dichos, por primera vez. Hasta entonces los barcos de paletas, sobre todo, cargaban lastre sólido para compensar consumos. En pocos años, costeros y barcos trasatlánticos adoptaron el sistema de lastrado líquido.

Al principio eran tanques no estructurales, que se vaciaban y llenaban con una bomba auxiliar, después se hicieron tanques bajo cielo del doble fondo, que se estancaban usando la plancha de margen. El tamaño de la plancha de margen era de 20 a 30 pulgadas de largo y 6/20 a 9/20 de pulgada de espesor.

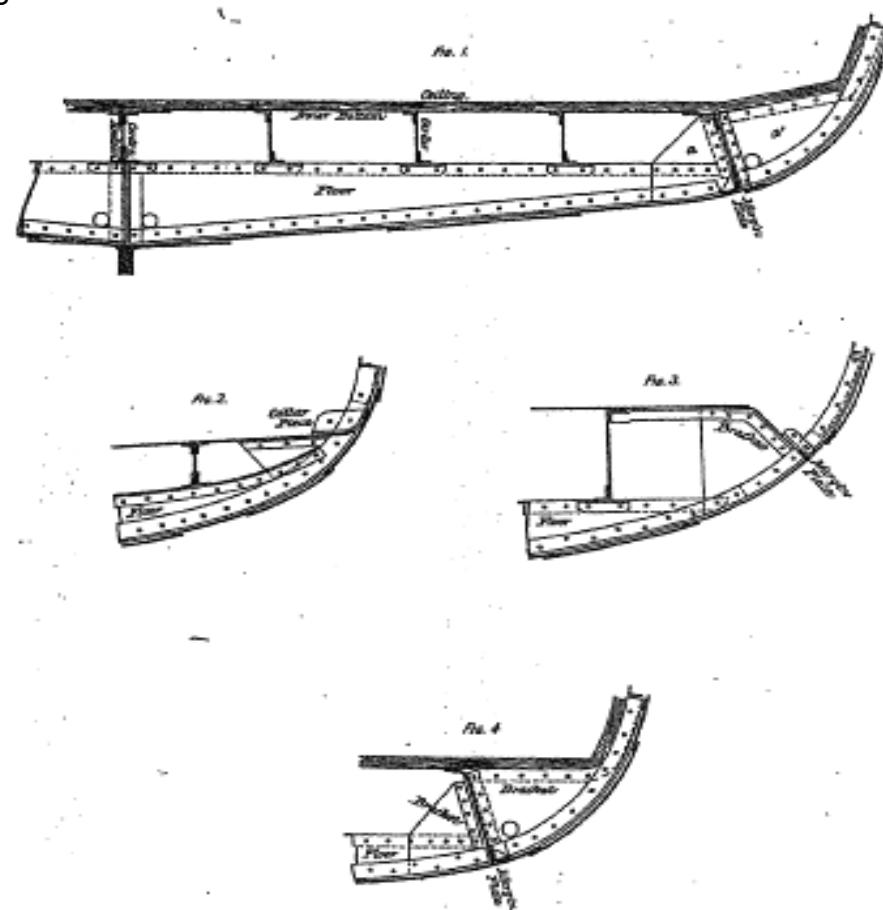
El grupo del Clyde consiguió que el volumen de tanques fuese eliminado en el cálculo del tonelaje por el BOT

Se montaron pasos de hombre en Doble Fondo para inspección Se montaban también "wash plates", no cogidas a forro, para amortiguar el balance de agua dentro de los tanques.

En relación con los tanques se necesita información precisa en taller para estancado, pruebas, montaje de tubería y preparación de superficies, en las diferentes etapas de la construcción.

Espesores y tamaños de chapas.

Los espesores de chapas y ángulos figuran en las tablas de los Reglamentos de las Sociedades de Clasificación.



Detalles de doble fondo

- El largo y ancho de chapas estaba limitado por los fabricantes. En el caso más frecuente de chapas de forro dispuestas en dos planos, los anchos de las chapas necesarias serían entre 40 y 46 pulgadas en las tracas exteriores, y entre 48 y 54 pulgadas las interiores.
- Los empalmes por largo de esas chapas, se hace a tope con remachado doble / triple con chapas de refuerzo 1/20 de pulgada, mayores en espesor que las chapas conectadas.
- Los largos de chapas en los inicios eran de 6 ó 7 pies por problemas de fabricación. Con estos largos era fácil que coincidieran empalmes de chapa en cualquier sección transversal.
- Al final del periodo estudiado, el largo de chapas comerciales era de 6 / 7 claras de cuaderna; más en barcos pequeños.
- Los empalmes de la traca de cinta han de hacerse a dos o más claras de las uniones del trancanil.
- En general se hace el empalme de chapas a dos o más claras de distancia de la traca contigua y a más de una de la siguiente.

Amuradas.

Para seguridad de los marineros, se montaron amuradas de chapa fina de 4/16 a 5/16 de pulgada en los laterales de las cubiertas expuestas. Las uniones se hacían con remachado simple.

Se montan candeleros de tubo, espaciados de 5 a 6 pies. El tubo que se monta es de 1 y 3/8 a 2 y 1/4 de pulgada.

Se montan portillas abisagradas en la amurada por su parte superior, estas portillas dejan salir el agua pero no le dejan entrar.

El área de las portillas es 9,5 pies cuadrados para un pozo de cubierta de 30 pies de largo. De 12,5 pies cuadrados cuando el pozo es de 60 pies. Para pozos de 65 pies y más, 1 pie cuadrado más de portilla cada 5 pies de largo.

Palos.

Reforzado por paso de palos por cubierta.

Llevaba una chapa asociada remachada a los baos interrumpidos que se prolongaba una clara de bao a proa y popa del paso.

Ancho de la chapa, dos diámetros de palo. Espesor, como la chapa de trancanil.

Se montaba una chapa en cada cubierta atravesada.

Se montaba un refuerzo de ángulo o llanta de bulbo forjados en las chapas, rodeando la abertura.

Cubiertas de madera.

La cubierta de madera solo es efectiva si se atornilla la madera a las chapas de cubierta.

La mejor madera, que es la que se emplea en los barcos de pasaje, es la de teca de la India o madera de laurel.

El espesor de la cubierta de madera normal es de 2 1/2 a 4 pulgadas en barcos de 1.000 ton.

Bajo la madera, se pinta el hierro con minio, por el agua.

Nota.- El hierro suele acabar corroído, aunque se pinte con minio, por embolsamientos de agua.

Los forrados tienen que ser desmontables, tanto los de cubiertas como el del techo del doble fondo, para paso de inspecciones.

Pasos de agua.

Las groeras han de ser de 2 x 1 pulgadas o de 3 x 1 1/2 pulgadas.

Estarán dispuestas en altura a 3/4 de pulgada sobre las cabezas de remaches.

3.4 SECUENCIAS DE TRABAJO EN ASTILLEROS. REMACHADO

Los ángulos y chapas que se sirven al astillero están certificados, de acuerdo con Normas de la Sociedad, que certifica el 90% del hierro; el resto, no resistente, estará fabricado de acuerdo con estandares de la misma Norma, sin certificar.

En algunos astilleros a las tracas se les da una letra y a cada una de las chapas un número empezando por popa. Se marcan con esta identificación al entrar al astillero, simultáneamente a la comprobación de las marcas de la Sociedad.

Según datos recogidos de los textos de Walton y Thearle, el proceso de trabajo es como sigue:

Walton y Thearle

Montaje del barco

Para construcción se preparan:

- Una grada con pendiente, pilotada o no según el peso del barco, con inclinación de 11/16 a 3/4 de pulgada por pie.
- Picaderos cada 4 ó 5 pies.
- El andamiaje, se monta antes de comenzar el buque, sobre piezas de anclaje clavadas en el terreno.

En los astilleros franceses, según Mazaudier, se trabajaba con una pendiente grada de 76 a 83 mm/m, mayor para barcos pequeños, con antegrada fácil de limpiar.

Construyen sobre picaderos separados 2 metros. Se alinean picaderos y luego se va alineando la quilla. Emplean escuadras con la inclinación de la grada.

En el libro de Chacón y Roldán está indicado que la pendiente de las gradas de construcción en España, es alrededor de los 83 mm a 100 mm por metro.

- Si la quilla es de chapa, es lo primero que se coloca sobre los picaderos. Los empalmes de las piezas de barra de la quilla vertical se realizan rebajando el espesor en cuña de las piezas a unir, en un largo de 9 veces el espesor original y remachando al tresbolillo doble ambas partes.
- Espaciado cuadernas: Si el Numeral 1 es menor que 37, son 20 pulgadas; puede llegar a 26 pulgadas (21 á 24 en el Reglamento de 1870). En los años 1850-1860 parece que los barcos se construían con una clara menor a las citadas. Esto rigidizaba su estructura, aunque la encarecía.
- El sistema habitual era el transversal, este lleva cuadernas remachadas hasta el trancanil y varengas de pantoque a pantoque, ambas piezas llevan ángulo inverso de refuerzo.
- Este sistema lleva ángulos de pie de cuaderna verticales en Línea Centro, en un buque medio son de 3 pies de largo, es donde acaban las cuadernas.
- En este mismo sistema, las varengas son pasantes de pantoque a pantoque, salvo cuando el barco lleva quilla corrida vertical de chapa, que son intercostales.
- Cuadernas de ángulo, sus tamaños oscilan de $2\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2} \times 5/20$ pulgadas a $7 \times 3\frac{1}{2} \times 10/20$ pulgadas.

**MINIMUM NUMBER OF RIVETS IN EDGES OF PLATING BETWEEN FRAMES
AMIDSHIPS.**

DIAMETER OF RIVETS	NUMBER OF RIVETS IN EACH Row.															
	In. $\frac{1}{16}$	In. $\frac{1}{8}$	In. $\frac{3}{16}$	In. $\frac{1}{4}$	In. $\frac{5}{16}$	In. $\frac{3}{8}$	In. $\frac{7}{16}$	In. $\frac{5}{8}$	In. $\frac{11}{16}$	In. $\frac{7}{8}$	In. $\frac{13}{16}$	In. $\frac{9}{8}$	In. $\frac{15}{16}$	In. 1	In. 1	In. 1
Spacing of Frames 20 ins. ...	7	7	5	5	5	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
" " 21 "	—	7	6	6	6	6	5	5	—	—	—	—	—	—	—	—
" " 22 "	—	—	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
" " 23 "	—	—	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
" " 24 "	—	—	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5
" " 25 "	—	—	—	—	—	—	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5
" " 26 "	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6	6	5	5	5	5

Normas de remachado

- En las zonas extremas del barco los ángulos se abren, para que el alma quede perpendicular a línea centro.
- Como es más fácil y con mejor resultados, remachar en taller que en grada, se suelen prefabricar y montar juntos, conjuntos de cuadernas y varengas.
- En los astilleros del Clyde es normal unir los baos, con sus dos cuadernas en taller y montarlos juntos.
- Hay que mantener la brusca de los baos en montaje. Esta, reglamentariamente, es de $\frac{1}{4}$ de pulgada por pie de manga.
- La parte de popa del codaste suele montarse toda armada, con chapas y cuadernas.
- Las bulárcamas, fueron empleadas primero en Cámara de Máquinas por dificultades de mantener el refuerzo ordinario, al ser una zona con mucho empacho y necesitar mucho refuerzo.
- Los baos van cada dos claras, si van longitudinales entre baos.
- Si la cubierta sobre baos es exterior, no va forrada de madera y su espesor es menor de $6/16"$, hay que montar baos en cada clara.
- Quilla, varengas, cuadernas, baos y mamparos se hacen fijos antes de empezar el planchado.
- Se comienza por las chapas de apardura. Despues las tracas de fondo, a continuación las tracas interiores de costado y luego las exteriores.

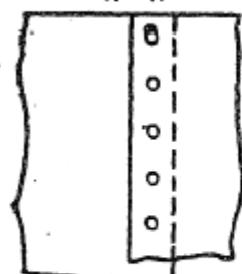
- Se emplean plantillas de madera para pasar información a la plancha y al buque. Lo normal es pasar información de agujeros del buque a una plantilla y de ahí a la chapa.
- Se emplean también modelos y plantillas para el curvado, o forjado, de chapas.
- Se emplean en taller curvadoras de chapas. El curvado se puede realizar con las chapas calientes. En la época eran máquinas de 16 pies de largo y rodillos de 20 pulgadas.

Remachado

- Las uniones remachadas son a solape o en plano (a tope) con chapa de respaldo.
Se hacen con 1, 2 ó 3 filas de remaches.
- Para el remachado de forro, primero se cogen las chapas mediante tornillos para centrarlas.
- Cuando las chapas están en posición, se repasan los agujeros con taladro, y se recompone el avellanado.
- Se empieza por remachar las cuadernas, después se remachan los topes y después las costuras de unión. Como se produce una expansión al remachar, si se empezara a remachar por las uniones quedarían bolsas.

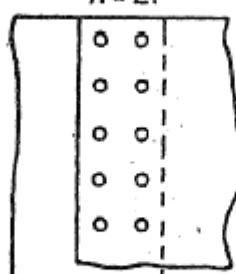
Single Riveted
Butt Lap.

Nº 1.



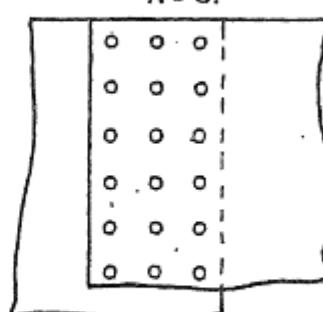
Double Riveted
Butt Lap.

Nº 2.

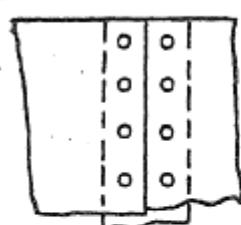


Treble Riveted
Butt Lap.

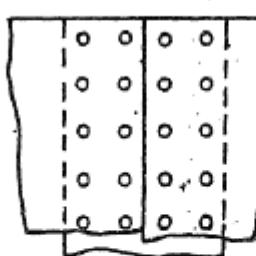
Nº 3.



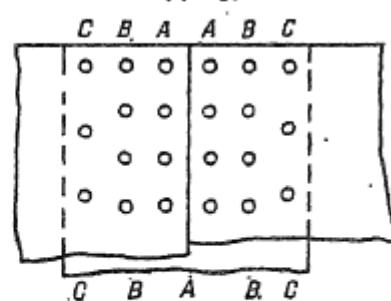
Nº 4



Nº 5.



Nº 6.



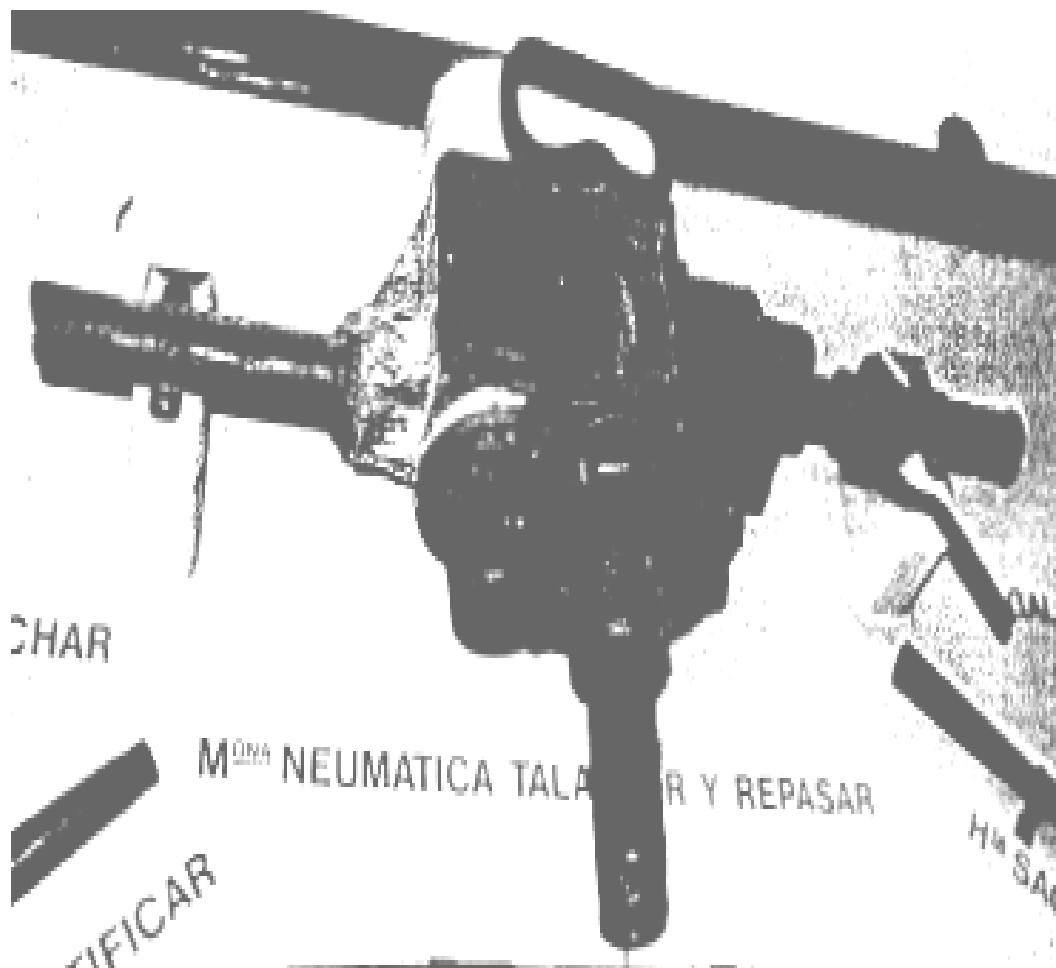
Single Riveted
Butt Strap.

Double Riveted
Butt Strap.

Treble Riveted
Butt Strap.

Tipos de remachado

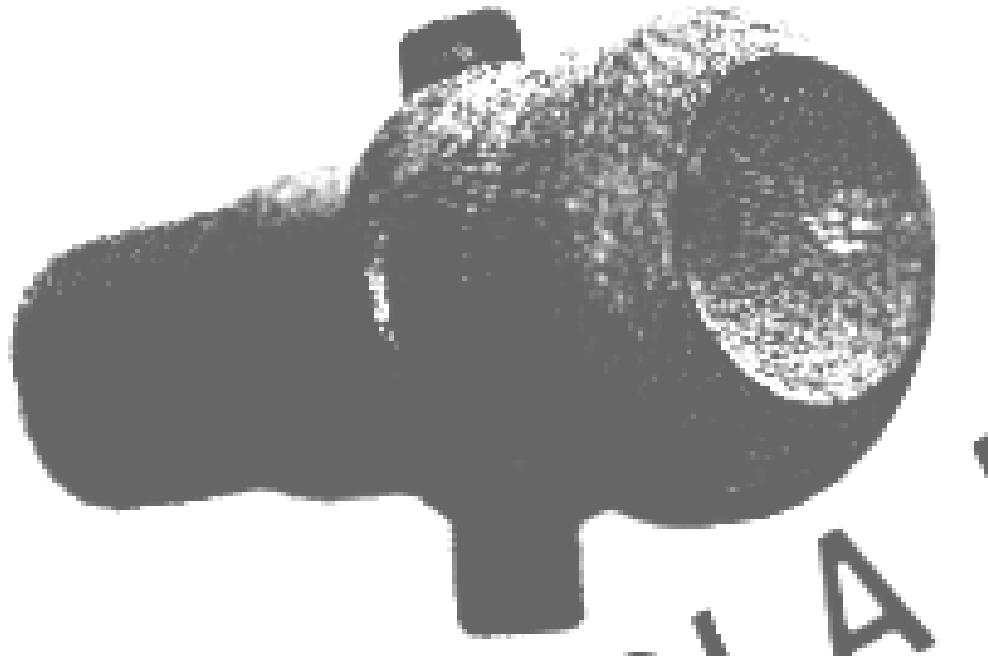
- El remache correcto llena completamente agujero y la cabeza queda apretada íntimamente a la chapa.
- Se emplean remaches roscados en codaste y en corazas.
- La herramienta de calafateo lleva el cincel romo, no debe arrancar material es para recalcarlo.
- Es más fácil y efectivo el calafateo en juntas a solape.



Taladro neumático manual.

- Se crea una zona de fácil oxidación alrededor de la zona calafateada.
- Con el forro llevando chapas en dos niveles, las interiores van directamente remachadas a las cuadernas.
- Las chapas al principio eran de un máximo de 7-8 pies de largo, en 1880 podían llegar a ser hasta de 22 pies de largo por 3,5 pies de ancho por 1 pulgada, estas últimas resultaban a mayor precio.

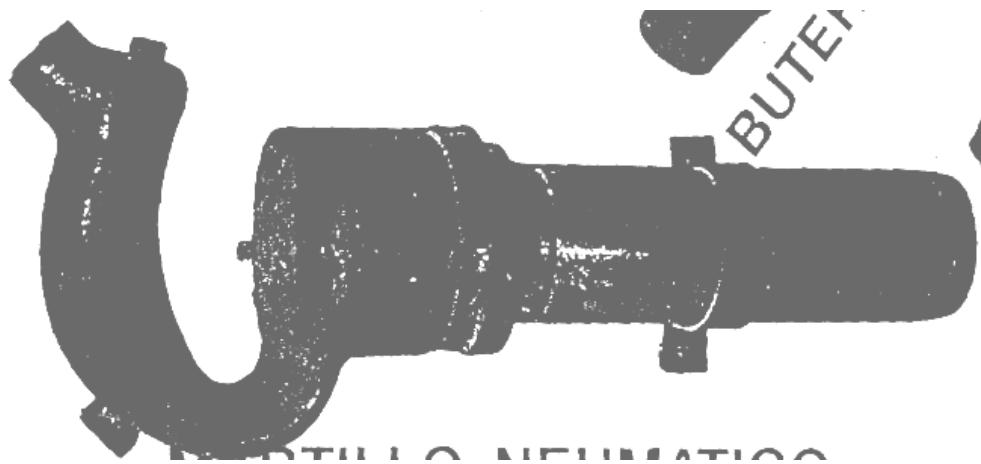
- Las uniones de refuerzos deben hacerse lejos de las uniones de chapas.
- En uniones remachadas dobles a tope, la distancia entre filas de remaches será, al menos, de vez y media el diámetro. La distancia entre remaches de la misma fila será de 4 a 4 $\frac{1}{2}$ diámetros.
- Entre filas de remaches, en chapas solapadas, habrá una distancia de dos veces el diámetro del remache, la distancia máxima de remaches, dentro de la misma fila, será de 3 $\frac{1}{2}$ diámetros (distancias siempre de centro a centro).



Util de remachar.

- Los remaches que pasen forro y unan con las cuadernas, estarán espaciados de 7 a 8 diámetros. Cuando las cuadernas se cruzan con una unión de chapas en doble, no se pone el remache de la unión más próximo al borde, para no debilitar la cuaderna.
- Los topes de las chapas de trancanil deben ser al menos con doble remachado, con solape o chapa de respaldo. En barcos mayores se empleará triple remachado e incluso doble chapa de respaldo.
- Los topes de chapas de cubierta serán dobles en 0,5 de la eslora al centro, las costuras serán de una fila de remaches separados de 4 a 4 $\frac{1}{2}$ diámetros.

- Las conexiones a baos serán de 7 a 8 diámetros
- En la tapa del doble fondo, si el numeral es de 20 a 30, los topes deben ir en doble en 0,5 de la eslora al centro. En barcos más grandes, topes y costuras de fondo forro Irán en doble en 0,5 de la eslora al centro.



Martillo de calafateo neumático.

- En quilla vertical, roda y codaste, se empleará remachado en tingladillo doble, con remache más largo y de mayor diámetro que el standar.
- Para quillotes, refuerzos en pantoques, palmejares, cuadernas, rigidizadores y baos, se montarán remaches separados 7 u 8 diámetros de centro a centro.
- Para que los baos y cuadernas no queden al aire, se emplean tiras de hierro como suplementos, que se conocen como “empaqueado de hierro”.
- Para comprobar si los remaches quedan sueltos se empleó un pequeño martillo con el que se golpeaba la cabeza de los mismos. Los sueltos hay que cambiarlos, nunca calafatearlos.
- Las piezas se avellanán, cuando se requieren superficies planas.
- En todo trabajo de remachado, el remache no estará a menos distancia del borde de la chapa o ángulo que su propio diámetro.
- En una conexión importante de chapas o chapa y ángulo, el mayor espesor definirá el diámetro del remache.
- Para unir a tope refuerzos se solapan trozos de ángulos.

Pruebas de remaches:

Calentar al rojo cereza, enfriar a 82°F y doblar a 180°, radio 1 diámetro del remache.

Doblar a 180° en frío, con un diámetro igual al diámetro del remache.

Doblar 180° en caliente haciendo entalla previa.

Planejar la cabeza en caliente hasta 2,5 diámetros del remache.

Los agujeros punzonados fragilizan la zona, se debe recocer o repasar los agujeros con taladro.

- En fabricación se forma un óxido negro en chapas, calamina, que se quita con un baño acidulado (5% de clorhídrico) para que no queden las cabezas en falso.
- Empleando sistema de zig-zag de remachado es más fácil que desgarre el borde de algún remache. Hay un mayor esfuerzo por remache que en el remachado en cadena y más posibilidades de rotura.
- Con un espesor de la chapa de casco de 7/20 de pulgada, se emplea doble remachado desde la quilla a la parte alta de pantoque y la traca de cinta. Si el espesor que se pide para las chapas de casco es de 9/20 de pulgada, o más, todo el casco irá remachado en doble.
- El solape de chapas es de 6 veces el diámetro del remache para remachado doble y 3,5 veces para remachado simple.
- Esta distancia no debe nunca superarse si las chapas van posteriormente calafateadas.
- El remachado de las chapas de fondo se hace con remache embutido, resultando el fondo plano.
- Denny of Dumbarton tienen la siguiente norma sobre avellanados:

Diámtr. remache	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/2
-----------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---	-------

Angulo avellan.	65°	65°	55°	55°	45°	35°	35°	35°
-----------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

El avellanado es en todo el espesor de la chapa.

- En hierro, los remaches son de material dúctil de la mejor calidad (3). Las barras para remaches no deben calentarse en exceso.

- Carga de Rotura a más de 22 tons por pulgada, en hierro.
- El remachado de quillas, quillotes, longitudinales, codastes y otras piezas más cargadas, se ha empezado a hacer en taller con máquinas hidráulicas.
- Cálculo de remaches, se hace en base a que un remache de 3/4 de pulgada soporta un esfuerzo cortante de 10 tons (hierro de 22 tons / pulgada cuadrada) y que la chapa remachada aguanta 18 tons / pulgada cuadrada.

Con estas consideraciones y adoptando para cálculo que, el diámetro de los remaches, no puede exceder en dos veces el espesor de las chapas que une, se llega a lo siguiente.

Las variables de cálculo son:

t	espesor de chapas.
d	diámetro de remaches.
p	paso de remaches.

Todo en pulgadas

Fórmulas

$$\text{Junta simple} \quad p = d + 0,96 \cdot d^2 / t$$

$$\text{Junta doble} \quad p = d + 1,92 \cdot d^2 / t$$

$$\text{Junta triple} \quad p = d + 2,88 \cdot d^2 / t$$

Para conseguir una eficiencia total, la resistencia al esfuerzo cortante del remache, debería ser igual a la carga de rotura de la chapa.

La rotura de uniones se produce por rotura de la chapa o por cizallamiento de los remaches. Si la chapa de apoyo se hace de mayor espesor que las chapas unidas, la chapa romperá por los remaches más alejados.

La unión más sólida es con doble remachado y chapa de apoyo de $1\frac{1}{2}$ de espesor de las chapas a unir.

Las uniones con doble chapa de apoyo son muy fuertes por precisar para la ruptura un doble cizallamiento de los remaches.

La resistencia por fricción de la junta es mayor en remaches con doble avellanado y acabado plano en ambas cabezas. Los remaches de 1" con esta disposición aguantan 9,04 tons. por remache, según ensayos realizados.

3.5 PROTECCION DEL HIERRO

Según los mismos autores Thearle y Walton, al hierro se le dio el tratamiento que se describe.

Antifouling.

Desde muy al principio de la utilización del hierro en cascos de barcos, se planteó un problema de fijación de algas y fauna marina en los mismos, que obligaba a subir el buque a dique 2 y 3 veces al año para limpiar fondos. Más arriba se vio que con una suciedad moderada del casco, el buque perdía unos 2 nudos de velocidad.

El fenómeno de ensuciamiento del casco era aún más problemático en aguas cálidas, en las que el proceso era mucho más rápido.

Se llegó a forrar el casco de madera y esta con cobre, como se hacia con los barcos de madera para evitar las fijaciones.

Se hicieron muchos ensayos, con muchos productos, sin demasiada fortuna durante años.

En 1845 se hicieron una serie de experimentos en el buque *Rocket*, se pintó el fondo de un buque a tiras alternadas con plomo rojo (minio plomo) y con óxido de cobre. Dio mejor resultado el óxido de cobre.

En 1845, al buque *Fairy* se le pintaron los fondos con arsénico, nafta y óxido de cobre. El mejor resultado se obtuvo con el cobre.

En 1847, al *Undine* se le pintó el costado de babor con rojo plomo y estribor con óxido de cobre, con el resultado mejorado en el cobre.

También se recomienda, en aquella época, pintar los fondos con cola estanca y barniz de asfalto de Trinidad.

El único método, que se reveló efectivo, es el citado de forrado con madera fina y revestido posterior con chapa de cobre, como se hacia con los barcos de madera. Esto suponía del orden del 2 al 3% de aumento del desplazamiento, y la pérdida de unas 2 décimas de nudo en los barcos que lo montaban.

Nota.- El óxido de cobre es correcto como componente de un antifouling, falló el ligante, se empleaba aceite y jaboncillo en las pinturas que fabricaban. Hace unos años en la formulación de las pinturas de fondo, se empleaba como principio activo de las pinturas unos compuestos de cobre y estaño, y resinas epoxídicas como ligante, estas permitían fabricar pinturas de cinco años de protección. Estas pinturas se prohibieron en 1999. Hoy, se vuelven a ver anunciadas pinturas con otros compuestos de cobre y estaño, siempre con resinas como ligante.

Pintado y cementado interior.

Inicialmente la zona de sentinas se pintaba con asfalto, pero este se pegaba a la carga, que se lo llevaba y dejaba el hierro desprotegido. Después se dio cemento, a partes iguales con arena de río, o un poco más de cemento.

Las chapas salían de la factoría cubiertas de calamina (un óxido de hierro) al 100%. En aplicaciones diferentes a las tratadas aquí, era muy apreciado que las chapas tuvieran calamina porque protege aparentemente de la oxidación. Con el tiempo la calamina salta, quedando el hierro oxidado a la vista. Es necesario quitar la calamina antes de pintar.

En el Clyde empleaban una sal de amoníaco, para desprender la calamina, que aplicaban durante tres días. Este procedimiento es más lento que el apuntado antes, empleando ácido clorhídrico diluido, pero menos peligroso. El ácido, de no ir con cuidado y pasivarlo a tiempo, ataca al hierro.

Thearle, en su libro citado, comenta lo siguiente sobre la protección:

Principalmente se emplearon para protección interna, pinturas de plomo blanco (carbonato de plomo), plomo rojo (óxido de plomo), óxido de zinc, solvente y nafta.

También se empleó óxido de hierro, en menor cuantía.

No pintaban sobre óxido.

Estos sistemas se emplearon con un cierto éxito.

Como anticorrosivo se empleó el óxido de zinc.

Otro de los antifouling que se empleó fue el sebo.

Se utilizó el forro de cobre sobre un revestimiento de madera, para barcos que navegaban mucho por el trópico.

Las zonas húmedas se pintaron con cal muerta (encalichar).

Las zonas de habilitación se pintaban con minio, después se espolvoreaba corcho y se volvía a pintar con minio; se hacia para solucionar problemas de humedades; se llamaba cementado de corcho.

Láminas de zinc.- En vez de poner láminas de cobre o de metal amarillo (latón o bronce), o pinturas, para preservar el casco limpio, se pusieron láminas de zinc, sobre el mismo.

Preservaban el hierro, no había vida adherida vegetal ni animal, y se consumía muy poco, 1/24 del espesor original en 28 semanas. Las zonas no protegidas alcanzaron de 6 a 8 pulgadas de algas y animales en ese tiempo.

3.6 ASTILLEROS

Algunos astilleros británicos

Antes de entrar en el estudio del libro de D. Ignacio Fernández Flórez, describiendo el Astillero del Ferrol, se citan una serie de Astilleros británicos, pioneros en el campo de la construcción de los buques de hierro. Los astilleros son:

- Great Western Dock en Bristol.
- Harland & Wolff en Belfast
- Monklands Chanel en Faskine.
- Laird en Birkenhead.
- Robert Duncan de Greenock.
- Robert Steele de Greenock.
- Robert Napier de Govan.
- J. S. Russell en Millwall.
- Oswald & Co de Dumbarton.
- Oswald & Co en Sunderland.
- Denny Brothers de Dumbarton.
- Thames Ironworks en Blackwall
- Bastantes más en el Clyde.

Son los protagonistas, por derecho propio, del tantas veces citado cambio de la madera al hierro.

3.6.1.- EL ASTILLERO DE FERROL⁴

Ignacio Fernández Flórez 1887

Se resume a continuación un libro, en el que se describe con detalle la planta y talleres que se hicieron de nuevo pensados para trabajar con hierro. Se trata del astillero situado donde está el actual Astillero de Ferrol.

Como consecuencia de la permanente Guerra Civil que se vivió en España durante el sigo XIX, los Arsenales salieron dañados de los

pronunciamientos cantonales, y no cantonales, aunque no fue el de Ferrol el que se llevó la peor parte.

Desde el 1869 se autorizó, en España, la importación de barcos sin ninguna limitación; está claro que no había ningún interés en que esos barcos se hicieran aquí. En este libro se describe un astillero, como los que se hicieron, en otros países, 30 ó 40 años antes.

Dice el autor en su libro:

- A partir de 1875 hubo una cierta tranquilidad para reparar lo perdido por guerras e inoperancia administrativa.
- La reconstrucción del arsenal de Cartagena debió de ser completa, ya que resultó totalmente destruido en las luchas cantonales.
- El dique de Campana en Ferrol se hizo nuevo.
- Se dotó de maquinaria y utilaje nuevo a todos los arsenales, incluido el de la Habana.
- En 1884 empezaron las obras en Ferrol para poner al día el astillero.

En 1880 se inaugura en Ferrol el primer taller para buques de hierro, que tuvo carácter provisional. Las dimensiones eran de 150 x 17 x 5 metros.

3.6.1.1.- MAQUINARIA DEL PRIMER TALLER.

- Máquina motora de 25 CV con caldera. Para accionar el resto de máquinas.
- Una terraja mecánica.
- Dos tornos (uno grande).
- 4 barrenas, tres radiales.
- Un cepillo para superficies planas y cilíndricas.
- Otro de grandes dimensiones para cantejar chapas.
- Una cizalla de grandes dimensiones para corte de chapas.
- Tres tijeras para corte de hierro en ángulo y en T.
- Un torno de refrentar.
- Una prensa para doblado en frío de cuadernas y baos.
- Una máquina de hacer remaches.
- Un martíete de doble efecto.

- Una prensa para planchas de aparadura.
- Dieciséis fraguas fijas de grandes dimensiones.
- Un horno de 11 m de longitud para caldear hierros de ángulo.
- Otro horno de metro y medio de ancho para calentar chapas.
- Dos ventiladores mecánicos.
- Una plataforma de fundición para voltear cuadernas.
- Un aparejo de manejo para baos.
- 20 columnas con pluma y chigre mecánico.
- Una mesa de fundición de trazado.
- Treinta fraguas portátiles.
- 12 bancos de trabajo con tornillos, brocas y tenazas.

Con estos elementos se hicieron los cañoneros *Paz* y *Concha*.
 Mas tarde se harían en este Arsenal los cruceros *Isabel II*, *Reina Cristina* y *Alfonso XII*.

3.6.1.2.- MEDIOS IMPRESCINDIBLES EN TODOS LOS ASTILLEROS

- Almacenes.
- Medios de transporte.
- Medios de construcción.

Almacenes

- Como almacenes generales hay uno de 130 x 11 x 4 metros. Otro de 88 x 11 x 4 metros y un tercero adosado a este segundo.
- El último es paralelo a la sala de gálibos y taller de herramientas mecánicas.
- Como depósitos de consumibles y tortillería hay 5 almacenes de 125 x 11 x 5 metros.
- Hay dos carboneras de grueso y de fino de 500 tons cada una.
- Entre las gradas uno y dos, hay dos naves de 50 x 24 x 4 metros, para almacén de calafates.

Medios de transporte

- Hasta hace poco el transporte se hacia con carros tirados por bueyes.
- En la actualidad se hace utilizando vías férreas y bueyes, aunque ya ha llegado la locomotora de Inglaterra que los sustituirá.
- Hay que mover suministros que llegan por mar, los que llegan por tierra y los internos.
- Se ha construido un pantalán con vías para descargar los barcos.
- Hay en proyecto una vía que unirá el astillero y el arsenal.

Medios de construcción

Gradas

Las gradas de que dispone el astillero son:

- La Nº 1 de 60 metros.
- La Nº 2 de 90 m.
- La Nº 3 de 100 m.
- La Nº 4 de 90 m.
- La Nº 5 de 70 m.
- La Nº 6 de 110 m.
- Hay excavadas las 7, 8 y 9 de más de 100 m. (una ya se ha empleado con el buque *Victoria*).
- Por la disposición del terreno ampliar las gradas cortas es muy barato.
- En la grada 2 se construyó el *Reina Cristina* y se va a empezar el crucero *Alfonso XII*.
- En caso de lluvia se monta un tinglado sobre el barco. Debería ser mayor para proteger el herramental y los operarios.

Talleres y herramientas

- Se han introducido muchas mejoras desde 1884, aumentando talleres y herramiental. Esta obra se ha hecho muy rápida.

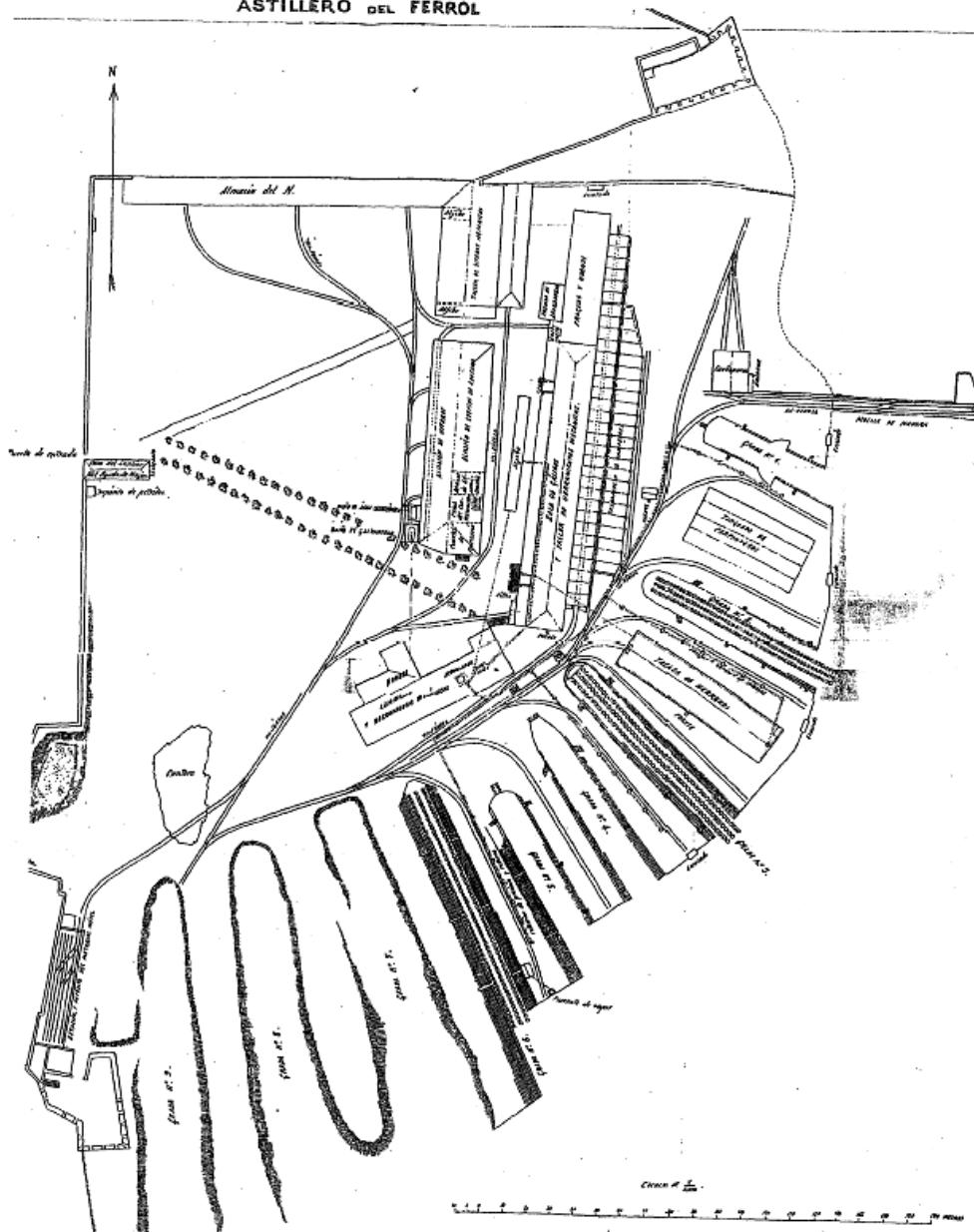
Relación de talleres

- Taller de herramientas mecánicas.
- Taller de fraguas y hornos de volteo.
- Taller de Herrerías.

- Trabajadero de armadores.
- Taller de máquinas hidráulicas, laminador y hornos de volteo.
- Taller de sierras mecánicas.
- Trabajadero de carpinteros.

Taller de herramientas mecánicas

ASTILLERO DEL FERROL



Astillero del Ferrol 1888

Una motora pilón de 40 CV acciona dos ejes a los que están conectadas las herramientas dándoles así movimiento. Herramientas:

- 1 Cepillo para canteado chapas de hasta 6 m de longitud.
- 8 barrenas individuales.
- 1 barrena múltiple de 10 barrenos.
- 4 tornos.
- 2 terrajas de tornillos.
- 4 tijeras para chapa de hasta 37 mm.
- 4 barrenas dobles y móviles para trabajar fuera del taller.
- 1 Punzón para ángulos.
- 1 Tijera para cortar cabilla para remaches.
- 2 hornillos automáticos para calentar 100 cabillas.
- 2 máquinas para hacer 2000 remaches diarios.
- 1 Prensa para curvado de ángulos y barras.
- 1 Prensa para cuadernas en frío.
- 1 Prensa de 100 tons para baos y perfiles.
- 1 Sierra circular motorizada para corte de hierro de hasta 250 mm.
- 1 Sierra de cinta para chapas con figura.
- 1 Máquina de afilado de hojas de sierra.
- 1 Tren de cilindros para volteo de chapas en frío.

Son 3.159 metros cuadrados bien ventilados e iluminados. Tiene vías para desplazamiento de material.

Se arman baos, polines etc.

Taller de fraguas y hornos

- 2 hornos. Uno de 1,5 x 6 m para chapas. Otro de 0,5 x 9 m para ángulos.
- 1 Placa de conformado con perros de 140 m².
- 1 Prensa para volteo.
- 12 fraguas.
- 1 Martinete de 500 kg.
- 2 martillos de pedal para hacer tornillería.
- 1 Ventilador a vapor.

Taller de Herrerías

Mide 72 x 15 x 5 m esta entre dos gradas.

- Tiene un motor de accionamiento a vapor de 6 CV.
- 1 Ventilador.
- 17 fraguas y un hornillo de calentar remaches.
- 6 pescantes auxiliares.
- 2 martillos de pedal.
- 2 mármoles.

Trabajadero de Armadores

Tiene 112 x 11 m.

Tiene el siguiente herramiental:

- Motora de dos caballos de dos pistones que acciona eje que recorre el taller.
- Caldera de vapor.
- Tijera de gran fuerza.
- Cepillo para rodas, codastes etc.
- Dos fresas.
- Dos lapidadoras.
- Punzones hidráulicos.
- Remachadora de quillas.
- Mesa de volteo para rectificados.

Taller de Máquinas Hidráulicas

Sus dimensiones son 70 x 15 x 10 m.

- Dos calderas y hornos en un extremo.
- Acumulador hidráulico de 25 t. de peso. Presión de salida de 75 kg/cm²., que se podría aumentar a 240 kg/cm².
- Canalizaciones a talleres y gradas.
- Alimenta 8 remachadoras portátiles asistidas con pescantes.
- También dos punzonadoras / cizallas en cualquier punto de la grada.
- En taller prensa hidráulica de estampar.
- Una remachadora fija para mamparos.
- Prensa hidráulica de 100 tons para baos.
- Hornos de 1,5 x 7 m para chapas.
- Hornos de 0,30 x 12 m. para perfiles.
- Mesas de conformado.
- Tren de laminación.

Taller de sierras mecánicas y trabajadero de carpinteros

- Motora de vapor para accionamiento.
- Sierra de corte de 7 hilos.
- 4 sierras de madera.
- Una triscadora para afilar sierras.

Otros equipamientos

- Dos locomóviles con 12 barrenos de eje flexible que se desplazan junto a los barcos.
- Sala de Gálibos de 97 x 13,7 x 4 m.
- Junto a esta Delineación, oficinas y archivo.
- Red telegráfica, telefónica y luz.
- Cuerpo de guardia.

3.6.1.3.- BARCOS CONSTRUIDOS

Desde 1880 la producción de barcos de hierro ha sido:

- *Paz*.
- *Eulalia*.
- *Concha*.
- *Isabel II*.
- *Reina Cristina*.
- *Alfonso XII – 1886*.
- *Miño* (en acero).

El acero y hierro, se ha comprobado en el astillero que se trabajan igual, tanto por herramiental y como por capacitación de operarios. El acero llegaba de A.H. de Bilbao.

3.6.1.4.- GREMIOS.

Mantenimiento.
Hornos y fraguas.
Herreros.
Armadores.

Barrenadores y calafates.
Remachadores.
Carpinteros.
Peonaje.

Muchos se conservan hoy en día.

3.6.1.5.- CLAVES DE LA FABRICACION ECONOMICA.

- Planos correctos y a tiempo.
- Materiales disponibles.
- Plantilla bien pagada (el autor cita los trabajos a destajo, que estaban dando muy buen resultado).

Nota.- La clave del éxito se sigue manteniendo.

3.6.2.- ASTILLERO DE UNION NAVAL DE LEVANTE⁵

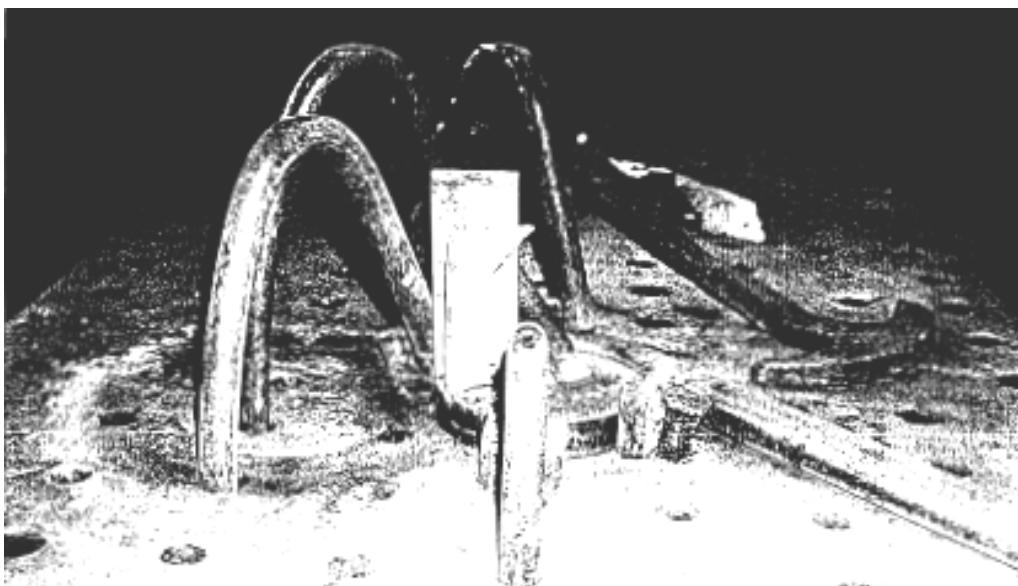
Cecilio Sanz

Fundado oficialmente en 1924, ya trabajaba como Talleres Gómez desde 1904, como taller de reparaciones; se empezaron a construir los nuevos edificios en 1917 y se estaba trabajando en oficinas desde 1919.

Solo se va a estudiar la Nave de Labra, que es la más antigua, y la que esta totalmente relacionada con este capítulo.

Esta nave ha sufrido varias mutilaciones, por problema de estrechez de viales, al ir aumentando el tamaño de los bloques. Originariamente debía medir unos 100 metros de largo por 25 metros de ancho en dos naves adosadas. Está a treinta metros a proa de la grada I, que fue muy bombardeada durante la Guerra Civil última, al tener a punto para botar un petrolero de Campsa, cuando empezó la guerra.

Esa proximidad a la Grada y los sistemas de dirección de tiro de los Saboia Marchetti del 1932, supuso que la nave quedara bastante destrozada al acabar la guerra. Afortunadamente los efectos de los bombardeos durante nuestra última guerra, en este taller, no fueron muy diferentes de lo que lo hubieran sido si en vez de tirar bombas hubieran tirado piedras; gracias a esto aún se han podido ver por el autor bastantes de las cosas que había en el taller original.

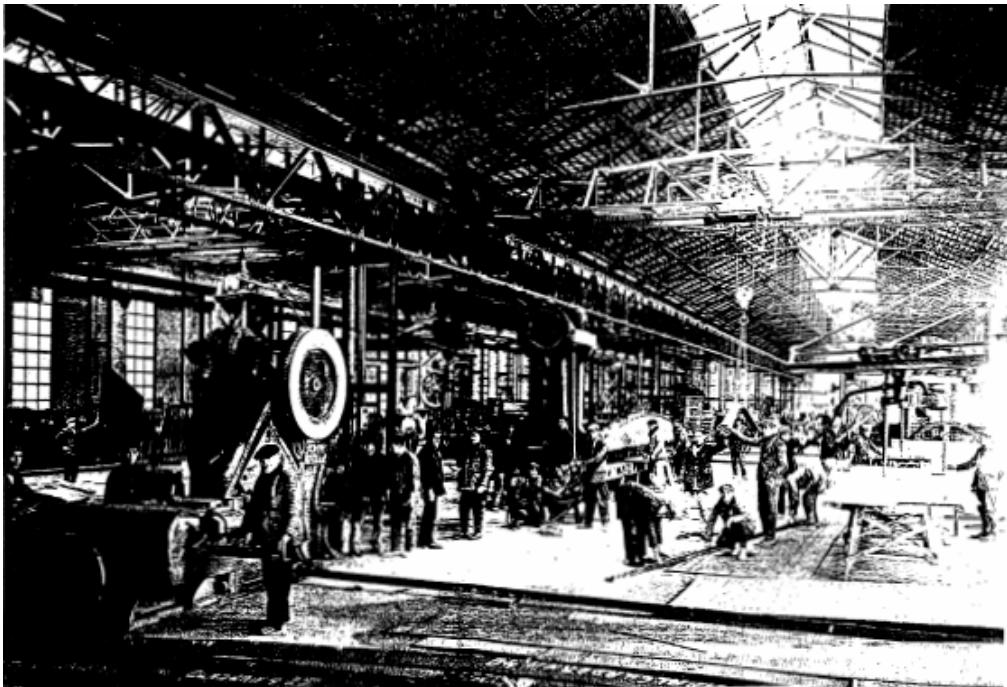


Perros para conformado en placa.

Máquinas y herramientas en servicio en 1969:

- Dos hornos para caldeo de cuadernas de, aproximadamente, 0,5 x 12 m que se eliminaron en el 1970 / 71 al adquirir una curvadora de perfiles en frío, hoy en servicio. De estos hornos se sacaban las cuadernas al rojo vivo y pasaban a la siguiente estación.
- Mesa de conformado de losas de hierro fundido perforadas para fijación de perros; en esta mesa, mediante mazas, perros y plantillas, se iban conformando las cuadernas al rojo. Cuando perdían color se volvía a meter en el horno, la parte no curvada,

- para reiniciar el proceso. Esta mesa se ha dividido en otras más pequeñas, hoy en uso.
- Cilindro de curvado. Construcción remachada. Esta marcado por un trozo de metralla. Inicialmente funcionaba con motores de corriente continua y resistencias, habiéndose cambiado a corriente alterna hace pocos años. Da curvatura a chapas de hasta 25 mm en una generatriz; las chapas de doble curvatura pasan posteriormente a prensa.
El fabricante inglés de este equipo, quiso comprarlo al astillero hace unos 20 años, era más antiguo que el de su museo.



Taller de labra de Unión Naval de Levante. Hacia 1930.

- Punzonadora / prensa, máquina actualmente en el jardín del astillero, que trabajaba con polea mediante el eje de accionamiento de maquinaria del Taller, a la que se acopló un motor eléctrico con posterioridad. Se empleaba últimamente para hacer groeras en perfiles mediante troquel. En su época debió de dedicarse a eso y a punzonar, cambiando el útil.

- Punzonadora / prensa de enderezado.- Localizada en un jardín del Puerto de Valencia, teniendo montada en la actualidad la herramienta de punzonar. Por la parte opuesta de la misma hay dispuestas unas mordazas para trabajos de curvado o de enderezado. Se movía con rueda accionada por polea por el mecanismo de movimiento de las máquinas del Taller, se le acopló un motor que no disimula en absoluto que es un postizo.
- Otra máquina idéntica a la anterior, hoy desaparecida por venta.
- Cilindro de aplanado de chapas.- Máquina que se ha dejado de usar, que en su tiempo era imprescindible para eliminar tensiones en chapas. Posiblemente sea un cilindro equivalente al que se cita en la descripción del astillero de Ferrol.



Martillo de remachar neumático.

- Cizalla de algo menos de 2 metros entre bocas, hoy desaparecida por venta.
- Mecanismo de accionamiento de las máquinas del taller.- Por lo que se ve en los grabados del s.XIX, en cualquier taller de aquella época, tales como: las fabricas de hilaturas, los talleres mecánicos, las imprentas, los molinos de harina o en los talleres que se describen en el Astillero del Ferrol, se sabe que en todos ellos había una máquina a vapor, en uno de los extremos de la nave, o en el centro de la misma, que accionaba unos ejes longitudinales cogidos a la pared o colgados del techo, que movían todos las máquinas del taller. Estos ejes de unas 2 pulgadas de diámetro, tenían una serie de ruedas de diferentes diámetros que mediante correas o bandas de cuero movían unas ruedas de las máquinas, que eran las tomas de potencia de las mismas.
Parte de ese eje con varias ruedas de diferentes diámetros aún siguen en la zona de unión de las dos naves en este Taller de Labra de UNL.
- Taladros.- En unos paneles de herramientas, que un alma buena del astillero recogió y colocó, después de adecentarlos, se pueden ver taladros y brocas para trabajos de remachado.
- Remachadoras.- En esos mismos paneles hay remachadoras neumáticas y martillos para calafateo de bordes. Hay útiles auxiliares tales como atacadores de remachado de cabeza esférica.
- Restos de chapas taladradas para remachado.- Se trata del clásico sobrante, en este caso perforado, que se ha conservado, hay punzonado recto y avellanado. Algunas de estas chapas se desmontaron de algún barco en reparación (petrolero), pues hay corrosión por uso.

Aparte de lo citado, el autor ha presenciado alguna reparación de barcos con cinta y pantoque remachados y como nueva construcción dirigió los trabajos de una draga, parte de cuya superestructura y castillete iban remachados.

La espectacularidad del curvado de cuadernas al rojo o los remaches volando, como ascuas, de la fragua al andamio, cuesta trabajo describirlos.

3.7 AUXILIARES DE CASCO

3.7.1.-TIMONES⁶

Se ha leído en diferentes autores que en los barcos de vela antiguos, no usaban el timón para cambiar el rumbo, los barcos se gobernaban con las velas de popa. El timón lo usaban para compensar vientos que soplaban permanentemente en la misma dirección.

A final de siglo XIX, ya no son raros los barcos que empleaban timones compensados, articulados o suspendidos. Aunque lo normal es que fueran abisagrados a la pieza de popa del codaste, mediante varios pinzotes.

Los dos tipos constructivos más usuales de timones, eran el tipo bastidor y el tipo plancha timón.

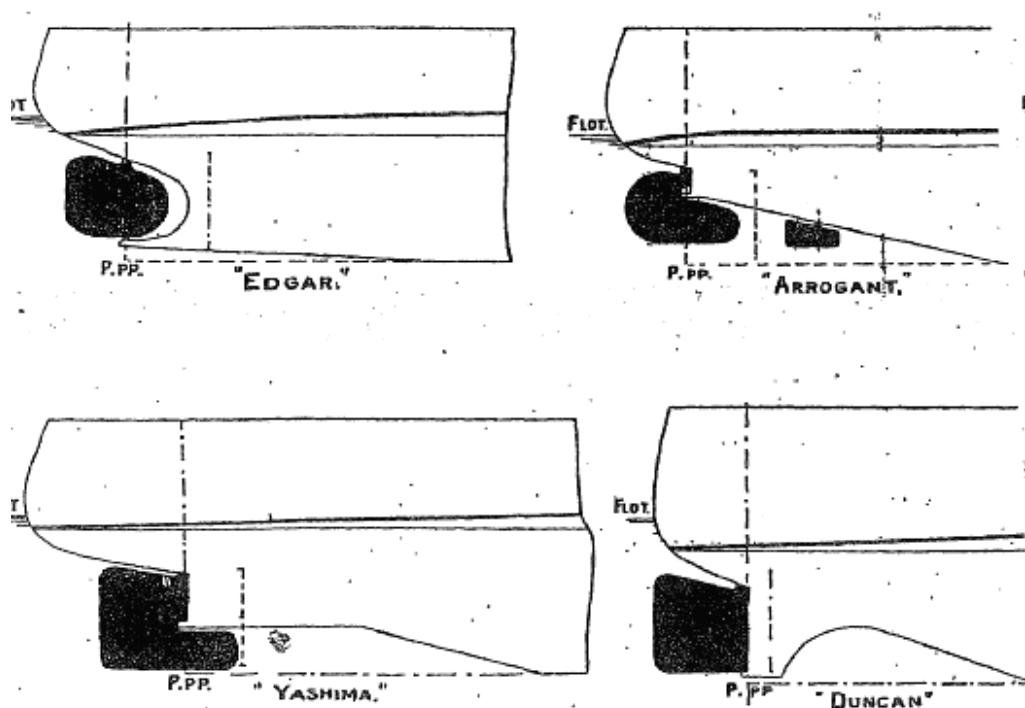
El tipo bastidor lo forma un marco que va forrado de chapa quedando relleno el interior con madera. Suele llevar un refuerzo interno por pinzote. La mecha va separada y acoplada al timón mediante plato empernado y enhavetado (palma).

El timón de chapa tiene un eje que es el que va acoplado con la mecha; tiene un rebaje longitudinal en el que se introduce la chapa con la forma del timón. Chapa y eje van sujetos mediante piezas remachadas, que soportan los pinzotes alternativamente.

Los pinzotes que se emplean son:
Cogidos en el timón, girando en el codaste, toque hierro/hierro, o hierro/guayacán.

Pinzotes formando cuerpo con timón.

Pinzotes de guia, ya que el peso del timón se transmitía al codaste en un punto, mediante lenteja de giro (tintero).



Diferentes tipos de timones.

En general, se buscaba que el peso del timón no lo soportara el codaste, o que lo soportara en un solo punto, y que las hembras hicieran de guía únicamente.

En el codaste se montaban dos topes de giro para el timón, que ahora están a 35°, pero no ha sido siempre esa cantidad.

En 1870, Belcher informaba en el INA, sobre los timones compensados.

Con este tipo de timón solo se precisa la fuerza necesaria para vencer rozamientos. Decía que en 15 segundos puede ir el timón de banda a banda.

Con estos timones se eliminan los accidentes en el manejo de timón.

Se montaba timón de bronce en barcos forrados de cobre, para evitar pares galvánicos.

Bastantes buques de guerra llevaban este tipo de forrado, principalmente los destinados a la India y otras zonas tropicales. En 1869 los oficiales de la Armada Británica, decían que aún no se ha descubierto un pigmento que sirviera como antifouling, causa real del forrado. En buques de guerra era necesario seguir poniendo madera y chapa de cobre sobre el casco de hierro.

En el crucero español *Conde de Venadito*, la pala de timón tiene la forma habitual de los de la época, tiene forma de segmento de círculo, va abisagrado por el canto de proa. El ancho máximo de la pala, a escala, debe de ser sobre los 1.800 m/m y la altura de unos 4 metros. Las cotas no son legibles en el plano.

La pala tiene un armazón de ángulo fundido o forjado, que va forrado con chapas de 6 m/m en ambas caras. No indica que vaya relleno de madera.

Lleva tres pinzotes que conectan con el brazo de popa del codaste.

El codaste lleva un tintero bajo, que hace de punto de giro del timón.

En la zona del pinzote alto, se ven unas piezas que deben ser el seguro que se ponía a estos timones, para evitar que se perdieran.

Barnaby dedujo en experimentos realizados en 1863, con buques de guerra, que 54° y 3/4 era el ángulo más efectivo para el timón, aunque por facilidad constructiva y de funcionamiento se adoptó el de 45°.

Determinaron que la velocidad mínima de obediencia al timón de 0,9 a 1,5 nudo.

Nota.- Parece muy poca velocidad para que gobierne un barco, el doble es lo que se ha visto habitualmente, en pruebas de mar.

En 1863 los tiempos empleados en buques de guerra para el círculo de evolución variaban entre de 8'22" a 10'20".

La hélice de proa se propone como solución para mejorar el cambio de rumbo (la comunicación de Barnaby al INA, en 1863, incluye dibujo posicionando correctamente la hélice de proa).

Airy, el Astrónomo Real, afirma en 1864, que para sustituir el timón se debe hacer un túnel en popa bajo el eje que vaya de Br a Er y montar dentro una hélice accionada por máquina reversible, para hacer las veces de timón, diámetro un cuarto de las hélices principales.

Cita Airy la propulsión por chorro de agua. Se construyó algún buque con ese principio, que funcionó, aunque entonces no había tecnología para la fabricación de las bombas impulsoras de suficiente potencia. Hubiera sido una solución para el cambio de rumbo. Este tema ya se ha citado en el Capítulo 2.

H&W utilizaron bastante los accionamientos manuales mediante cable, que movían un gran sector, o círculo, solidario con la mecha, movido por el tambor del timón, en lugar de accionar la caña.

Ensayos en buque *Terror*, *Black Prince*, *Niagara* y otros, (Almirante Halsted).

Los resultados fueron:

Máxima eficiencia del timón a los 40°.

Se dedujo inicialmente que el área del timón, para conseguir la máxima eficiencia, debía ser de 1 pie cuadrado por cada 25,3 de área sumergida proyectada del barco. Nuevos ensayos dieron por resultado que el área del timón debía tener un pie cuadrado, por cada 38 pies cuadrados de carena sumergida proyectada. La Marina francesa obtuvo también, este último resultado.

Si se para el motor el timón deja de gobernar (se entiende que gobierna peor, hasta que baja de la velocidad de gobierno).

El barco gira mejor hacia el lado que las palas de la hélice bajan.

El timón, solo con el esfuerzo personal, aplicado a la rueda, es muy difícil que pase de 16°, en buques de vapor.

Robert Napier realizó ensayos en canal y con el buque *Messina*, llegó a las siguientes conclusiones:

$$\text{Par en timón} = P \times L = 1,4 \times A \times G \times V^2$$

P fuerza transversal en extremo de pala.

L longitud de pala proyectada en el plano del timón.

A área timón.

G distancia del centro de gravedad de la pala al plano del timón.

V velocidad del barco en nudos.

Obtuvo que a 8 ó 9 nudos, con un timón de 2 ruedas, la fuerza que debe hacer cada timonel (4 en total) para girar 40º la pala, y gobernar el barco, era de 62 libras, con mecanismo tipo barril.

Lumley presenta en el año de 1860 al congreso de la Ingeniería Naval Inglesa una serie de timones articulados, similares a los actuales, con flap accionado por cadena.

El timón articulado se monta siempre a popa de la hélice para mejorar la efectividad.

La parte de proa de timón, en los timones articulados, tiene doble longitud que la parte articulada de popa.

Los timones articulados, similares a los usados en la actualidad, son de una gran efectividad.

Ventajas:

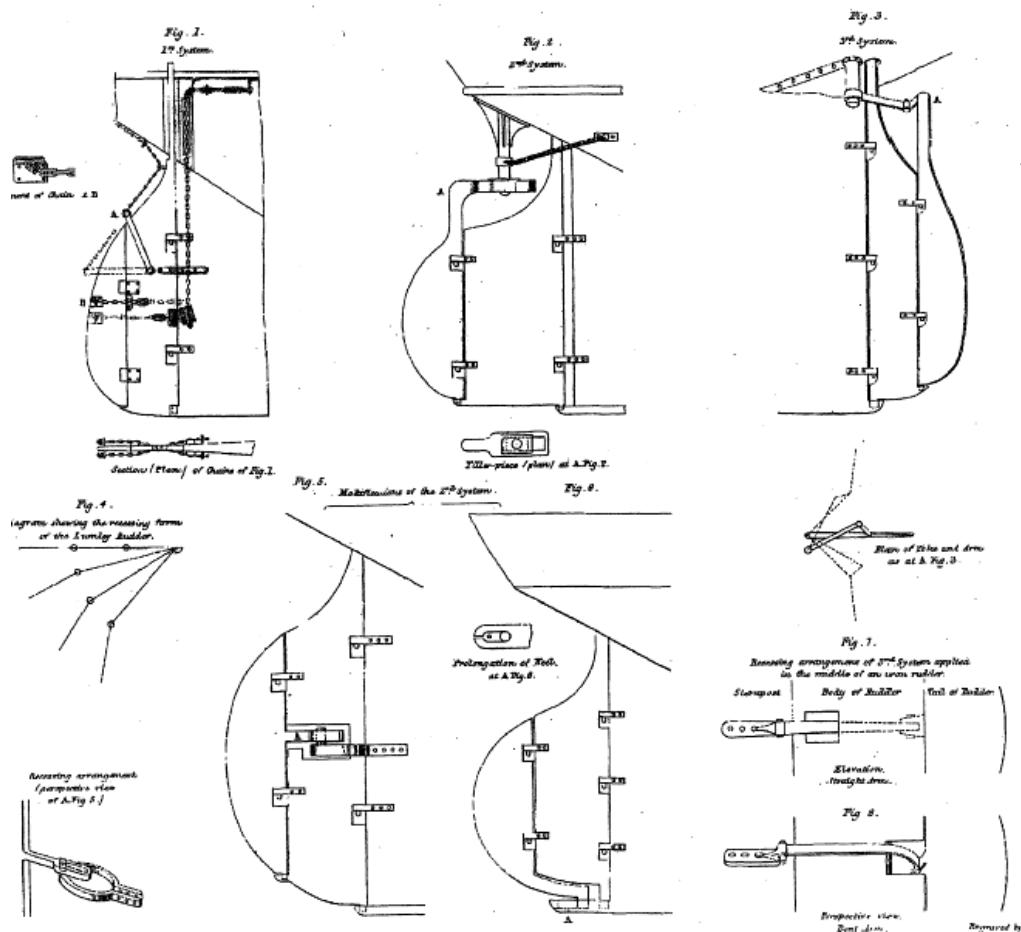
- Giran en menos tiempo.
- El diámetro del radio de evolución es mucho más pequeño.
- Menos ángulo de giro para el mismo efecto.
- Menos potencia necesaria para el mismo efecto.

Algún dato:

Buque *Columbine*, el círculo de evolución pasó de 1.450' a 782', al usar timón articulado.

Otro autor, Gumpel, informa en 1870 de sus ensayos en buques de guerra.

La fuerza aplicada a un timón y los resultados obtenidos tienen un punto óptimo de consumo de esfuerzos, que es a los 22 ½º.



Timones articulados.

De 40° a 45° , no aumenta el esfuerzo necesario y el timón es más efectivo.

En barcos de guerra, de 20 a 60 hombres, según el barco, no son capaces de pasar el timón de 28° .

3.7.2.- SERVOMOTOR DEL TIMON

El timón ya se accionaba, hacia 1870, mediante servo a vapor, aunque aún había muchos barcos en los que se continuaba moviendo mediante ruedas a mano. Hasta entonces se había movido solo por medios mecánicos y mucha intervención de la marinería, a pesar de las multiplicaciones aplicadas al movimiento.

Del libro “Buques de Guerra” de Attwood⁷, se obtiene la siguiente información:

La potencia para mover el timón depende de:

Área de la pala.

Cuadrado de la velocidad.

Ángulo de giro.

Distancia del centro de presión al eje de giro del timón.

Esto definía el servomotor a montar.

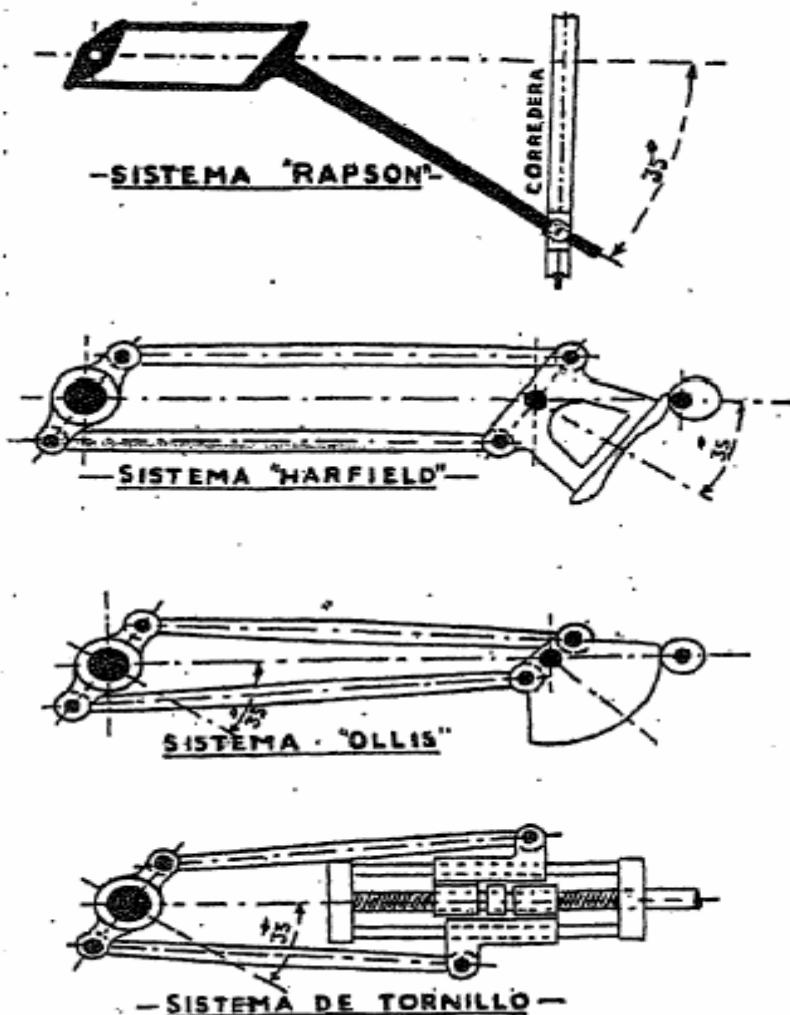
Para mover el timón mediante servomotor se emplearon diferentes sistemas que accionaban el yugo de la mecha, varios de ellos a base de un paralelogramo movido a su vez por un servomotor a vapor. Los sistemas empleados eran una corredera transversal que movía la caña, un sector engranado, un tornillo a doble rosca y otros.

Los primeros servos, aprovecharon inicialmente los dispositivos manuales empleados con anterioridad.

Un sistema muy extendido fue el accionamiento mediante dos cilindros de vapor que movían el tambor del timón que, mediante cable o cable y reenvíos, accionaba la caña. El mando era mediante eje y cardans, accionados por la rueda del timón.

Las máquinas del servo se montaban inicialmente junto al mamparo de popa de la máquina y, mediante un eje de transmisión, accionaban el mecanismo de movimiento.

Otro sistema era mediante bomba en doble fondo con columna de agua en admisión, para presurizar. El sistema era una invención del Capitán Inglefield⁸. Esta bomba accionaba dos pistones hidráulicos mediante distribuidor y macho de tres vías. Estos pistones mueven una pieza que se desliza perpendicular a la caña, que la arrastra de una banda a otra.



Diferentes sistemas de servomotores del timón.

En general los servos trabajan mediante la rueda del timón que mueven la distribuidora a Br ó a Er y el mecanismo de paro, a través de una transmisión. La maquinilla acciona la mecha y el mecanismo citado, que para la maquinilla al alcanzar los grados pedidos. La transmisión puede ser de eje, de cadena o con cable de acero.

Las últimas novedades incorporadas fueron los servos hidráulicos citados o rellenos con glicerina a base de dos pistones y un acumulador.

Dejust, en 1899, describe un servomotor, muy anterior a ese año, que es el servomotor Farcot-Duclos. Trabaja por medio de tornillo sin fin y rueda catalina y el mecanismo de paro lo hace mediante una horquilla, que para el distribuidor de paso de vapor.

Como emergencia se utilizaban aparejos para mover el mecanismo a mano. También se podía desacoplar el eje y gobernar mediante 3 ó 4 ruedas de timón en popa.

Según Halsted¹⁰,

En 1862 el servo del *Niagara*, era por tornillo roscado a derecha e izquierda, que permitía llegar a 40° con 1 y $\frac{3}{4}$ de vuelta de tornillo. Los servos de paso muy rápido de rosca tienen unos retrocesos muy fuertes, se utilizaron habitualmente los de rosca fina.

Para accionar el *Northumberland* se necesitaban 35 tons, se montó un servo, el vapor movía un barril con estachas que accionaba la caña del timón, sistema ya citado.

Uno de los primeros servos a vapor se puso en el *Great Eastern*, que llevó accionamiento manual hasta 1867.

Una rápida respuesta en barcos de 1.000 tons de peso muerto o más, solo se podía conseguir con vapor.

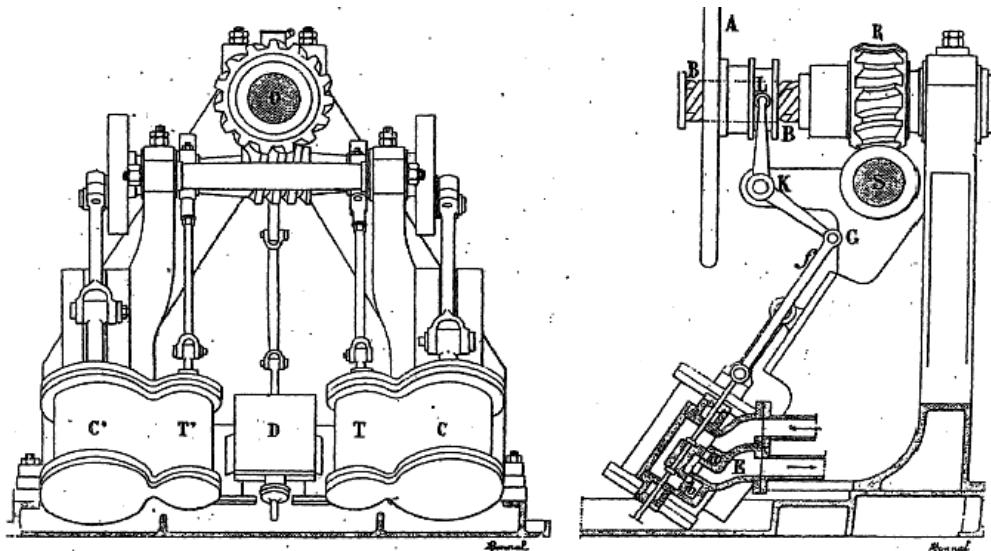
En ensayos se comprobó que, en general, a toda máquina y con accionamiento manual, el timón no pasaba de 15° o 20°.

La fuerza necesaria para el accionamiento del timón en mercantes se solucionaba con la introducción de multiplicadores.

En general, para accionamiento de un servomotor solo se necesita un hombre en la rueda.

No necesitaba freno contra retrocesos.

Se podía desacoplar y dejar en manual.



Servomotor Farcot-Duclos.

Se llevaba indicador de timón en puente, en máquinas y en el local del servo. La presentación en puente llegó a ser de doble aguja, una indicaba lo pedido por el puente y otra la posición de la mecha.

La maquinaria llevaba dos paros correspondientes a las posiciones extremas del timón.

Los primeros pistones de accionamiento eran de 10 pulgadas de diámetro, 12 pulgadas de carrera y trabajaban a una presión de 8 Lib.

Mecanismo del timón del *Conde de Venadito*¹¹.- Según se puede ver en láminas, el accionamiento del timón es mediante el uso de aparejos que mueven una pieza que arrastra la caña del timón. La rueda del piloto acciona, al ser movida, una polea que hace girar a dos, que mueven una pareja de poleas más en el costado; estas accionan dos similares en el local del servo que accionan a dos cuadernales de dos ojos, que mueven una deslizadera guiada que arrastra la caña .

La única multiplicación de todo el proceso está en los cuadernales que accionan la caña y en el brazo de la misma, esto supone una multiplicación baja de la fuerza aplicada en la rueda del timón. No dispone del barril que habitualmente se empleaba en las maquinarias de gobierno manuales.

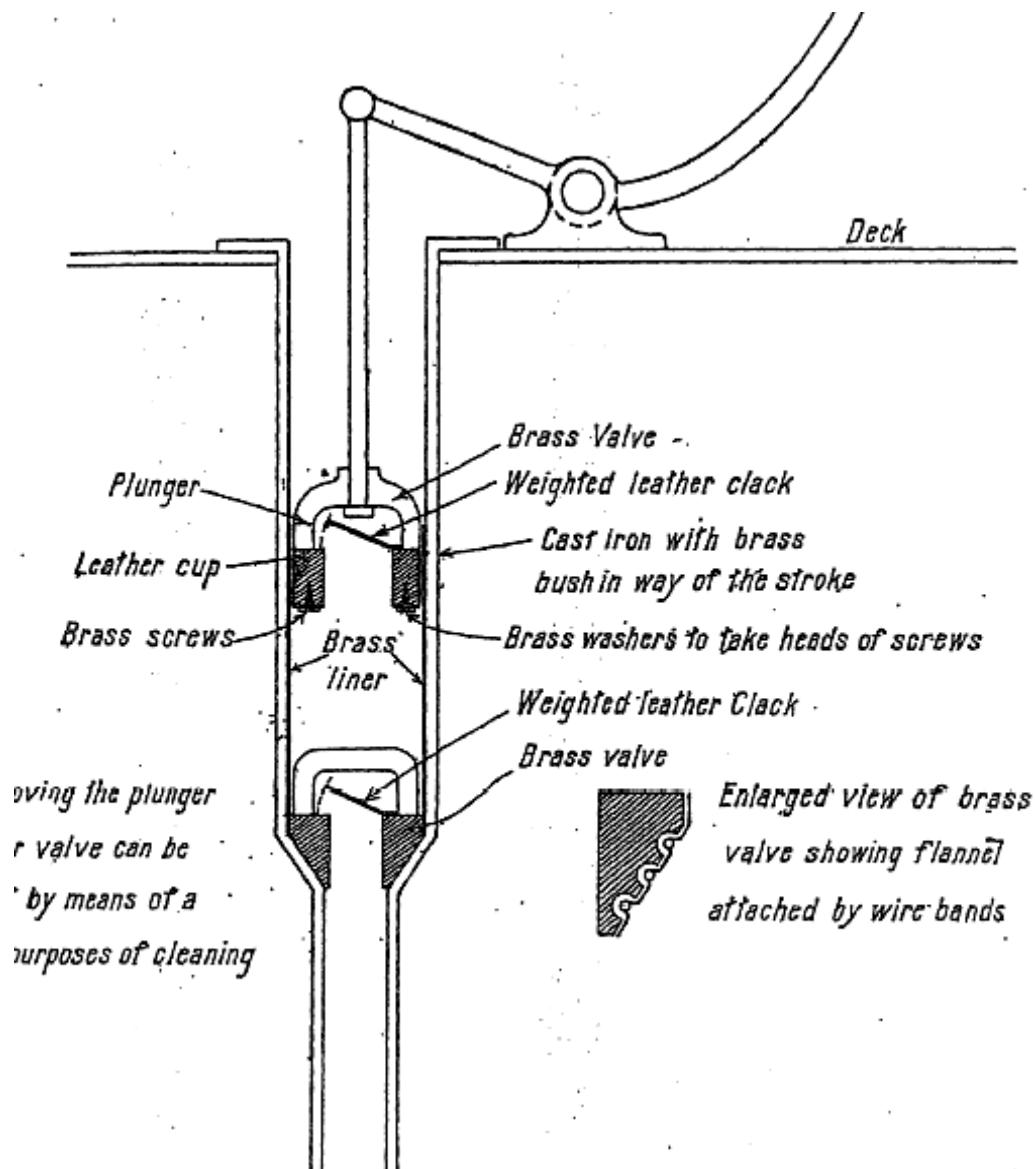
El timón sería muy duro y difícilmente alcanzaría los 15 ó 20º de giro con toda la máquina avante.

3.7.3.-SERVICIO DE LASTRE Y SENTINAS

El servicio de lastre, achique y sentinas debe dimensionarse, y así se hacia, para eliminar cantidades no muy grandes de agua que pudieran entrar a bordo del barco.

Por un orificio de un decímetro cuadrado de superficie a 5 m de calado, entran, teóricamente, unos 6 metros cúbicos por minuto de agua, 360 tons a la hora. Una perforación en costado de 500 x 500 mm de sección no es posible achicarla. Si el barco no está compartimentado, después de una colisión con una avería que tenga esas dimensiones, se perderá.

En los primeros tiempos del vapor y dado el ambiente de pérdidas y condensaciones, que había en la cámara de máquinas, se montó una bomba mecánica de sentinas arrastrada por la máquina cuya misión era mantener seca la sentina de Cámara Máquinas; estaba trabajando permanentemente y descargaba al pozo caliente o al costado, según estuviera de limpia. Ante inundaciones más importantes se podía hacer trabajar a la bomba de aire como bomba de sentinas, además de la propia bomba de sentinas citada.



Bomba manual Downton.

Cuando en el buque empezaron a haber bombas independientes de la máquina, se montaron bombas de sentinelas y contra incendios alimentadas por las calderas principales y más tarde a través de calderas autónomas. Después de una serie de pérdidas de barcos por

falta de operatividad de esas bombas independientes, por inundación de la máquina, se sacaron esos grupos independientes de caldera y bombas fuera de cámara de máquinas, como se hace en la actualidad con los grupos de emergencia.

Más tarde, utilizando condensadores de superficie, pudieron actuar como bombas de sentinelas, las siguientes:

- Bombas de circulación de los condensadores.
- Bombas de sentinelas y contra incendios.
- Bomba de aire.
- Bombas Downton manuales de achique.

El servicio de sentinelas descrito por Attwood¹², Sennett¹³ y otros es como sigue:

La instalación es para eliminar el agua de sentinelas mediante un colector; el colector no sirve para achicar el agua embarcada por una colisión.

Para achicar un compartimiento desde otro, se precisaban unas válvulas de compuerta en los mamparos, siempre visitables mediante troncos de acceso verticales. La maniobra de las válvulas llega a cubierta y están marcadas con chapas de bronce, con indicador de abierto y cerrado.

Se montaron sondas en los espacios, con dobles de chapa en cubierta.

Haciendo vacío se podría subir agua desde 34 pies, a efectos prácticos no debe pensarse en más de 24 pies.

Se montaban filtros de chapa perforada, en los pocetos de aspiración. En caso de barcos con vapor, llevan como mínimo, una bomba manual y una aspiración mecánica por Compartimiento.

En un barco de 5 compartimientos se necesitan 8 bombas manuales, más las mecánicas.

Disponen de una bomba separada para piques de proa y popa.

En cámara de máquinas van 3 aspiraciones mecánicas y una manual (pedido por el Board of Trade).

Con Doble Fondo se disponen 3 pocetos a popa de Cámara de Máquinas para aspiración, uno en Línea Centro y dos en sentinelas (pantoques).

Si no lleva el barco colector de sentinas o de achique para llevar el agua a las cisternas de la cámara de máquinas, la bomba principal y un "caballo" (donkey), aspiran a través de cajas de válvulas, de todos los compartimientos (esta forma de aspiración, posiblemente coincide con lo que hoy se conoce como aspiración directa).

Debe haber una aspiración a popa del espacio de popa. Debe disponerse una aspiración separada para el túnel del eje.

Los tanques de lastre deben tener sonda.

Las ventilaciones de tanques tendrán 5 ó 6 pulgadas (hoy están relacionadas con el diámetro de la tubería de llenado).

Los refuerzos deben tener groeras y pasos para las aspiraciones de las bombas.

Dimensiones de la tubería aspiración, en pulgadas.

Bomba manual

Tonelaje	Cuerpo bomba	Diámetro tubería
Hasta 500 t.	4	2
500 a 1000 t.	4 ½	2 ¼
1000 a 2000 t.	5	2 ½
2000 y más t.	5 ½	2 ¾

Bombas de vapor. Tamaño tubería

Tonelaje buques	Aspiraciones en Línea Centro	Aspiraciones laterales sin LC	Aspiraciones laterales y LC
Hasta 500 t.	2	2	2
500 a 1000 t.	2 ¼	2	2
1000 a 1500 t.	2 ½	2 ¼	2
1500 a 2000 t.	3	2 ¾	2 ¼
2000 a 3000 t.	3 ½	3	2 ½
3000 y más t.	3 ½	3 ½	2 ¾

Los diámetros de tubería son realmente pequeños para una aspiración mecánica, no así para las bombas patentadas Downton que se empleaban entonces. Corresponden a unas cantidades pequeñas de agua a aspirar, no se preveía achicar el agua que entrase en un compartimiento por inundación.

Se cuidaba la cámara de máquinas, en especial, ya que una entrada fuerte de agua hubiera supuesto el que los hornos se apagasen y posiblemente perder el barco.

En popa, con guayacanes en las bocinas, hay una entrada permanente de agua del mar, que se necesita achicar.

Las aspiraciones de sentinelas llevaban, y llevan, cajas de fango con filtros para proteger las bombas.

Para proteger los compartimientos de inundaciones imprevistas, las aspiraciones van dotadas de válvulas de cierre y retención (como en la actualidad).

El lastrado de barcos tuvo mucha importancia con la navegación con paletas ya que las variaciones de calados entre salida y llegada dejaban las ruedas con una inmersión muy pequeña, con la pérdida de rendimiento correspondiente. La estabilidad quedaba bastante mermada. Fue bastante frecuente la visión de barcos escorados, en esos tiempos, con una escora que se conocía como escora de indolencia, el centro de gravedad había subido más de lo que fuera de desear.

En las primeras épocas los barcos de paletas, para compensar los pesos de carbón consumidos cargaban lastre sólido en bodegas, amen de mover la posición radial de las paletas. Se llegó pronto a los tanques de lastre no estructurales y más tarde a los estructurales. Estos llenados y vaciados de lastre se atendían con la bomba de servicio, o por bombas combinadas de lastre y sentina.

3.7.4.- MOLINETE, ANCLAS Y CADENAS

Los molinetes hacia 1870 tenían el cuerpo de madera en todos los veleros y, por lo leído, en los vapores también.

El molinete o cabrestante para anclas debía llevar en servicio bastantes cientos de años. El sistema de torno empleado, se usó no solo para subir las anclas en los barcos, donde se necesitaba subir un peso de cierta envergadura se recurrió a este tipo de máquinas.

Estos redondos de madera funcionaban con un seguro, para evitar que golpeara al personal que lo accionaba, si el dispositivo llegaba a trabajar como motor. La verdad es que la uña, que fijaba la corona del molinete, se soltaba demasiadas veces y cuando esto sucedía, las consecuencias eran funestas. En 1859 al cobrar las anclas para iniciar el viaje inaugural el *Great Eastern*, falló el seguro y murieron 6 marineros. Por parte de oficiales de la Royal Navy, se hicieron no pocas invenciones, para que el mecanismo citado fuera más seguro.

Ni el Lloyd's Register en 1870 ni el Veritas en 1871 citan estos equipos como accionados a vapor, aunque no debe extrañar que ya hubiera algunos en servicio, los reconocimientos de equipos de vapor quedaban fuera de Reglamento. El principio de funcionamiento de las maquinillas de los molinetes es similar al de los chigres de carga o el servomotor del timón, por lo que estos molinetes a vapor debieron empezar a instalarse hacia 1870-1875, que es más o menos cuando comenzaron los otros.

Esta motorización del molinete se hizo aprovechando los equipos que iban anteriormente a mano.

Según Sennett¹⁴ en 1882, el molinete era atendido por un motor de dos cilindros que va conectado mediante engranes al eje metálico del molinete, era reversible.

El tiro del molinete, no debía ser mayor de 2/3 de la potencia necesaria para la prueba de la cadena, por Reglamento.

El puesto de accionamiento del molinete tenía medios de comunicación acústica o por telégrafo con la máquina (hoy con el puente).

La transmisión de potencia al vástago central se hacía con rueda catalina enchavetada y tornillo sin fin, movido por la maquinilla. También se movió, en otros casos, por rueda y piñón dentados.

El vástago de giro atravesaba la cubierta y se soportaba en un punto o un rodamiento inferior.

Al principio de instalar este sistema, el motor del molinete se empleaba también para bombear agua, se desacoplaba el piñón para esto. Al poco tiempo se suprimió la doble función.

Podían ser reversibles, por serlo los motores, o a través de un juego de embragues. Este último sistema era peligroso pues el molinete podía quedar libre, en la operación de cambiar el sentido de giro.

En los primeros tiempos, se movía mediante un eje movido por el motor del barco, con las transmisiones necesarias.

Las maquinillas siempre han dispuesto de una gran potencia, dado el peso de las cadenas. Trabajaban con vapor a baja presión empleando válvulas reductoras, si se precisaban. Las maquinillas disponían de cilindros de gran sección y poco recorrido, para este cometido se requería un gran par.

Según el Reglamento del Lloyd's, los molinetes tendrán que ser de teca o de roble de unos países determinados. En cualquier caso el vástago de hierro atravesará el cuerpo del molinete. El diámetro del vástago será de 2 ½ a 5 pulgadas dependiendo del tamaño del barco.

Anclas y cadenas estarán probadas en máquinas autorizadas, el tiro para la prueba será un 25% más de lo pedido por el Almirantazgo ó 20% menos de lo pedido por el Board of Trade, de acuerdo con las Reglas del Lloyd's de 1870.

Si se emplean estachas de cáñamo, en vez de cadena, tendrán 1/6 más de longitud que estas.

En tabla 22 del Reglamento del Lloyd's de 1870, se da el tamaño de la cadena, de acuerdo con numeral y tonelaje del barco, en la misma tabla figuran el número de anclas requeridas y su peso, amen del diámetro del escobén.

Register Veritas:

El largo del cuerpo del molinete no excederá 5 ½ veces el diámetro del cuerpo.

Para cálculo de anclas y cadenas de los vapores, se reducirá el numeral en 1/3.

Las cadenas se probarán a 12 tons por pulgada cuadrada.

Hacia 1890 aparecieron los molinetes con barbotín.

El americano Haswell explicó en el INA, en 1866, el sistema empleado en Estados Unidos para definir anclas y cadenas.

Para el cálculo del ancla empleaba la manga máxima, por un coeficiente tabulado.

El diámetro de la cadena, en 1/16 de pulgada, sería proporcional a la raíz cuadrada del peso del ancla por un coeficiente que iba de 1 a 3,2, en función de ese peso del ancla, que estudiaba en la gama de 4.000 a 8.000 libras.

3.7.5.- VENTILACION

Todos los compartimientos deben tener ventilación, natural o mecánica.

La más usual era de manguerotes.

Los manguerotes tenían brazolas de 30 pulgadas de altura y al menos de 6/20 de pulgada de espesor de chapa. El diámetro de los manguerotes dependía del volumen del espacio que sirvían. La boca era de 2 a 2 ½ veces el área del tubo.

La disposición normal era de dos manguerotes por espacio a proa y otros dos a popa. Según lo reglamentado debían ser al menos, uno y uno.

También se empleaban hongos y cuellos de cisne en habilitación.

Los espacios más necesitados de ventilación eran los de máquinas.

En los barcos con ventilación mediante manguerotes, había personal asignado para girar los manguerotes en dirección opuesta a la lluvia, o para cerrar la mariposa si la lluvia era fuerte, o para desmontar la parte alta del manguerote y montar fundas de lona en la brazola, si arreciaba más. Este mismo personal era el que, en tiempos de bonanza, los orientaba al viento, o contra el viento.

Dice Attwood¹⁵ en 1871:

La ventilación natural se emplea en entrepuentes, carboneras y pañoles de vinos y espíritus.

La mecánica se usa en los espacios de máquinas y el resto de pañoles, principalmente los de pólvora y munición.

La ventilación se hace mediante manguerotes orientados hacia la dirección del viento y los de aspiración en la contraria.

Los portillos abiertos ventilan el espacio. El pañol de vino lleva ventilación independiente.

Es muy importante una buena ventilación de las carboneras por el desprendimiento de gases explosivos, que pueden dar lugar a siniestros. Con bajas presiones y altas temperaturas la formación de gases es mayor, sobre todo si el carbón se embarcó húmedo. Los tubos de admisión y escape, en estos locales, van protegidos en sus extremos por rejillas (antillamas).

En el libro de Walton¹⁶ se lee:

La ventilación es más complicada en barcos de pasaje pero de igual importancia que en los de carga.

Todos los compartimientos de los barcos deben estar ventilados. Es un problema de sanidad, salud y confort de los pasajeros. Para maquinistas y fogoneros es vital.

La situación de las rejillas es de la máxima importancia.

Hay manguerotes, que son muy robustos y van en la cubierta intemperie.

Deben sobresalir de casetones o estructuras próximas.

Cuando ventilan más de una cubierta, las van atravesando con tubos cada vez de menor diámetro.

Para espacios tales como cocinas, armarios, oficios, pañoles y otros espacios pequeños, se emplean cuellos de cisne y hongos, además de rejillas en las puertas.

Las cámaras de máquinas y calderas se ventilan con manguerotes de buen tamaño que entran en las máquinas por la lumbrera de máquinas.

También llevará un manguerote el túnel de la línea y otro tan a popa como sea posible.

Murray¹⁷ comenta:

El suministro de aire a calderas debe ser muy grande. Por cada libra de carbón se necesitan 150 pies cúbicos de aire, que deben ser 300 para la buena combustión. El consumo de carbón es de 8 Lb. / HP hora esto equivale a 40 pies cúbicos de aire por minuto y caballo. Se necesitan escotillas y manguerotes de gran tamaño para atender a este suministro.

En Caralp¹⁸ se puede leer:

Hace años se están presurizando las cámaras de calderas para aumentar la producción de vapor de las mismas. Esto solo se puede conseguir quemando más carbón en la misma superficie de parrilla para lo que habrá que suministrar más aire.

Se está haciendo esto con ventiladores centrífugos mecánicos, que inicialmente presurizaron las cámaras a 100 mm de agua y más. Las calderas no aguantaron. Hoy se da a las cámaras una sobrepresión de unos 50 mm de agua que supone aumentar el rendimiento de las

calderas en 1/4 ó 1/3 como poco. Con esto se pasa de quemar de 90 kg. a 140 kg. de carbón por metro cuadrado de parrilla y hora.

Ventilación mecánica de espacios de pasaje. Sistema Edmond.- En conductos de exhaustación se hacen inyecciones de vapor que aceleran la salida de aire (similar al efecto Venturi) y la entrada de aire fresco, aumentando las renovaciones. Se llegó a pedir en los espacios para emigrantes.

3.8 BIBLIOGRAFIA, ANALISIS Y COMENTARIOS

Para la redacción de este capítulo se han empleado básicamente los siguientes textos de la bibliografía acopiada.

BIBLIOGRAFIA

Walton, Thomas. STEEL SHIPS. 1904 (tercera edición)

En el libro está recogido con mucha claridad los conocimientos que ha de tener un ingeniero de Astilleros, incluidos los derivados del reciente cambio del hierro por el acero (1875-1880), aunque no afectaron demasiado a los trabajos.

Sus detalles sobre los diferentes sistemas constructivos, la producción, características mecánicas de materiales, ensayos a someter al hierro y al acero, lo que debe conocerse del remachado y los cálculos de esfuerzos en estructuras es lo más útil para este capítulo.

En el libro comentado además de una magnifica información sobre la elaboración del casco, informa también de los elementos auxiliares de casco usuales.

Los detalles de los timones y pinzotes, que se encuentran en este libro son totalmente constructivos.

Attwood, E.L. Traducción Goity, J. BUQUES DE GUERRA.
ARQUITECTURA NAVAL Barcelona 1911

En este libro, escrito en 1871, se advierte sobre los trabajos en caliente a 300 °C, o sobre el resultado del punzonado, que convierten ambos al acero en quebradizo.

Hay una nota en el libro sobre que el Almirantazgo ordenaba probar un mamparo estanco cada año.

Da un muestrario de remaches y sus usos, muy claro.

Indica un procedimiento para eliminar la calamina.

Su preferencia en remachado es la junta doble a solape.

Es un libro muy válido para los propósitos del estudio.

Este libro al igual que el de Walton trata de los aspectos del casco y de todos los auxiliares del mismo.

Se trata en este texto de:

- Puertas estancas.
- Puertas de corredera, verticales y horizontales.
- Timones.
- Servos.
- Protección del hierro.
- Etc.

Thearle, Samuel. SHIPBUILDING IN IRON AND STEEL. London & Glasgow 1886

El libro de Thearle es realmente bueno y define una serie de procesos de Astillero correspondiente a diferentes departamentos del mismo. No cabe duda de que conoce bien la construcción naval.

Ha sido de mucha utilidad la información sobre la documentación que se genera para talleres y en la escueta forma que ésta pasa. No es pensable que en 1886 manejaran los 3000 planos que se confeccionan para un buque de pasaje cien años después. La explicación a esto podría estar en que en Talleres manejaran muchas normas internas y

estándares para cosas repetidas, además de tener un muy buen gremio de trazadores que les simplificarían bastante la aparente falta de información.

La información sobre pruebas de certificación de materiales es buena. Interesante la historia de los tanques de lastre.

Los problemas para la eliminación de la calamina, que cita, continúan en la actualidad.

Fernández Flórez, Ignacio. EL ASTILLERO DE FERROL. 1887

Magnífico escrito del Teniente de Navío D. Ignacio Fernández Flórez. Recoge en él algo de la triste historia del s.XIX español, y su repercusión en el eterno retraso consecuente de la construcción naval española. Cita la voluntad de ponerse al día en los arsenales y las primeras construcciones metálicas en los astilleros de Ferrol.

De enorme utilidad para el estudio la descripción y equipamiento de los talleres del nuevo astillero así como las claves del éxito que cita.

Interesante nota de que el acero se trabajaba igual que el hierro.

Sanz, Cecilio.- ASTILLERO DE UNION NAVAL DE LEVANTE 1969

No son fuentes escritas, en este caso el trabajo realizado ha consistido en buscar y fotografiar unas cuantas máquinas similares a las de la época, localizar chapas punzonadas y el herramiental que se usaba para taladrar.

Para este trabajo se ha aportado simplemente la experiencia en astilleros.

CONDE DE VENADITO MUSEO DE MADRID

Se refiere esta fuente a una serie de láminas obtenidas gracias al Museo Naval de Madrid, que han permitido conocer algunos detalles de los primeros cruceros hechos en España empleando el hierro en el casco.

TRANSACTIONS DEL INA 1860 - 1872

Estas Transactions son un compendio de comunicaciones que se llevan a cabo en los locales y con la presencia de los Ingenieros Navales Ingleses (INA), como ya se dijo.

Para este capítulo, se han aprovechado las siguientes comunicaciones:

Russell, John Scott. SISTEMA LONGITUDINAL 1862-16

Define, en esta conferencia en el INA, el sistema de reforzado longitudinal que él ha desarrollado y con el cual ha construido varios barcos.

La comunicación citada define perfectamente como es el sistema que Russell está empleando y es imprescindible para conocerlo. Este sistema es mecánicamente mejor que el transversal. Este último lleva siempre la cubierta con una tensión mucho mayor que el doble fondo.

Barnaby. HELICE DE PROA 1863-05

Asombra encontrarse con con una premonición sobre la hélice transversal de proa, en este año.

Cifra la velocidad a que deja de gobernar un barco, importante para capitanes.

La información es buena.

Airy Astrónomo Real. HELICE TRANSVERSAL DE POPA 1864-08

El sabio Airy deja sobre la mesa la hélice transversal de popa en 1864.

Cita la propulsión por chorro de agua.

Da las dimensiones de la hélice transversal de popa.

Almirante Halsted. TIMONES 1864-09

La comunicación es sobre pruebas llevadas a cabo en unos 10 buques de guerra. La marina inglesa invertía mucho en ensayos.

Los ensayos son de timón, de servos y de tamaño del timón en relación a la carena.

Los resultados muy importantes ya que definen tamaño de timón, máxima eficiencia y necesidad ineludible de servo asistiendo, para los barcos de la Royal Navy.

Napier. TIMONES 1864-10

Informa de unos ensayos en buque *Messina* y de unos ensayos en canal para comprobar la potencia necesaria para mover el timón.

Interesan los resultados obtenidos en canal y su comprobación en un buque.

Henry Lumley. TIMONES ARTICULADOS 1864-13

Se presenta una serie de opciones de timones articulados parecidos a los que hoy se emplean.

Da una serie de resultados obtenidos montando estos modelos e incide en las ventajas de su empleo.

Lo que contiene la conferencia es muy útil y real. Navegando con estos timones se tiene la sensación de girar sobre el propio barco y con una escora mínima.

Haswell USA. ANCLAS Y CADENAS 1866-23

La comunicación es una propuesta para simplificar y suplir una tabla de las Sociedades de Clasificación.

Cap Inglefield. SERVOMOTOR HIDRAULICO 1869-07

Su comunicación es acerca de un servo hidráulico con un ingenioso sistema de presurización que se aproxima un paso más a los actuales servomotores.

Este servo accionaba directamente la caña del timón.

John Mac Farlane Gray. TRANSMISIONES TIMON 1869-08

Entre otras cosas describe la transmisión de la rueda del timón al servo.

Se informa en la comunicación acerca de los indicadores de timón incluidos los dobles de rueda / mecha, que sitúa en el puente.

El tema de la transmisión supuso una mejora real, en cuanto que ayudó en los cambios en la disposición de los barcos, al permitir desplazar la rueda del timón a proa.

ANALISIS Y COMENTARIOS

Del apartado de Materiales que abre el capítulo llama la atención que se esté hablando en 1880 de un acero con una carga de rotura muy similar al acero clase A, que hoy se utiliza para construir cascos soldados. Los escasos fallos que este acero tuvo a partir de ese tiempo, como el famoso fisuramiento de los agujeros de algún remache del *Titanic*, deben ser atribuidos a tener un alargamiento bajo para ese tipo de solicitudes.

En ensayos y pruebas de trabajo de conformado real, hasta rotura, realizados personalmente con diferentes aceros, se comprobó que éstos dejan de plantear problemas, para las solicitudes más duras, a partir de un 30-32 % de alargamiento, casi el doble de lo que entonces se pedía.

Como material base para una chapa de acero o una cuaderna, las características solicitadas para el acero de entonces, parecen correctas.

En relación con la cita de que el hierro, con un 100% de pureza, sea inaprovechable, se explica el inesperado resultado de las primeras armas de hierro de la Historia.

Del apartado de los planos para taller, lo que explica Knowles para los barcos de vela, parece que la información dada se centraba mucho en las cosas más importantes, como la manga máxima, su posición y las condiciones de estabilidad. Los calafates necesitaban poco más que las dimensiones para construir un barco.

Los planos para hierro son algo más numerosos y van complementados con instrucciones como las que Thearle cita.

Las informaciones de entonces no son en nada comparables a las montañas de planos que hoy se generan.

Un barco de pasaje mediano actual puede estar formado por unos 150 bloques. De cada pieza y bloque hay que dar información de:

- Material a emplear del parque.
- Láminas o CD de corte por chapa.
- Instrucciones para curvado.
- Instrucciones de control dimensional.
- Instrucciones para forjado.
- Identificación de la pieza.
- Planos para armado en mesas
- Planos de soldadura y secuencias.
- Etc.

Cada bloque tiene de 200 a 500 piezas.

El número de planos puede ser de 1500 a 2000, solo del Departamento de Aceros, sin contabilizar los de las piezas estandard.

Faltan otros tantos de Armamento, cuyos esquemas individuales, con todos los detalles, de los 55.000 tubos que lleva, no se contabilizan como planos.

En el apartado siguiente de construcción hay unos datos de pendiente de gradas entre 5% y 10%. Parece más apropiado el del 8 al 10%, teniendo en cuenta el bajo peso de los barcos de entonces y las grasas empleadas en botaduras.

El andamio que se cita es adecuado para ir montando el barco pieza a pieza.

El remachado es un trabajo de artesanía, que se acabó convirtiéndolo en un proceso industrial bastante rápido; las fechas de quilla y botadura conocidas no se desvían mucho de las que se dan hoy. Ferrol construyó 7 barcos en 8 años.

El sistema de construcción longitudinal puro parece algo más complicado de fabricación que el transversal, aunque mecánicamente más fuerte.

De la protección del hierro cabe comentar la curiosidad de ver cómo se emplearon los pigmentos adecuados y cómo fueron abandonados. El óxido de hierro como pintura de interiores se ha empleado en el s.XX para pintar millones y millones de metros cuadrados de barcos; el óxido de cobre, como antifouling ha sido casi pintura única, con las de estaño, para ese cometido, hasta que fueron prohibidas. Estas dos pinturas, al menos, se empezaron a probar y se abandonaron. Está claro que no empleaban ligantes adecuados.

La pintura a base de cal muerta para pintar los tanques de agua, encalichado, aún se ha tenido ocasión de conocer.

De los Astilleros comentar que el libro de D. Ignacio es muy bueno y que el nivel de detalle es muy completo. El listado de maquinaria es, como queda dicho, el que debieron emplear los astilleros ingleses o franceses hacia 1850.

De los auxiliares de casco sorprende la cantidad de estudios y ensayos que se realizaron buscando un sistema de gobierno adecuado. Acabó llegando, pero solo con los servomotores.

Al igual que en otros temas problemáticos de los barcos, el mayor gasto de los ensayos corrió por cuenta del Almirantazgo inglés.

El sistema de sentinelas era bastante parecido al actual.

La ventilación, inicialmente con manguerotes, se complicó con la presurización de la máquina y con la dedicación de grandes espacios

como dormitorios de emigrantes. El sistema similar al Venturi de vacío empleado (Edmond) en bodegas de emigrantes y la ventilación mecánica, se usó también para forzar el tiro de la caldera.

Resumiendo, que excepción hecha de la cita de Knowles sobre los planos en la época de la madera, como antecedente de lo tratado y la reseña al astillero de Unión Naval, posterior al periodo estudiado, traído a este estudio como muestra de continuidad de maquinaria para trabajar los cascos, el resto de información es de la época a estudiar y corresponde a lo que se quería investigar sobre el casco de buques de hierro y acero de mediados del s.XIX. Los libros de Thearle, Walton, Attwood y las comunicaciones del INA, cubren las necesidades de información para este Capítulo, en su mayor parte.

CAPITULO 4º

LA PROPULSION DE LOS NUEVOS BARCOS

4.1 Final de la Propulsión a Vela

4.2 Calderas

4.3 Máquinas

4.4 Auxiliares de máquinas

4.5 Bibliografía, Análisis y Comentarios

OBJETO

Las investigaciones realizadas en este capítulo van encaminadas al conocimiento del equipo propulsor montado en los buques de mediados del s.XIX. Se tratan bastantes máquinas y calderas ya que, en 50 años, utilizaron 3 tipos de calderas y emplearon 6 ú 8 modelos de máquinas diferentes. Es innegable que la idea de mejora estuvo siempre presente en los magníficos fabricantes de maquinaria, que pasaron de la nada, a plantas de gran potencia y perfección en muy pocos años.

ALCANCE

Siguiendo el programa inicialmente trazado para este Capítulo serán tratados los generadores de vapor, las diferentes máquinas que se montaron, así como los auxiliares de la maquinaria empleados.

Se verán consideraciones sobre la combustión del carbón y los diferentes tipos empleados. Se tratará sobre presurización de cámaras y otros sistemas para aumentar el rendimiento de las máquinas.

El tratamiento de la vela es simbólico, en total sintonía con lo que se escribía por los estudiosos de barcos en aquellos años.

4.1 LA PROPULSION A VELA¹.

En este estudio no se investiga la propulsión a vela; no obstante en los primeros tiempos del vapor, vela y vapor fueron juntos en los barcos;

inicialmente el vapor como auxiliar de la vela y al poco tiempo la vela como auxiliar del vapor.

En 1850 la flota inglesa a vela, era de 3,5 millones de toneladas, y algo menos de 200.000 tons de barcos a vapor, 50 años después la vela había casi desaparecido. A partir de 1870 el matrimonio vela vapor se quedó en una convivencia, cada vez más teórica, hasta llegar a la propulsión a vapor casi exclusiva, a final de siglo.

Durante el periodo de doble propulsión se aplicaron aún viejas fórmulas para la cuantía de la vela a montar en barcos, suavizadas por la confianza que el vapor fue inspirando; también se buscaron soluciones para no llevar 2 ó 3 tripulaciones en los barcos: para la vela, para la máquina y para la fonda en los pasajes.

Se adjuntan algunos datos, a efectos de curiosidad, más que nada.

La superficie vélida se calculaba en función de las toneladas de desplazamiento y del número de pies cuadrados del área de la sección maestra sumergida. Los coeficientes empleados en mercantes eran:

Sup de vela = desplazamiento x 9,13.

Sup de vela = Area de la maestra sumergida x 35,1.

Los coeficientes dados son medias de 9 barcos.

Los valores citados más arriba corresponden a barcos propulsados únicamente a vela; el comienzo del vapor trajo consigo una notable disminución de las velas que se montaban, así el *Retribution* de 1843, con un pequeño motor de 400 HP, llevó 17.192 pies cuadrados de vela en vez de los 23.000 que hubiera llevado como velero.

En general los barcos a vapor previstos para funcionamiento continuo de la máquina, construidos a partir de 1845 / 1850, empezaron llevabando la mitad de la vela que habrían llevado como veleros puros; en 1900 la vela había desaparecido de los barcos con propulsión mecánica.

Relaciones de dos veleros y dos vapores:

	<i>Raleigh</i>	<i>Geat Western</i>	<i>Great Britain</i>	<i>Vanguard</i>
Eslora	181,5	209,0	285,0	188,0
Máx. Manga en flotación	49,5	35,33	49,0	56,0
Calado	21,2	16,66	18,0	22,9
Desplazamiento en ton	2573	2305	3675	3403
Relac. Eslora / manga	3,66	5,91	5,81	3,36
Area de la maestra	661	476	672	823
Superficie vélida	24.554	10.985	18.205	28.027
Relac. Vela / despl.	9,54	4,76	4,95	8,25
Relac. Vela / área maest.	37,15	23,08	27,109	34,11
		Vapor 1838	Vapor 1843	

En una de las conferencias que se dieron en el INA en 1862, el almirante Cunninghan decía:

Debe montarse la mínima maniobra para el manejo de la vela.

Se estudiará una disposición de palos que permita una fácil maniobra de las vergas.

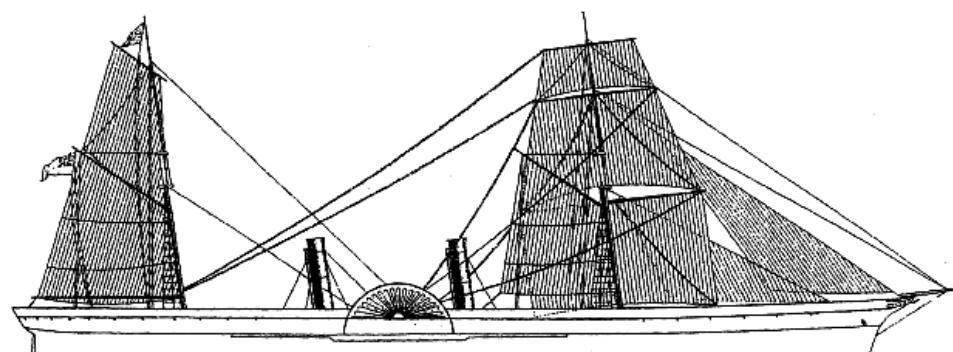
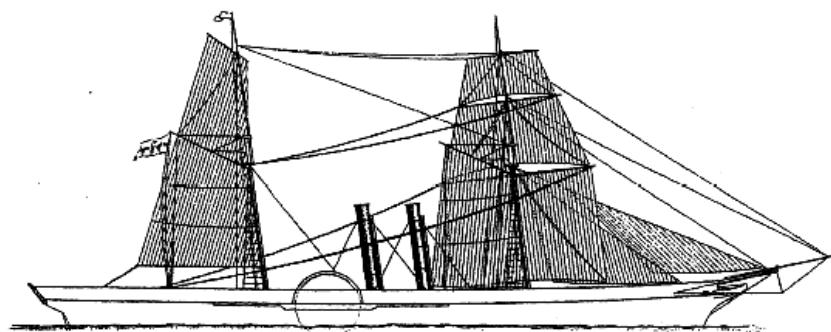
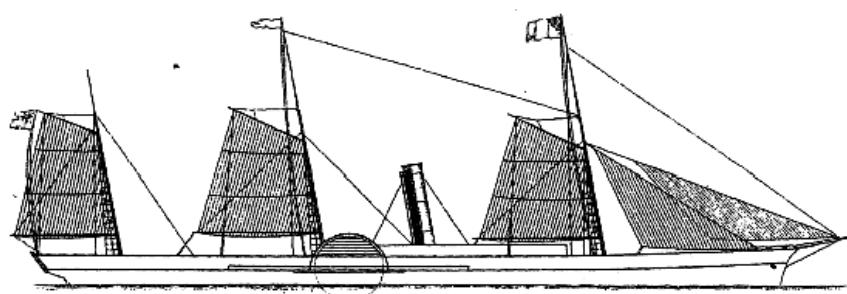
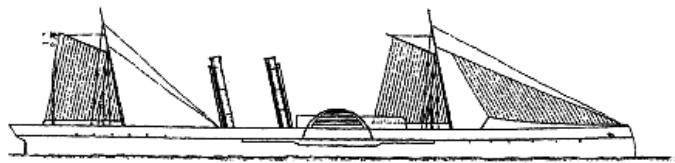
Se debe pensar en las posibles causas de roturas de palos y disponerlos para no tener que llevar palos de respeto.

Se montarán dispositivos para poder izar y arriar las velas desde cubierta, sin subir a los palos, así no se expondrá a los marineros.

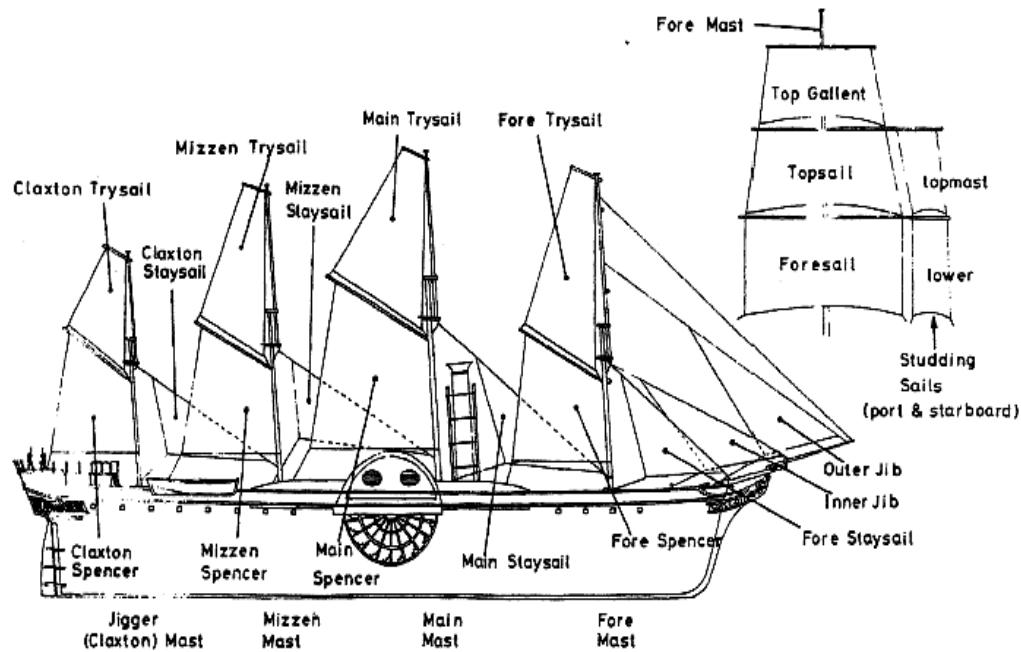
Lo más importante es simplificar la arboladura.

Fue muy frecuente el empleo de maquinillas de vapor para manejo de las velas desde cubierta, lo cual redujo mucho el personal y el riesgo.

En los vapores en los que se usa la vela, se lleva la máquina acompañando. Se pueden alcanzar buenas velocidades y ahorrar bastante carbón. A veces se llega a parar la máquina y desconectar las ruedas que giran libremente o sacar la hélice del agua en casos de hélice. La Cunard no desaprovechaba nunca una buena corriente de aire.



Tipos de aparejos en vapores.



Nomenclatura de velas en inglés.

4.2 CALDERAS

4.2.1.- CALDERAS.

Robert Murray² 1869.

Calderas rectangulares o de conductos.

En estas calderas, también conocidas como de flujo, las llamas y humos del hogar son conducidos por estrechos conductos, rodeados por el agua de la caldera, hasta que pierden el calor. La forma de los conductos es tan estrecha como para permitir a un niño entrar a limpiar (sería agradable suponer que es una figura literaria).

No se aumentan las secciones de paso para que no baje la velocidad de los gases y se produzcan depósitos de hollín y humo, con lo que se iniciaría la corrosión de las chapas.

La disposición de la superficie de calentamiento es tal, que el vapor una vez formado sube a la superficie sin impedimentos.

Las superficies de calentamiento debe buscarse que sean horizontales. Las verticales no son buenas por llenarse con pequeñas burbujas que impiden la formación de vapor.

Se ha comprobado la ineficiencia de las superficies de fondo, bajo hornos, la vaporización que se produce en esta zona es mínima. Para eliminar estas superficies se han puesto fondos de refractario, aunque se han tenido problemas por las diferencias de dilatación con el hierro. Estas calderas son mucho más grandes y pesadas que las tubulares. Hoy apenas se emplean (1869).

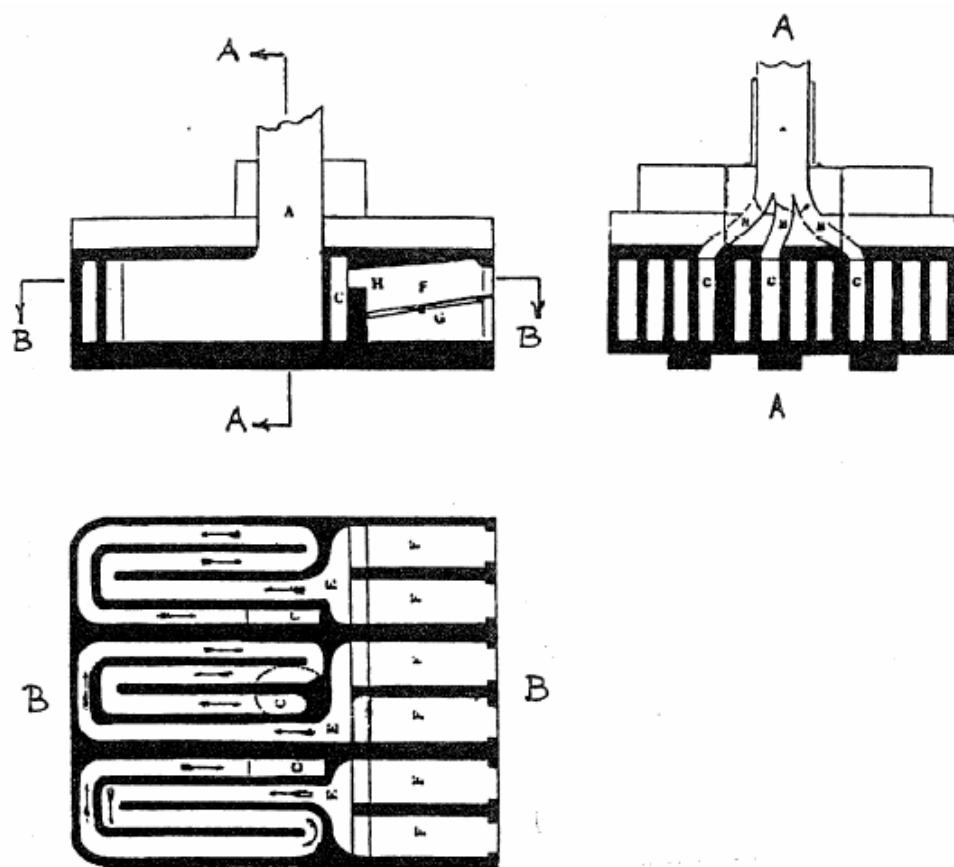
Con independencia del tipo de caldera, si el espacio para almacenamiento de vapor es pequeño, cada vez que se llene un cilindro bajara la presión, dando lugar a permanentes fluctuaciones de la misma.

Calderas tubulares.

En estas las llamas y los gases pasan a través de tubos de 3 pulgadas o más, de hierro o bronce rodeados por agua. Estas calderas son de una vaporización muy rápida.

Al haber mejorado la fabricación de tubos de hierro, se emplean estos únicamente. Limpieza y coste van a su favor.

Hubo problemas serios con la corrosión de los tubos de hierro de una forma rápida; en principio se atribuyó a la presencia de los enfriadores de superficie, que empleaban tubos de cobre o a los ácidos grasos originados por el sebo.

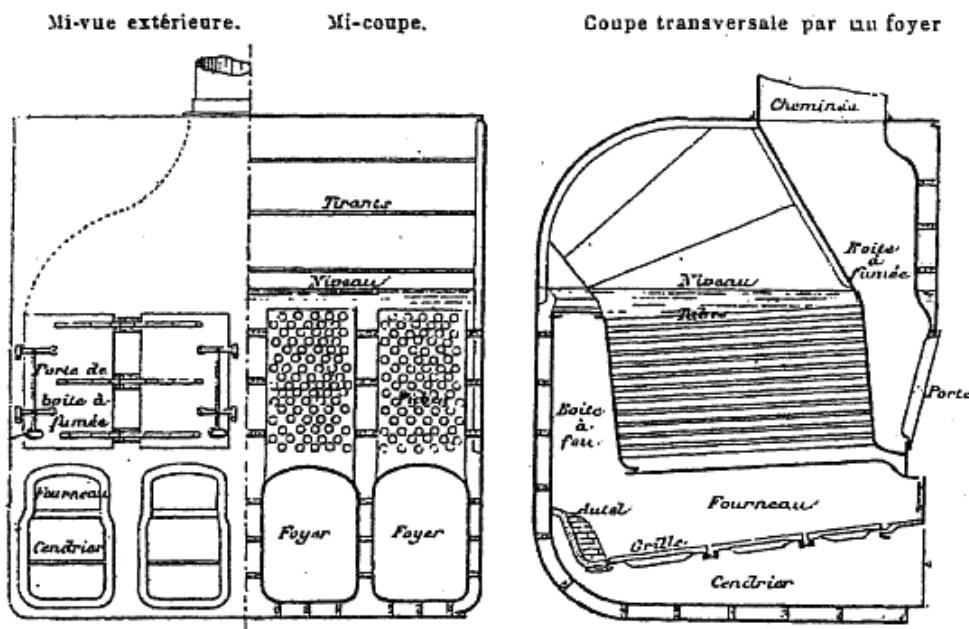


Esquema de caldera de flujo.

Los tubos de bronce resisten peor las cenizas y hollines.

A pesar de las 3 pulgadas de diámetro, con tubos de humo, la llama no pasa por el tubo y la eficiencia cae. De un tramo de tubo próximo al fuego, a los siguientes tramos, la producción de vapor es:

1er tramo	46 onzas evaporadas
2º	47
3º	30
4º	22
5º	18
6º	17



Caldera tubular.

Nota.-

En relación con la corrosión de los tubos de calderas circulares, se cree que lo sucedido pudo ser lo siguiente:

Es un poco extraño que una tubería de cobre de un enfriador, del que aspiraba la bomba de aire y vertía en el pozo caliente, del que a su vez aspiraba la bomba de alimentación, que descargaba en la caldera, pudiera producir un par galvánico con la tubería montada. Se ignora

también que pudo hacer a los posibles ácidos grasos del sebo, ser tan selectivos a la hora de corroer preferiblemente los tubos.

Ni se ve claro el origen, ni se ve clara la causa.

Resulta desconocida la cualidad dieléctrica o aislante, que buscaron los constructores y usuarios de calderas, dejando que se formara un fino depósito de sal sobre el hierro, cuando al empezar a usar agua dulce en las mismas, comprobaron unas fuertes corrosiones en la tubería de las calderas. Bien es verdad que también aditivaron sosa al agua, en previsión de que las corrosiones se debieran a ácidos grasos. Se tuvo hace años una experiencia, que tiene una cierta similitud con lo citado, por lo que se aventura una posible causa, al no haber sido comentada, por los que vivieron el tema en primera persona.

Parece evidente que, si estas corrosiones desaparecieron o se minimizaron al introducir pastillas de zinc en las calderas, se trataba de un fenómeno de corrosión galvánica.

En la experiencia conocida de que se hablaba, el par galvánico se originó entre materiales prácticamente iguales, con una diferencia muy pequeña en la composición. Puede que aquí el caso sea el mismo.

En su momento se citó que el hierro se obtenía en tres calidades, siendo la mejor, la que se utilizaba para chapas de calderas. Se dijo igualmente que los elementos de aleación del arrabio se eliminaban en el horno de pudelado. Si las chapas de calderas se pudelaban tres veces, lo normal es que su contenido en elementos de aleación e incluso en carbono, fueran menor que en los tubos, que solo habían sufrido un pudelado.

Si esta pequeña diferencia de composición, potenciada por la alta temperatura, fue suficiente para hacer a los tubos algo más electropositivos que las chapas de calderas, la pila la habrían formado entre las chapas de hierro y los tubos de hierro de la propia caldera, que acabarían corroídos. Al introducir en la caldera un elemento, el zinc, mucho más electropositivo, la pila habría pasado a formarse entre el zinc y las chapas, y habría sido el zinc el material sacrificado.

No pretende ser más que una teoría.

Calderas de láminas.

Formadas por conductos de sección rectangular en vez de tubos.

Las mejores eran las de Lamb & Summer de Southampton, son las que montaban todos los barcos de la P&O.

Eran más fáciles de limpiar y no tenían demasiados problemas en las juntas.

El rendimiento es parecido a las tubulares. Después de 6 años parecían nuevas.

Componentes.

Hornos.

Deben ser suficientemente hondos para permitir un amplio cenicero bajo las puertas altas.

La parrilla va montada a 30 pulgadas sobre el piso del horno con una tirada bajando, de 2 pulgadas por pie hacia el fondo.

Parrillas.

Se usan normalmente de fundición, las de hierro forjado se deforman. Se hacen piezas de 2 ½ a 3 pies. Con dos cubren el horno de 6 ½ a 7 pies de ancho.

Las barras son de 3/4 a 7/8 de pulgada de espesor y de 3 a 4 pulgadas de profundidad, como máximo.

Según el carbón que se emplee varía la distancia entre barras; por ejemplo, se emplea una separación de 3/8 a 7/16 de pulgada para carbón de Gales. La anchura entre barras puede modificarse. Los trozos de carbón se intenta que no se pierdan. No debe haber espacio entre la parrilla y los laterales.

Impacto directo llama.

A las placas de tubos no puede llegar la llama directa.

Si la circulación del agua no es perfecta podría calentar las placas de tubos en seco.

Cámara de fuego.

Es la trasera del horno y enlaza la parte baja con el resto de la caldera. Puede estar construida de obra.

Espacios de agua.

Sobre los hornos el espesor de la capa de agua debe ser de 14 ó 15 pulgadas.

Sobre los tubos debe haber 10 ó 12 pulgadas de agua.

Entre tubos debe haber una distancia de 1 pulgada y dispuestos uno sobre otro para favorecer el escape de vapor.

La duración de una chapa de caldera depende de su accesibilidad para ser limpiada.

Requisitos de la superficie de calefacción.

Se necesitan 12 pies cuadrados por caballo, de superficie de calefacción efectiva. Con menos superficie se está tirando el calor por la chimenea por falta de tiempo para absorberlo.

La superficie efectiva de cálculo se obtiene descontando los fondos de las cajas de fuego y un cuarto de la superficie de los tubos.

Se necesitan al menos 80 pulgadas cuadradas de parrilla por caballo, mejor 100, si es posible.

La temperatura del aire en el fondo de la chimenea varía con el tiro y la suciedad, no sirve para ver la eficiencia de la superficie de calentamiento. Varía entre 400° y 700°F.

Area de conductos y tubos.

El área de conductos, o de tubos (sección transversal), es igual a 1/6 de la superficie de parrilla.

La sección de conductos disminuye gradualmente de los hornos a la zona de chimenea en un cuarto.

Un horno amplio mejora manejo, combustión y rendimiento.

Suministro de aire.

El ácido carbónico se produce por la combustión del carbón que necesita de 8 a 10 partes de oxígeno para una buena combustión.

Por libra de carbón se necesitan 150 pies cúbicos de aire, en la práctica, para una buena combustión se requieren 300 pies cúbicos.

Si se consumen 8 libras de carbón por caballo hora, un motor de 100 HP necesita 240.000 pies cúbicos de aire por hora ó 4.000 pies cúbicos por minuto. Datos ya citados.

Hay que facilitar esta entrada de aire por escotillas, manguerotes o por otros sitios.

Combustión del carbón.

Sennett nos da los siguientes datos sobre necesidades de aire, similares a los citados:

En la combustión del carbón primero se producen gases (CH_4 y C_2H_4) combustibles y luego se quema la parte sólida.

Una tonelada de carbón produce 10.000 pies cúbicos de gases que necesitan 100.000 pies cúbicos de aire para arder. Para garantizar la combustión 200.000.

Para quemar el residuo sólido se necesitan 240.000 pies cúbicos de aire por tonelada de carbón, 480.000 para garantizar una combustión perfecta. Sumando se necesitan, 200.000 de los gases más 480.000 del carbón, un total de 680.000 pies cúbicos de aire por tonelada de carbón.

Para aumentar la cantidad de aire disponible se puede forzar el tiro mediante un chorro de vapor en la base de la chimenea (Venturi), esto aumenta la potencia un 20% pero acaba dañando a la caldera.

Soplar bajo el horno directamente, poner un chorro de aire o vapor en la base de la chimenea o poner ventiladores de extracción en la chimenea no ha dado resultado. Se ha comprobado que cerrar la cámara de calderas y presurizarla es lo más conveniente, para esto se emplean ventiladores y sellos de aire en las puertas.

En pruebas llevadas a cabo en el *Satellite*, *Conqueror* y *Rodney* se obtuvieron incrementos de potencia del 70% en IHP por pie cuadrado de parrilla con una sobrepresión de 2 pulgadas de agua.

Pérdidas de calor por combustión de gases.

El calor generado por los componentes volátiles al arder, no es mucho más que el empleado en volatilizarlos y en calentar el aire para la combustión.

Óxido de carbono.

El paso del aire a través del carbón da lugar a la formación de CO, este gas en presencia de más aire arde. Es mejor evitar su formación mediante gran tamaño de parrilla, poco fuego u horno amplio.

Resumen:

La caldera ha de tener suficiente superficie de calefacción.

La parrilla ha de ser amplia para que pueda consumir el carbón con fuego bajo y abierto.

El tiro no debe estar interrumpido.

El horno ha de ser amplio con barras que permitan el paso de aire.

Corrosión.

Se debe intentar evitar la presencia de metales que formen pares galvánicos en las calderas, por ejemplo bronce y hierro.

Para evitar la corrosión galvánica producida con los tubos de cobre del condensador, hay que pintar los tubos y superficies con esmalte, pintar las superficies frías con cemento y poner pastillas de zinc.

Para evitar el efecto corrosivo del sebo de engrase, que forma ácidos grasos, se debe poner sosa cáustica o cal. Se debe engrasar con aceites minerales.

La presencia de sal en el agua da lugar a chapas corroídas, aunque no todas se vean afectadas.

Lo más peligroso es el “pitting”, es posible que se deba a escoria ocluida en el material.

Causas de la corrosión:

Mala calidad de material.

Calderas mucho tiempo inactivas.
Producto de trabajo normal durante largo tiempo.
Debido a los condensadores de superficie.
Originado por uso del sebo para engrasar.
Mal uso en general.

Clases de hierro.-

Para la construcción de calderas se emplearon hierros de buena calidad, destacan los hierros obtenidos en dos regiones en Gran Bretaña que gozan de merecida fama.

Staffordshire plates, usado por el Almirantazgo para sus calderas en su calidad mejor, mejor, mejor (debe ser calidad 3 de pudelado).

Yorkshire plates, se usan en calderas. Muy caras, el mineral y el carbón, son de lo mejor en esta zona.

Almacenar calderas.

Para almacenar calderas se debe pintar el interior y mantenerlas cerradas y secas. Si se trata de calderas en uso que han de permanecer apagadas por cierto tiempo, llenar de agua con algo de cal o carbonato de sosa.

Calderas de cobre.

Duran más que las de hierro.
Son cinco veces más caras que las de hierro.
Mecánicamente el cobre es peor que el hierro, su resistencia es 3/5 de la resistencia que el hierro tiene en frío, y menos de la mitad a 500°F.
La corrosión menor del cobre, mantiene sus propiedades durante más tiempo.
Una caldera en hierro que aguanta 20 libras, a los tres o cuatro años ya no puede trabajar con esa presión.
La conductividad del cobre es 2,4 a 1 con relación al hierro, por lo que necesita menos superficie de calefacción.

Las de cobre tienen un valor en desguace.

Estays.

Varillas de 1 a 1 1/2 pulgadas de diámetro distanciadas de 16 a 18 pulgadas, uniendo placas tubulares y chapas de la cámara de vapor.

Las de conductos no precisan muchos estays.

En las cabezas puede producirse corrosiones si se refuerzan chapas delgadas muy distanciadas.

4.2.1.1.-MANEJO DEL AGUA Y DEL VAPOR.

Robert Murray.

Suministro de agua a calderas.

El mantener el nivel es fundamental. La perdida de nivel lleva a planchas al rojo y a una previsible explosión.

El agua responde rápidamente al contacto con el hierro al rojo y se descompone en O e H, su combustión produce la explosión.

En estos casos se debe bajar el fuego rápidamente y añadir agua poco a poco.

Nivel alto.

El agua puede entrar en el colector de vapor. El agua puede llenar parcialmente la cámara de vapor, que empezará a subir la presión a un punto peligroso, más si la cámara es pequeña.

Soplado de calderas.

Para eliminar salmuera e impurezas.

La cantidad a purgar variará entre 1/4 y 1/2 del agua de la caldera; el purgado es necesario para evitar que la sal se precipite, si el condensador es de proyección de agua de mar.

Sal en agua salada

El agua del mar lleva de 32 a 38 partes por 1000 en peso. En el Mar Rojo tiene 43 partes por 1000, en el Mar Negro 21, en el Báltico 6.6.

Soplado.

Se pueden emplear bombas de salmuera o disparar a mano, con las calderas presurizadas no son necesarias las bombas.

Se emplean válvulas de macho, y se extrae de acuerdo con los resultados de la salinidad tomados con salinómetro.

La extracción de superficie elimina las partículas sólidas que hay flotando. Hay una bandeja a 6-8 pulgadas de la superficie llamada bandeja de cascarilla, en la que se depositan pequeñas partículas arrastradas por el vapor.

Evitar el soplado.

Se ha intentado, con disolventes, eliminar las impurezas del agua. Los efectos sobre las chapas han sido muy perniciosos.

Aunque se ha conseguido que las impurezas aglutinadas se depositen en el fondo, los depósitos hacen que se requiera más calor para la vaporización.

Por el peligro de uso de disolventes no se emplea este método y se soplan las calderas regularmente.

Disminución de la cantidad soplada.

Cuando se requiere toda la producción de vapor o se lleva el barco a medio régimen no se debe purgar a fondo pues nos quedaríamos sin máquina.

En caso de que el macho de soplado este agarrotado, se debe mandar la salmuera a sentina, se puede emplear la tubería de llenado e incluso se puede quitar un remache de fondo de caldera.

Explosiones de calderas de vapor.

Pueden ser por varios motivos.

Por fallo de válvulas de seguridad.

Por fallo de alimentación, planchas al rojo e insuficiencia de seguridades. El vapor y chapas al rojo formarán hidrógeno, altamente combustible.

Se asocian a apertura o cierre de seguridades y a la rotura del equilibrio de la presión de vapor.

Puede ser un incremento rápido de presión al vaporizarse el agua del vapor en contacto con chapas al rojo.

En cuanto se vea que los conductos están sobrecalentados, no se deben abrir las válvulas de seguridad, deben abrirse las portillas de los hornos, cerrar los dampers, y comprobar los fuegos. Después se debe abrir un poco la válvula de seguridad y alimentar poco a poco hasta conseguir nivel.

Vigilar que el agua no pase de una caldera a otra si están comunicadas.

En el techo del horno se producen calentamientos más frecuentemente, la temperatura puede llegar a 350°F en puntos y producir vaporizaciones súbitas. Debe haber por lo menos 10 pulgadas de agua sobre techo de horno y zonas similares.

En Francia se requieren tapones fusibles, para evitar explosiones. La mezcla con impurezas durante mucho tiempo, puede hacer que no disparen.

Montar una segunda válvula de seguridad puede ser mejor solución.

Explosión en Buque Paraná.

Se encontró la caldera debilitada y mal reforzada por estays.

Explotó cuando se cerró una válvula de comunicación a otra caldera a la que se estaba aliviando gran cantidad de vapor.

El resto de las calderas estaban en marcha para probar seguridades.

Vapor recalentado.

Se obtiene calentando el vapor después de su generación.

Tiene más temperatura y volumen de los que corresponde a su presión, que se mantiene.

Se recalienta al pie de la chimenea, con los gases de combustión.

Al no tener agua en suspensión trabaja como un vapor elástico.
No pierde volumen o presión antes de llegar a los cilindros.
La cantidad de vapor en un mismo volumen es menor, por lo que se precisa menos agua.
La gran cantidad de calor asociada del recalentado hace que no se produzca la condensación dentro del ciclo de trabajo.
Para ayudar a la ausencia de condensaciones se forran o encamisan los cilindros con vapor.
Las temperaturas de recalentamiento pueden ser de 320 a 350°F. Más temperatura podría dañar los empaquetados.
El ahorro, recalentando el vapor, puede ser del 10 al 15%.

Para aumentar la duración de la calderas.

Que sea accesible todo su interior.
Tapas bien colocadas y de buen tamaño.
Que tenga estays espaciados para permitir el paso.
El fondo de caldera debe estar separado de doble fondo, evitando contacto con agua de sentinas.
Evitar excesos de espesores, conducen mal el calor y provoca deformaciones desiguales.
Las chapas del horno, si tienen de 3/8 a 7/16 de pulgada, es suficiente. Con presiones altas deben ser de mayor espesor, pero tienen bastante deterioro por mala conducción de calor.
El barrillo que se forma se debe quitar cada viaje.
Proteger con aceite quemado el interior accesible, estays y cajas de vapor.
Usar grandes pastillas de zinc en el interior, para evitar corrosiones.
Los barcos del Canal que están constantemente arrancando y parando, deterioran mucho las calderas. Suele fallar la cámara de vapor. La cascarilla protectora (sal) al enfriarse las chapas se suelta y continua el proceso de oxidación.

Reforzado de calderas.

En el texto de Murray, pág. 107, figuran los siguientes datos:

Cargas de rotura:

Estays en barra	55.000 psi.
Chapas	50.000 psi.
Juntas remachadas en doble	38.000 psi.
Id sencillo	30.000 psi.

La presión a resistir por la caldera depende de los estays.
Como regla de cálculo se estima que un estay no resiste más de 5000 psi. ó 1/11 de la carga de rotura.

Calderas cilíndricas.

$$P = T \times 11.000 / D \quad \text{chapas con doble remachado.}$$

P máxima presión de trabajo en libras.
T espesor de chapa en décimos de pulgada.
D diámetro en pulgadas.

$$P = T \times 8.400 / D \quad \text{remachado simple.}$$

Se llega así a 1/7 de la carga de rotura del material remachado.

Para cajas de fuego de forma cilíndrica la presión de colapso es:

$$P = 806.000 \times T^2 / L \times D$$

La fórmula es para doble remachado.
P presión de colapso.
T espesor de chapa en décimos de pulgada.
L, D largo y diámetro de la caja de fuego.

La presión de trabajo no será superior a 1/7 de la de colapso.

Para mejorar durabilidad y seguridad el Board of Trade exige una inspección total de calderas cada seis meses a los barcos de pasaje.
Los resultados son muy buenos.
Una explosión con 70 ú 80 libras de presión puede ser muy desplorable.

4.2.1.2.- SELECCIÓN Y CONSUMO DE CARBON.

Existe un informe parlamentario sobre carbón usado por la Royal Navy de 1848-1849.

El consumo depende de la construcción de la caldera.

Con gran superficie de calentamiento y combustión lenta se puede llegar a 10 u 11 libras de agua evaporadas por libra de carbón. En calderas tubulares normales no se pasa de 8-8 ½ libras de agua por libra de carbón.

El más alto rendimiento teórico alcanzable son 14 libras de agua.

Varía según calidades del carbón.

Carbón	Libras de agua x 1 libra de carbón
Mejor Gales	9,5
Antracita	9,01
Mejor Newcastle pequeño	8,52
Newcastle pequeño	8,07
Gales normal	8,04
Newcastle normal grande	7,66
Derbyshire	6,77
Blyth Main	6,60
Staffordshire	5,60

Corrosiones en carboneras.

La corrosión es muy rápida en presencia de humedad y más con agua del mar.

Los costados van forrados con chapa de hierro o madera.

Los vapores de carbón con humedad producen ácido sulfúrico.

El óxido de nitrógeno y otros gases del carbón hacen perder la conciencia a quien entra en las carboneras. Los gases generados pueden ser inflamables y crear una atmósfera explosiva al mezclarse con aire. El peligro se incrementa en climas calidos.

Se han llegado a producir combustiones espontáneas.

Para prevenir los incendios usar carbón sin azufre, mantener seco el carbón y llevar mucha ventilación en las carboneras. Si se llega a calentar, regarlo con las mangueras contraincendios.

El carbón, en tierra, a la intemperie, se debe proteger del sol y del aire o perderá características.

Selección de carbón.

- Debe ser rápido en producir vapor.
- Gran poder de evaporación, evaporando mucha agua con poco carbón.
- Que no sea bituminoso para que no produzca humo, muy negativo para los barcos de guerra.
- No se trocee fácilmente, puede taponar las parrillas.
- Buena densidad para que sea fácil de estivar.
- No debe contener azufres para evitar peligros de combustión espontánea y explosión.



Carboneo.

No hay un carbón que reúna todas esas cualidades, debe elegirse el que se acomode más a las necesidades propias.

Empleo de madera como combustible.

Se necesitan 2 ½ á 3 libras de madera por una de carbón.
La madera se quema muy rápido y las puertas del horno están siempre abiertas, enfriándolo. Se han tomado rendimientos para la madera de 1/6 de lo usual en carbón.

4.2.2.- CALDERAS

Richard Sennett³ 1882.

General

- La cantidad de carbón quemado en locomotoras u otras calderas de tierra, con tiro forzado es de 70-80 libras por pie cuadrado de rejilla. En barcos, lo normal son 20 libras por pie cuadrado de rejilla y hora, sin tiro.
- Si la parrilla no está totalmente cubierta de carbón pasará aire frío y bajará el rendimiento.
- Teóricamente una libra de carbón evapora 15 libras de agua a 212°F. La realidad es que el mejor carbón no pasa de 8-10 libras o menos. Las razones son porque ni el carbón ni los gases se queman al 100%, además de las pérdidas por radiación y en el escape.
- Quemadores de humo, son una serie de dispositivos para aumentar el aire de combustión, que se inyecta bajo el carbón del horno, mejorando la combustión. Se usan en la Royal Navy para eliminar el humo, aunque a veces esa combustión del humo supone una perdida de eficiencia de la caldera.
- La temperatura de los gases en la chimenea viene dada por:

$$(T_2 + 461) / (T_1 + 461) = 25 / 12$$

T1 es la temperatura del aire exterior.

T2 es la temperatura de los gases de escape.

A esta temperatura se produce la cantidad adecuada de descarga de gases.

Si sube la temperatura, estamos perdiendo rendimiento y tiro.

- La temperatura de combustión es de 2.400°F, con esto los gases de chimenea estarán a unos 600°F.
- Los gases de la chimenea se pueden emplear para recalentar el vapor o para subir la temperatura del agua de alimentación.
- Las pérdidas de calor en calderas tubulares pueden llegar a ser del 50%.
- Chorro de vapor. Se aplica a la base de la chimenea para aumentar rendimiento. Daña a la chimenea y a la caldera. Se puede aplicar durante cortos períodos de tiempo. Aumenta la potencia de un 10 al 15%.
- Los tubos de calderas no deben exceder la relación largo / diámetro 30/1 El área total de la sección de la tubería ha de ser 1/7 del área de parrilla.
- La cámara entre parrilla y cielo del horno debe ser muy alta para que permita la combustión de gases.
- Las puertas de horno serán pequeñas para evitar entradas de aire frío.
- Si una chimenea atiende dos calderas llevará un diafragma.
- Las placas de tubos se montan finas con estays de hierro de refuerzo.

Era habitual, en las calderas tubulares de la época, que tuvieran una cámara de fuego común a dos calderas.

Las calderas con tubos de agua, causaban una cierta desconfianza en 1882 por los problemas que suponían la limpieza del haz y las dificultades para reparar una entrada de sal.

La chimenea, en los barcos que la llevan telescópica se baja al ir a vela. Tenía tapa para el agua.

Alimento de hornos.

Los hornos deben estar construidos para quemar 15-18 libras de carbón por hora y pie cuadrado de parrilla.

El carbón oleoso tapa las barras obstruyendo el paso de aire y produciendo humo.

De ser las calderas mayores, hay mayor economía, producen el vapor requerido con fuego lento.

Las calderas están divididas en grupos, que se pueden conectar al colector o desconectar.

Si sobra vapor lo mejor es parar uno o dos grupos de calderas.

Experimentos de Lord Dundonald.

Con una libra de carbón se evaporan 8-10 libras de agua.

En el buque *Janus* se consiguió evaporar 12.9 libras de agua por libra de vapor.

Los tubos y conductos eran dobles de los usuales.

Se podría conseguir con barcos normales duplicando el tamaño de calderas, lo cual es impracticable.

Experimentos en dique de Woolwich con caldera tubular.

En fondo y piso de las Caldera se recubrió con ladrillos, manteniendo la superficie de calefacción Se ahorró 1/3 de carbón con la misma producción. Los ensayos se hicieron al 50% de la capacidad de la caldera.

El consumo de carbón en una caldera tipo es de 30 lb. por pie cuadrado de parrilla y hora. 10 IHP desarrollados por pie cuadrado de parrilla y 26 libras de agua por IHP y hora. El agua evaporada por libra de carbón será:

$$10 \times 26 / 30 = 8,7 \text{ lb. de agua por libra de carbón.}$$

Según Rankine la cantidad de agua evaporada por libra de carbón a 275°F y 30 libras de presión es 14,5 lb. El rendimiento de esta caldera será:

$$8,7 / 14,5 = 0,6$$

Regulación del tiro.

Se realiza mediante trampillas bajo la parrilla para regular el paso del aire.

También hay dampers en el pie de la chimenea de difícil regulación.

Se montan también puertas en los hornos.

El humo es difícil de eliminar una vez se ha formado.

Patente Prideaux.

Son tiras como las de las persianas venecianas, que se cierran después de carbonear con un contrapeso que se actúa con un mecanismo similar a los relojes de agua.

No funciona con mala mar.

Sistemas de presurización ensayados:

Montar un ventilador, como extractor, en la chimenea.

Soplar chorros de aire comprimido en el cenicero estancado.

Soplar chorros de aire a presión, o vapor, en la base de la chimenea.

Cerrar la cámara y presurizarla.

Tiro forzado.

En la Royal Navy se emplea para forzar las calderas cuando se requiere, el sistema de presurización de la cámara de calderas, o tiro forzado.

Este último, obliga a esclusas en las puertas para mantener la estanqueidad del local. Con una sobrepresión de 2 pulgadas de agua se consiguen aumentos de rendimiento del 65-70%, como se comprobó en el *Satellite* y en el *Conqueror* en 1883.

Con cámara de calderas abierta se consiguen 9-10 IHP por pie cuadrado de parrilla; con cámara cerrada y un poco presurizada se obtienen 16-17 IHP por pie cuadrado de rejilla.

Presurizando se puede reducir el tamaño de la maquinaria y el peso de la planta a 2 cwts / IHP (unos 100 kg / HP).

Las potencias instaladas han pasado de 400 IHP en 1832 en el *Rhadamanthus* a 12.000 IHP en 1880 en el *Renow*.

Eficiencia de una caldera.

Se manejan los siguientes factores:

Eficiencia de la caldera.- Relación entre el calor transmitido y el total.
Eficiencia de la superficie de calentamiento.- Relación entre el calor transmitido al agua y el disponible.

Factores que influyen en la eficiencia de las calderas:

Condiciones de limpieza.
Disposición de elementos.
Diferencias de temperaturas entre fluidos en contacto.
Tiempo disponible para transmisión del calor.
Medio que transmite el calor.

Según Rankine la eficiencia de una caldera viene dada por la fórmula:

$$E'/E = BS / S + AF$$

E valor evaporación teórico del carbon.

E' valor de evaporación a obtener con esa caldera.

S pies cuadrados de evaporación por pie cuadrado de parrilla.

F libras de carbon quemado por pie cuadrado de parrilla y hora.

A y B constantes a determinar.

Tabla de Ranking:

	B	A
I Tiro natural. Buena convección calentando agua de alimentación	1,0	0,5
II Tiro natural, covección normal	11/12	0,5
III Buena convección , tiro forzado	1.0	0,3
IV Tiro forzado, convección normal	19/20	0,3

El caso II es el normal.

El valor 11/12 se aplica en calderas rectangulares, para caderas cilíndricas se sustituye por 4/5.

Accesorios en calderas.

- Tubería de escape y chimenea. Tamaño de chimenea de 1/7 a 1/10 la superficie de la parrilla. Diafragmas internos para separar calderas. Si el buque tiene chimenea telescópica, irá en posición alta cuando el barco vaya a vapor.
- Tapa para agua de lluvia en chimeneas.
- Ventiladores para la cámara de calderas. Hay que incluir aire para confort del personal de calderas.
- Ascensor de cenizas.
- Tecles bajo chimenea.
- Recalentadores. Normalmente formados por intercambiadores de tubos, con vapor por dentro y gases del escape por fuera.
- Válvulas de seguridad. Hay normativa del Board of Trade regulando los requisitos de estas válvulas.

El tamaño usual del área de las seguridades es de media pulgada cuadrada por cada pie cuadrado de parrilla. Llevan sistema de disparo manual.

Area de las válvulas de seguridad en cámaras presurizadas:

$$\text{Area} = 3 \times \text{IHP} / P.$$

P presión absoluta de vapor.

4.2.3.- CALDERAS. INFORMACIONES DE OTROS AUTORES.

Demoulin³ 1887.

- Las calderas deben suministrar el vapor necesario para el funcionamiento de la máquina.
- En los primeros cuarenta años de la navegación a vapor se emplearon muchos tipos de calderas. Definitivamente se adoptó la caldera cilíndrica tubular con retorno de llama. Unicamente algunos barcos de guerra rápidos de guerra y los torpederos no las usan.
- Estas calderas suelen tener 3 hornos, caja de fuegos, haz tubular y escape de gases a través de la caja de humos. Los tubos son de 70 a 80 m/m de diámetro interior en hierro o latón.
- En cada horno hay una parrilla doble de fundición. Al fondo hay una zona de refractario para entrar en la cámara de fuego. Bajo las parrillas está el cenicero.
- La parte alta de la caldera está reforzada por los tirantes. En esta parte alta está la cámara de vapor de donde toman los tubos de alimentación.
- Los gases después de recorrer la caldera y ceder su calor, llegan a la base de la chimenea a 400 ó 500°C. La altura de la chimenea varía de 3 a 6 veces su diámetro. Lleva una envuelta de chapa.
- El aire de combustión llega a la cámara mediante manguerotes.
- Las calderas se disponen longitudinalmente preferentemente. Las hay de 6 hornos que llevan la cámara de fuego común. Su longitud es casi el doble que las sencillas.
- Para calderas timbradas a 10/11 kilos por centímetro cuadrado el espesor de la chapa de la caldera será de unos 32/34 mm.
- Las calderas marinas llevan los mismos aparatos que las de tierra: dos niveles, un manómetro, dos seguridades, dos reguladores de alimentación, dos machos de extracción y un macho de vaciado.
- Se forran de amianto o de silicato.
- De media pueden quemar 80-90 kg de carbón por metro cuadrado de parrilla y hora.

- Se sobrealimentó la combustión, pero tiene inconvenientes. En marina mercante solo se ha sobrealimentado en transportes de pasajeros.
- Hay tres formas de tiro (sobrealimentación): Mediante chorro de vapor en la chimenea, aire conducido por ventilador a la zona de combustión y cámara cerrada y presurizada. Este último es el que se emplea en la actualidad.
- Con este último sistema se han llegado a quemar excepcionalmente 500 kg de carbón por metro cuadrado y hora; lo normal es quemar unos 140 kg, con cámara presurizada.

Henry Caralp⁵ 1895.

- Las calderas se clasifican en función de la presión de vapor. Las de 2,25 Kg son de media presión. Las de 4,25 Kg y más, son de alta presión.
- Por su disposición se clasifican en tubulares, de láminas de agua y multitubulares (tubos de agua).
- La inclinación de la parrilla es de 1/10 respecto a la horizontal.
- Las puertas del horno van con perforaciones que permiten la entrada de una cierta cantidad de aire.
- La superficie de calefacción directa es más efectiva que la superficie de los tubos. Se ha medido una proporción de 100 a 21.
- Las calderas con doble frente y cámara de fuego común, aunque parcialmente dividida, ahorran empacho.
- Con altas presiones se está empleando chapa ondulada en calderas, para absorber dilataciones.

Las calderas cilíndricas son:

Pesadas, si se tiene en cuenta su producción de vapor.
 Son complicadas de fabricación, sobre todo las placas de tubos.
 Acusan la entrada de aire frío en el horno.
 Tiene desequilibrios en la temperatura del agua entre zonas.
 Los tubos son fuente de graves averías.

El calentamiento es lento si se quiere trabajar a más de 8/9 Kg.

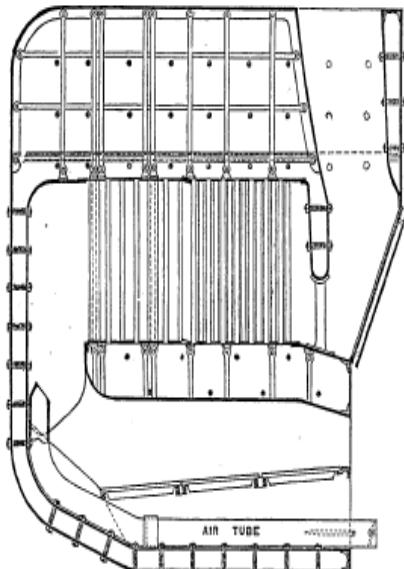


FIG. 32.

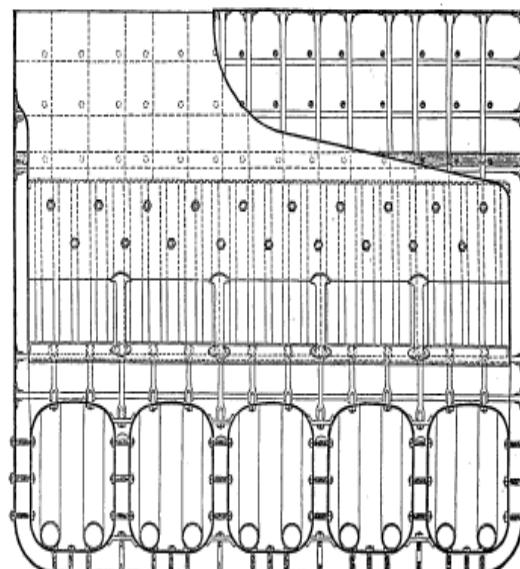


FIG. 33.

Caldera de tubos de agua

La marina de guerra francesa ha decidido colocar solo calderas de tubos de agua en las nuevas construcciones.

J. Dejust⁶ 1899.

Evolución del consumo de carbón en máquinas de vapor.

Máquina	Consumo por caballo y hora
Savery 1696	13 kg
Newcommen 1711	9 Kg
Watt 1776	4 a 3,6 Kg
Máquinas de media potencia y condensador Tierra	1,5 Kg
Máquinas de gran potencia Tierra	1 Kg
Máquinas marinas	0,7 Kg

En 1783 el Marques de Jouffroy hizo el primer barco a vapor del mundo, navegó sobre el río Saona.

4.2.4.- COMBUSTIBLE LIQUIDO.

Selwyn⁷. 1870

Se trata del empleo de residuos líquidos de la destilación del carbón para la fabricación de gas.

Este fuel líquido no arde a menos de 240°F. Arde con 9 a 13 partes de aire por una de fuel.

Es más denso que el agua del mar, cuesta 13 chelines y 9 peniques por tonelada.

1.090 libras de este aceite dan las mismas calorías que 6.720 libras de carbón.

Cada libra de fuel evapora 23 lb. de agua.

Con buen carbón se evaporan 7-8 libras de agua por una de carbón en calderas actuales. Con una caldera ajustada, con ladrillo refractario en fondos se llegan a evaporar 46 libras de agua por libra de combustible.

4.3 MAQUINARIA PROPULSORA

Al principio de su libro, Sennet⁸ incluye unas notas sobre la historia del vapor, de las que se han tomado las siguientes:

En 1783 el marques de Jouffroy hizo el primer barco a vapor del mundo, navegó sobre el río Saona. Esta información es de Dejust.

1801 Primer vapor en el Clyde, construido por W. Symigton para Lord Dundas, el *Charlotte Dundas*. Hizo de remolcador en el Canal Forth & Clyde, llevaba una rueda central en popa.

En 1807 Buque *Clermont*, de Robert Fulton de paletas con motor Boulton & Watt, navega de Nueva York a Albany.

1812 Henrry Bell construye el *Comet* Trabajó en el canal del Clyde con pasaje de Glasgow a Greenok. Dos pares de paletas de 4 alabes calados a 45°. Motor de balancín. Primer barco de pasaje en Europa. Eslora 40 pies.

En 1882 había barcos de 10.000 tons y 10.000 IHP.

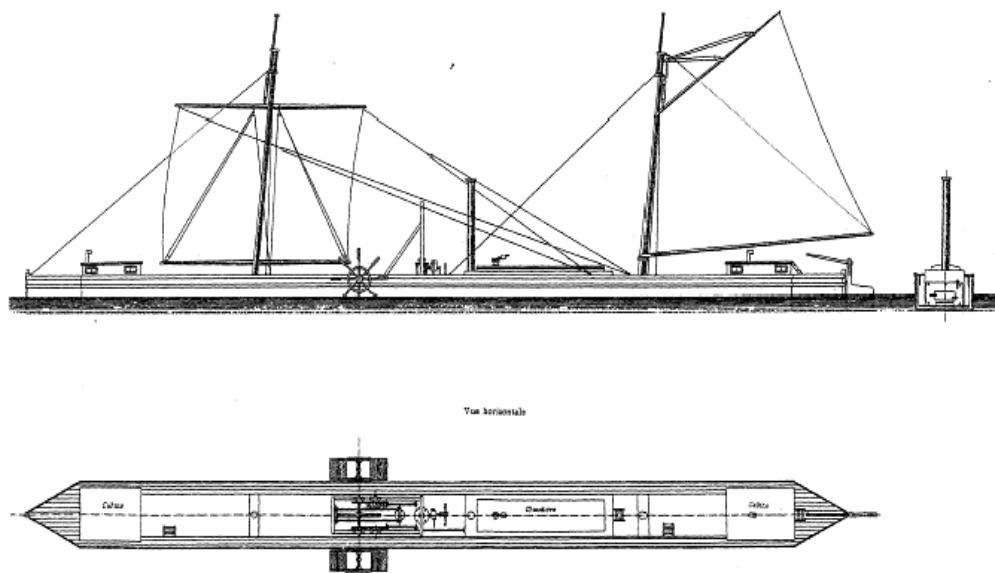
4.3.1.- MAQUINAS.

Robert Murray⁹. 1869

Las máquinas lo que hacen básicamente, es hacer girar un eje.
No se puede emplear volantes de inercia en barcos, por quedar al aire
frecuentemente las ruedas de paletas o, más raramente, las hélices y
producirse embalamientos, que podrían partir el eje.

En la actualidad (1869) la máquina esta formada por dos cilindros para
volteo del cigüeñal.

Las máquinas de muy alta presión de vapor no se emplean en barcos
por ser más peligrosos, a pesar de ser más ligeras y económicas.



Buque Clermont de Robert Fulton 1807

Fabricantes de maquinaria más conocidos:

- Seaward
- Rennie

- Fairbairn
- Forrester
- Maudslay
- Miller
- Fawcett
- Boulton
- Watt
- Bury
- Robert Napier
- Joyce
- John Penn

Las máquinas que se han venido empleando, según informacíonde de Murray y Sennett son:

Máquinas de balancín.-

Fueron los primeros que se usaron.

Tiene compensados los pesos de las piezas en movimiento. Está prácticamente en equilibrio sin alimentar con vapor.

Presenta pocos desgastes en piezas.

Este motor se usó durante mucho tiempo y aún se emplea en ciertas condiciones.

Es muy pesado y voluminoso.

Poco apto para barcos de guerra, que en su tiempo las llevaron.

Máquinas de acción directa.-

Con motores de acción directa, y calderas cilíndricas, la eslora de la cámara de máquinas bajó en 1/3 y el peso en 2/5.

El peso usual de la máquina, con calderas de flujo y máquinas de balancín era de 1 tonelada por caballo.

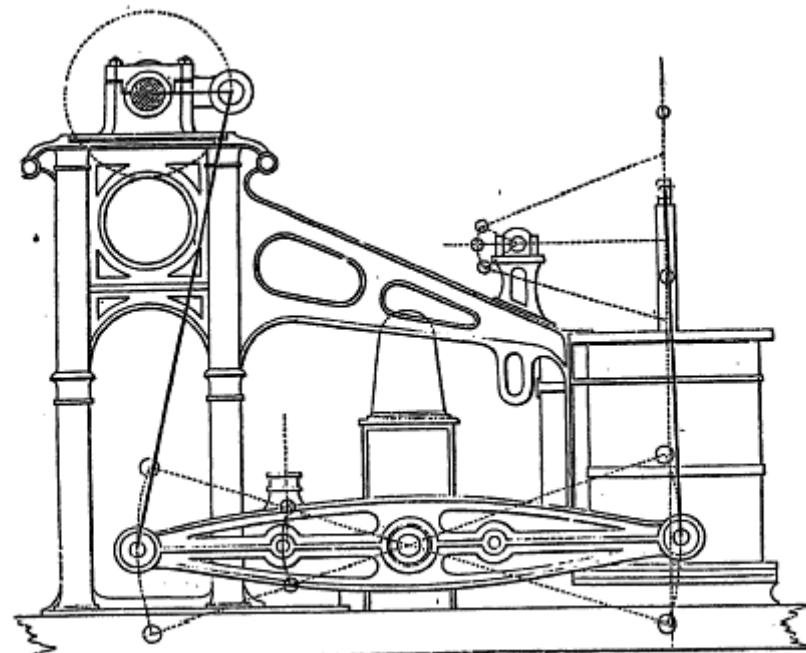
Con motor de acción directa y calderas tubulares, el peso pasó a ser de 12 cwt por caballo (unos 600 kg).

Se distinguen porque el accionamiento del cigüeñal no es mediante balancines, en la mayoría de los modelos la biela acciona la muñequilla sin manivela.

Tipos de máquinas de acción directa.-

Difieren por la forma en que se guía al émbolo, se consigue:

- Mediante doble cilindro.
- Émbolo buzo o de tronco.
- Pistones anulares.
- Mediante patines deslizantes o de pistones invertidos.
- Pistones oscilantes.

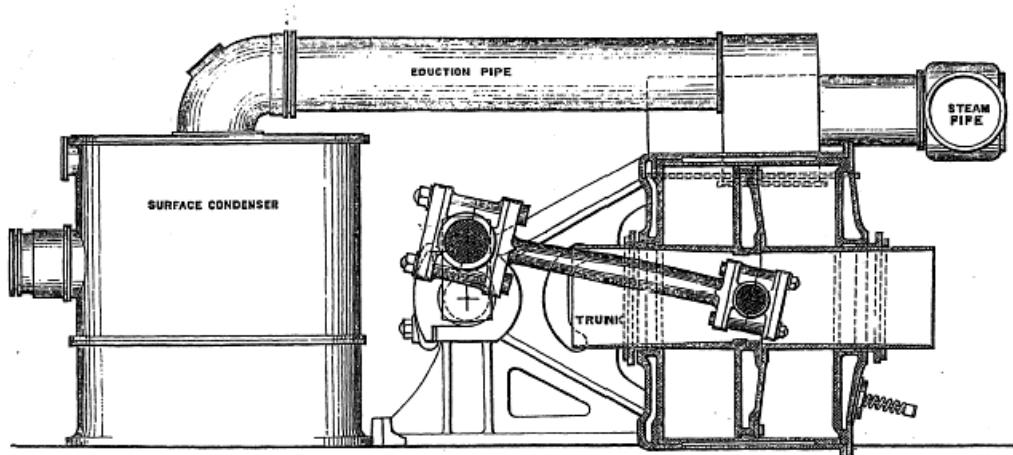


Máquina de balancín.

La cortedad de la carrera es un defecto (necesidad) general de estos motores que origina bastantes desgastes, obviado en los motores Steeple americanos.

Máquinas Steeple.

Llevan una guía de la manivela sobre el cigüeñal, que va en alto, máquinas muy altas y lentas, se empleaban en barcos de río.



Máquina de tronco

Máquinas de doble cilindro.-

Es una máquina cara para potencias bajas.

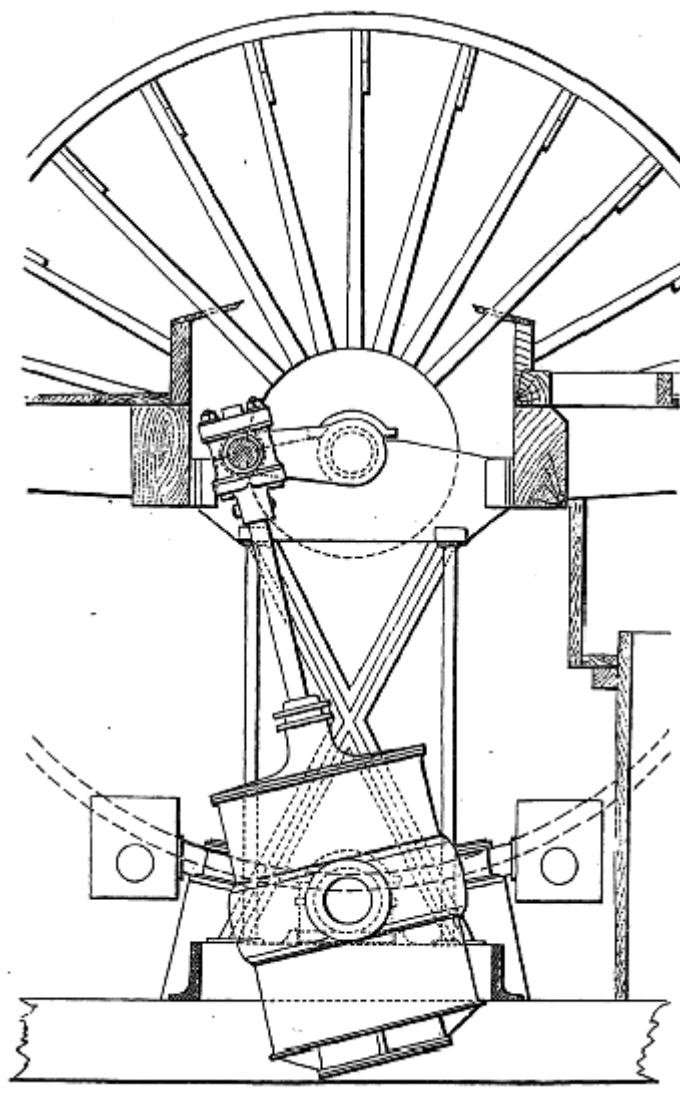
En este tipo de motores de doble cilindro, los vástagos accionan una pieza intermedia común, que acciona la biela.

Buen rendimiento en potencias altas, volumen algo excesivo.

Máquinas de tronco. Patente de John Penn.

La articulación de la biela esta en la parte interna del tronco (pistón hueco) que se desliza dentro de la camisa.

No lleva ningún tipo de guías. Se emplean para accionamiento de ejes de hélices, montados en horizontal. El tronco se proyecta por el fondo del pistón para igualar áreas y soportar equilibrado el peso del pistón.



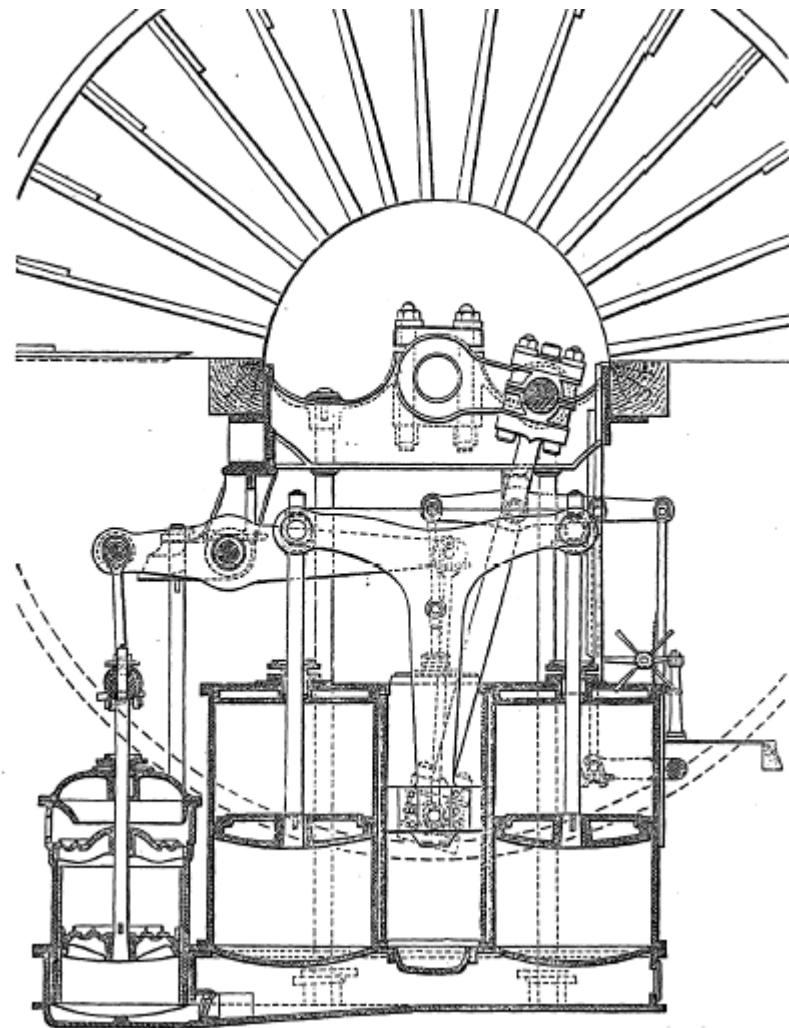
Cilindros oscilantes (John Penn)

Máquinas anulares.-

El pistón, en sección, es una corona de círculo entre dos camisas anulares.

Mediante doble vástago comunican el movimiento a una pieza triangular, que entra en el interior del cilindro.

En la parte baja de esa pieza conecta el cojinete de pie de biela.
Son motores bajos y ligeros.



Máquinas de doble cilindro

Cilindros oscilantes. Patente de John Penn.

Fue definido en la época como la solución más elegante en máquinas.

El cilindro oscila alrededor de dos muñones, por los que entra y sale el vapor, que de esta forma sigue el movimiento de la muñequilla del cigüeñal, accionada directamente por el vástago del pistón, sin biela ni manivela.

No se requiere ninguna guía.

Sirve para cualquier barco incluido los de hélice.

4.3.1.1.- MANEJO DE LA MAQUINA

Robert Murray.

TELEGRAFO DE MÁQUINAS

Primeras señales a la cámara de máquinas, empleando sones de campana.

- Buque en marcha

Una campanada	Atención máquina
Dos campanadas	Moderar
Tres campanadas	Parar

- Buque en maniobra

Una campanada	Avante
Dos campanadas	Atrás
Tres campanadas	Parar

Prueba de estanqueidad antes de arrancar.

Después de largos periodos de paro se hace un poco de vacío en el condensador, sin moverse del puerto y se revisan los empaquetados haciendo llegar el vapor a diferentes sitios.

Se debe mirar con la mayor atención, por posibles pérdidas en los cilindros, auxiliándose de una vela o llenando el cilindro de vapor. La perdida en el condensador puede solucionarse temporalmente, sumergiendo el condensador en un tanque de agua y propiciando una alimentación continua de agua a través de la perdida.

Bajar inyección al condensador.

Con mala mar se debe rebajar el suministro de agua al condensador. Al quedar al aire las palas o las hélices, el motor se embalará y puede inundar el condensador y parar el motor.

Macho de inyección de agua.

Por pérdidas del macho de inyección de agua, o de la bomba de aire, se puede producir el llenado de condensador que impedirá el arranque de motor.

Juntas en la máquina.

Se realizaban con cáñamo o junta empapada en plomo rojo (minio plomo, óxido de plomo) o en plomo blanco (albayalde, carbonato de plomo) y aceite de linaza. Ambos sistemas en uso hace pocos años.

Reapretar las juntas con el motor caliente; una vez planeada, pintar con minio antes de apretar.

Averías.

Pueden ser muchísimas. Los materiales disponibles para efectuar reparaciones son la madera y el hierro.

Los ejes intermedios y los cigüeñales también se averían. Se deben punzonar las fisuras para ver si avanzan.

Los machos de válvulas que van a estar sometidos a vacío deben estar permanente engrasados para que funcionen.

Virado de máquina.

Se realiza con el motor parado, se hace a mano diariamente. Los contactos entre hierro y bronce, de los cojinetes, deben cambiar, para no tener principios de acción galvánica.

Referencias marcadas en la máquina.

En la mar no hay niveles ni plomadas.

Hay que hacer marcas en la estructura antes de desmontar y montar las máquinas.

También se precisan marcas para comprobar que se mantienen las alineaciones que interese controlar.

Los machos, válvulas y otros elementos que sea necesario conocer su posición en diferentes regímenes de la máquina deberán marcarse mediante granete.

Ajustar eje de paletas.

Hay que tomar flexiones en el cigüeñal, para evitar roturas y bajar las vibraciones. Después de tomadas, hay que calcular los quiebros en los soporte del eje, y variar la línea del cigüeñal, cambiando los suplementos de los soportes de los cojinetes, para dejar el eje a cero en caliente.

Tubo de bocina

Fabricado de bronce cañón, de 1 y $\frac{1}{4}$ pulgadas de espesor en la zona de cojinetes. Lleva soportes de hierro, cogidos al casco. Los cojinetes son de guayacán, de no menos de 4 pies de longitud en total. Habitualmente se montan dos cojinetes, uno de 3 pies en popa y otro de 2 pies en proa. Lleva prensa en proa, que debe aflojarse en marcha, para que pase un poco de agua y lubrique el cojinete de proa.

Las hélices tipo son de bronce cañón, con 4 palas de 16 pies de diámetro, en un barco medio. Las palas suelen ir atornilladas, con agujeros rasgados, para poder variar el paso.

4.3.1.2.- USO DE LAS VALVULAS DE EXPANSION, INDICADORES Y DINAMOMETROS.

Robert Murray.

Expansión.

Suministrando vapor a un cilindro de una forma continua, el pistón irá aumentando su velocidad y se romperá al llegar al final de la carrera. Para evitarlo el vapor se corta antes de este punto final, disminuyendo la presión e inyectando vapor por la cara contraria. De esta forma se disminuirá el consumo de vapor, aprovechando la expansión del mismo para acabar la carrera del pistón.

Ventajas de la expansión.

Si cortamos el vapor antes de que el pistón llegue al final aumenta el rendimiento del vapor empleado, y por tanto de la instalación; aumenta en un 1,7 si se corta a media carrera, si cortamos a un tercio en un 2,1 y si cortamos a un cuarto se multiplica por 2,4.

El porcentaje de la expansión se emplea en los cálculos la presión media durante la carrera, que es menor que la presión máxima de caldera.

Indicador de presión.

Instrumento simple y exacto para conocer la presión media y la potencia desarrollada.

Consiste en un pequeño pistón que trabaja contra un muelle, que sube y baja según la presión de cilindro.

Lleva papel y lápiz solidario con el pistón.

Se da movimiento de vaivén al papel cogiéndolo a una pieza de movimiento alternativo de la máquina, actuando como antagonista un muelle recuperador interno.

Para realizar la toma se conecta el indicador a una toma en la culata o al fondo del cilindro.

Se localiza un punto de movimiento alternativo para estirar el papel.

Se pone en marcha después de rodarlo en vacío.

Así el indicador da unas curvas cerradas que nos indican la presión en el pistón en cada momento.

La escala de los diagramas es de 1/10 de pulgada equivalente a una libra de presión.

Se divide en diez el diagrama y se saca la presión media de las medidas, se multiplica por el área del cilindro en pulgadas cuadradas y por el número de pies que el pistón viaja en un minuto. Esto dividido por 33.000 nos da los IHP del cilindro.

Multiplicando por el número de cilindros tendremos la potencia de la máquina.

Esto da la potencia bruta del motor, hay que quitar rozamientos, bombas arrastradas etc. para llegar a la potencia real del motor. Si se deduce 1 ½ libra o 2 de presión, en los cálculos, tendremos la potencia real muy aproximada.

IHP caballos indicados.

(Presión media total + vacío) x área de cilindro en pulgadas cuadradas x (velocidad del pistón en pies x minuto) / 33.000.

IHP caballos reales.

Idem descontando 2 psi. a la presión por consumos de periféricos y rozamientos.

NHP (nominal horse power).

Forma de calcularlos:

Área del cilindro x presión efectiva x velocidad del pistón / 33.000

Área del cilindro en pulgadas cuadradas.

Presión efectiva: se toma 7 ó 7 ½ libras.

Velocidad es el número de pies por minuto recorridos por el pistón de acuerdo con una tabla.

Tabla de pies por minuto:

Carrera	Velocidad de pistón
Pies	Pies por minuto
4,0	196
4,6	204
5,0	210
5,6	216
6,0	226
6,6	228
7,0	231
7,6	236
8,0	240

En el Támesis se emplean 7 libras de presión, en el Clyde 7,5.

Caballos nominales o NHP, se emplean para compra y venta de motores, y para dar una idea del tamaño de los mismos, la potencia real solo puede obtenerse de los diagramas y deducir después pérdidas y rozamientos.

4.3.1.3.- MAQUINAS, GENERAL.

Robert Murray.

Las plantas de los barcos varían según que:

- El motor acciona directamente la hélice.
- La accionan a través de reductor.

Se vio que reduciendo la carrera del pistón y aumentando los ciclos, se podía llegar a las rpm requeridas por la hélice sin emplear reductor.

En mercantes se prefiere el accionamiento directo, por menos averías y por simplicidad.

Los reductores son mecánicamente muy seguros y, de alguna forma, actúan como volantes de la máquina.

Las ruedas van muy suaves, al llevar dientes de madera de haya.

En caso de hélices grandes, se va al accionamiento directo, aunque el aumento de velocidad supone mayores desgastes y calentamientos de la máquina.

Con grandes calados se va a máquinas con cilindros invertidos, con cruceta y cojinete de pie de biela guiados, sin empleo de manivela (esta disposición es parecida a la que tienen los actuales motores de dos tiempos).

Los cilindros altos afectan algo a la posición del centro de gravedad. En los primeros barcos de hélice, con todo el peso bajo, y el aumento consiguiente del GM, supuso una disminución del periodo de balance, siendo incómodos de navegar (el *Great Britain* tenía fama de eso). El barco de ruedas era más confortable para el pasaje, al ser más estable en mar de través. El barco de hélice es mucho más eficaz en cualquier medio, se ajusta mejor a trabajar conjuntamente con las velas, y es más barato de explotación.

4.3.2.- MAQUINAS

Richard Sennett¹⁰

Máquinas de Doble Expansión.

En 1868 fueron presentadas por Allen¹¹ en el INA.

Se montaron en plan experimental en el *Spartan* 350 NHP, 2.100 IHP, funcionando con vapor a 54 psi. manométricas ó 70 absolutas.

Cilindros de 64 y de 33 pulgadas de diámetro.

El vapor que evaca el primer cilindro se utiliza en un segundo de mayor tamaño, habiendo pasado por un depósito de almacenamiento intermedio entre ambos.

La disposición era de dos pistones en la misma envolvente, cada uno con su émbolo.

La expansión de vapor era de 7 veces entre los dos cilindros.

Las revoluciones por minuto eran 100, equivalentes a 550 pies por minuto de velocidad de los émbolos.

Consumo 2 a 3 lbs de carbón por caballo hora, 33% menos que con maquinas de acción directa.

Triple expansión.-

En 1874 se probaron por primera vez estas máquinas diseñadas por Napier.

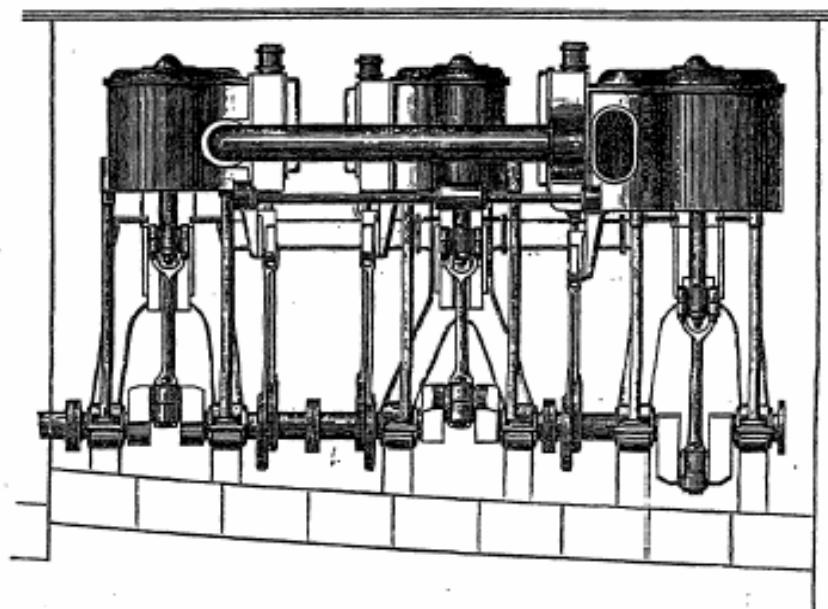
Se probaron con calderas de tubos de agua de Rowan & Horton. No funcionó el conjunto, por fallo de la caldera.

Las pruebas definitivas fueron en 1881, con buenos resultados.

El principio de funcionamiento es el mismo que en las máquinas de doble expansión, aunque en este caso la expansión del vapor se realiza en tres cilindros: alta presión, media presión y baja presión.

Su empleo supuso una disminución en el consumo de carbón de un 25%, en relación con el de doble expansión.

Con 120 lbs de presión, el consumo era de 1 1/2 lbs de carbón por caballo y hora. Se ha llegado experimentalmente a consumos de 1/2 libra de carbón y 1/3 de libra de agua por caballo.



Máquina de triple expansión (Napier)

4.4 AUXILIARES DE MÁQUINAS Y TUBERIAS

4.4.1.- COMUNICACIONES.

Richard Sennett¹²

Telégrafo de máquinas.

Se utiliza para dar órdenes de puente a máquinas; está construido a base una transmisión mecánica de ejes, piñones y cadenas, con un indicador que señala grabados o números. Tiene gong y dispone de mecanismo para contestar al puente.

En los primeros vapores las órdenes a máquinas era mediante señales a la vista, con los brazos o con posiciones del cuerpo, como los serviolas, pero sin banderas.

El siguiente paso fue mediante golpes de campana, como se indicó en el apartado anterior.

Tubos acústicos.

De puente a cámara máquinas, y viceversa, suele ser un tubo de 1 pulgada, o algo más, con un silbato en cada extremo. En 1.975 seguía reglamentariamente en servicio en los barcos para otros cometidos (de magistral a puente).

4.4.2.- APARATOS DE MEDIDA

Robert Murray¹³

Manómetro para vapor.

Es un tubo de hierro, con brazos de cristal, lleno de mercurio. Por diferencia entre brazos se deduce la presión.

Para grandes presiones se emplea un manómetro de muelles de la casa Bourdons.

Los muelles deben cambiarse a menudo.



SET ON.
Or both hands raised as high as the head. The steam is then to be set and the engine set in motion.



SLOW THE ENGINE.



REVERSE THE ENGINE.



STOP THE ENGINE.

Primer telégrafo de maquinas.

Barómetro.

Marca la presión en el condensador.

Realmente marca la diferencia de presión externa con la del condensador. Con una presión externa de 30 pulgadas, si marca una diferencia de 27, es que en condensador hay una presión de 3 pulgadas.

Se recomienda tener un patrón a bordo.

El mejor barómetro es un sifón de mercurio con regleta graduada.

Niveles para calderas.

Lleva dos niveles, compuestos por un nivel de cristal, de 18 pulgadas, con dos machos de cierre.

Tiene grifo de purga para el cristal.

Si el nivel indica a centro de tubo, es que el llenado de caldera es correcto.

Nivel mediante grifos de bronce.

Tres grifos en vertical para comprobar el nivel.

Salinómetros.

La impureza más importante del agua de mar es la sal.

Se puede saber su contenido por la temperatura de ebullición del agua, también por la densidad a una temperatura determinada.

Salinómetro de termómetro.

Se dispone un termómetro en cuartos de grado.

El agua dulce hierva a 212°F a nivel de mar, con una presión atmosférica de 30 pulgadas de mercurio.

No se debe ir a concentraciones mayores de 3/32 (tres veces la del mar), empleando condensadores de proyección de agua salada. Si no pasa de esa concentración la sal no se precipitará. Con estas tablas se calculan con facilidad los porcentajes de agua a eliminar en los soplados, que son siempre muy altos.

Una vez por guardia debe tomarse la salinidad.

Salinómetro de hidrómetro.

Tubo y bola de cristal, que se hunde más o menos en un líquido según su densidad.

La densidad varía con la temperatura y debe tenerse en cuenta la temperatura a que ha sido calibrado el hidrómetro.

Salinidad	Ebullición	Densidad
0	212	1
1/32 agua de mar	213,2	1,029
2/32	214,4	1,058
3/32	215,5	1,087
4/32	216,7	1,116
5/32	217,9	1,145
6/32	219,1	1,174
7/32	220,3	1,203
8/32	221,5	1,232
9/32	222,7	1,261
10/32	223,8	1,290
11/32	225,0	1,319
12/32	226,1	1,348 solución saturd.

Las lecturas obtenidas deben corregirse con las del barómetro.

Barómetro	Punto ebullición
27"	206,96
27 ½	207,84
28	208,69
28 ½	209,55
29	210,38
29 ½	211,2
30	212
30 ½	212,79
31	213,57

El contenido de sal en el agua varía con los mares.

Mar Muerto	1,21100.
Mar Báltico	1,01523.
Mar Negro	1,01418.
Mar Mediterráneo	1,02930.
Atlántico Norte	1,02829.
Mar Amarillo	1,02291.

Sistema Seaward.

Se realiza la comprobación de salinidad mediante bolas calibradas que se hunden, o no, en la salmuera dependiendo de su concentración.

Dinamómetro.

Construidos para, a través de unas palancas y muelles de compensación, calcular el empuje ejercido por el eje.
Multiplicando velocidad por empuje, se obtienen los EHP dividiendo antes por 33.000.

4.4.3.-VALVULAS¹⁴

Sennett – Murray.

Válvulas de seguridad.

Requerimientos del Board of Trade para válvulas de seguridad

Llevará 2 válvulas por caldera.

Muelle y válvula de su tamaño para que no interfieran.

La válvula no disparará por rotura de muelle.

Las válvulas llevarán tornillo de ajuste.

El tamaño del acero del muelle será:

$$d = (W \times D / C)^{1/3}$$

d diámetro del alambre.

W carga del muelle en lb.

D diámetro del muelle a centro de espira.

C 8.000 para alambre redondo.

11.000 para cuadrado.

Si d es el diámetro, en dieciseisavos de pulgada, la fórmula queda.

$$d = (W \times D / 2)^{1/3} \text{ Alambre redondo.}$$

$$d = (W \times D / 3)^{1/3} \text{ Alambre cuadrado.}$$

El muelle estará protegido del vapor y suciedad.

La prueba de acumulación durara 20 minutos, la presión no podrá subir más de un 10%.

La sección de las válvulas de seguridad es aprox. de 1/2 pulgada cuadrada por cada pie cuadrado de parrilla, esto es algo más que lo pedido.

Para altas presiones la sección necesaria es menor.

$$\text{Area} = 3 \times \text{IHP} / P$$

P Presión absoluta del vapor.

Válvula de vacío.

Se monta para evitar el colapso de la caldera, por vacío de vapor que se puede producir si la producción de vapor es insuficiente para los motores; también por una condensación rápida de vapor, por golpe de mar y entrada de agua en la cámara de calderas.

Son de menor tamaño que las de seguridad.

Válvulas de paro.

Colocadas a la salida de la tubería de vapor de las calderas.

Se emplean para desconectar las calderas del sistema.

No deben interferir la línea de las válvulas de seguridad según regula el Board of Trade.

Pueden ser manuales o automáticas.

Válvulas de inyección de agua en condensadores de proyección.

Su sección es de una pulgada cuadrada por cada 10 HP.

La cantidad del agua a introducir depende de la temperatura del agua del mar. Esta es de 52°F en el Atlántico Norte, 65°F en el Mediterráneo, 82°F en el Ecuador.

Se montan dos grifos de inyección por condensador, uno del mar y otro de la sentina.

La aspiración de sentina se emplea solo si el agua esta muy limpia, si esta sucia se manda al costado.

Válvula de estrangulación.

Usada para control temporal de la velocidad, en maniobras, antes de parar, etc.

Válvula de expansión.

Su accionamiento es a través de un camón en el cigüeñal que produce el corte de vapor a cilindros, en el momento elegido. Son válvulas construidas para que las piezas móviles no se claven o acuñen. Para esto tienen un dispositivo que mantiene bajo la misma presión a ambas caras de la cuña.

Las más conocidas las Cornish Double-Beaton.

Se emplea también una variante del sistema Stephenson de las locomotoras.

Distribuidores de vapor.

Equipo de la mayor importancia, con el hay que conseguir:

- Cortar el suministro de vapor antes del final de la carrera del pistón.
- Cortar la aspiración de vapor al condensador, antes del final de la carrera del pistón.
- Disparar un chorro de vapor entre pistón y fondo del cilindro, antes de acabar la carrera (colchón del pistón). Meter el vapor un poco antes del punto muerto alto para mayor efectividad.
- Abrir el condensador un poco antes del final de la carrera, para contar con vacío en la otra cara antes de empezar el retorno.

Solapes en distribuidores.

Para resolver los momentos de apertura y cierre de los distribuidores, se recurre a variar la geometría de las caras de los asientos fijos y móviles, para que el cierre o apertura sea ligeramente progresivo y así no abran o cierran de golpe (LAP).

Apertura inicial de válvulas.

La apertura de vapor inicial antes de llegar el pistón a su punto alto, de media se puede tomar que se haga con una alimentación de 1 pulgada cuadrada de sección, cada 16 NHP. Debe ser algo mayor en motores rápidos.

Marcha atrás.

En marina hay pocas aplicaciones en que no se precise marcha atrás. Con motores parados, se corta el vapor y se desconecta la excéntrica del distribuidor. Si se da vapor a la otra cara del pistón, el eje girará a la contra.

Para poner marcha atrás, se debe girar hacia atrás el eje media revolución y calar en esa posición la excéntrica. Al dar vapor el motor arrancará marcha atrás.

Hay varios sistemas para poner una máquina en marcha atrás, tipo doble excéntrica, más rápidos.

Válvulas de purga.

Se montan en cabeza y fondo de pistón para vaciado de agua y condensados a sentinelas.

4.4.4.- CONDENSADOR.

Murray¹⁵. Bertin¹⁶

La capacidad de un condensador de proyección de agua es igual a la de un cilindro, aunque a veces se han hecho mayores.

El tamaño depende de la temperatura del vapor, deben estar dimensionados para bajar la presión de vapor antes de condensar.

Condensador de inyección, datos de cálculo.

Los datos para cálculo de caudales y tamaño de este condensador son los siguientes:

El vapor que entra al condensador pierde 600 calorías por Kg., para lo que se necesita una inyección de agua de mar de 20 kg. que sufrirá un calentamiento de 30°. Para evitar falta de agua se da una sección al tubo de suministro de agua de 20 mm^2 por cada caballo indicado que con esa sección aportará 25 a 30 Kg. de agua por kilo de vapor.

El caudal de la bomba de aire se calcula en base a un cilindro de 100 litros por Kg. de vapor; se estima un rendimiento en volumen de 0,75. Deberá sacar 25 litros de agua por cada 50 de aire.

Bertin indica que:

El aire se introduce en relación 1/20 de líquido, como se saca en relación 2/1, la presión interior teórica debería ser:

$$W = 1/20 \times 1/2 = 1/40 = 0,025 \text{ Kg.}$$

Por pérdidas en el sistema la presión real es de:

$$W = 0,12 \text{ á } 0,22 \text{ Kg.}$$

El pistón de la bomba de aire es de doble efecto, pasa parte del agua al pozo caliente y el resto del agua y el aire lo tira fuera.

Condensador de superficie. Datos empíricos.

Empezaron con la misma superficie de enfriamiento que las calderas tenían de calefacción. Esta superficie se redujo bastante con posterioridad.

Joule demuestra que un condensador con tubo de cobre es capaz de condensar 488 Kg. por m^2 y hora.

Se empleó una superficie de $1,1 \text{ m}^2$ por caballo, equivalente a 0,015 m^2 por Kg. de vapor y hora.

Con máquina compound, el gasto de vapor estaba en unos 6 / 8 Kg. por caballo, esto supone una superficie de un 50% de las calderas.

Caudal medido en condensador, 20 kg de agua / kg de vapor.

Consumo de vapor real.

Expansión simple	12 Kg. / CV.
Doble expansión	8 Kg. / CV.
Triple expansión	6 Kg. / CV.

Temperatura del condensador.

El proceso depende de la temperatura del agua.

Se debe trabajar de 90°F a 110°F como temperatura del condensado.

Mejora el grado de condensación con mayor bomba de aire, así es más fácil conseguir las temperaturas anteriores.

El trabajo es correcto si no se pasa de 110°F, con lo que se obtiene un vacío de 27 1/2 a 28 pulgadas de mercurio, a mayor temperatura perderemos vacío.

Presiones agua-vapor a diferentes temperaturas.

La mezcla de agua-vapor sin condensar a 100°F, tienen una presión de equilibrio de: 1,86" de mercurio.

A 110° la presión es de 2,45"

A 120°, 3,3"

A 130°, 4,36"

A 140°, 5,77"

A 150°, 7,53"

Trabajando a más de 110°F perderemos vacío y rendimiento de la instalación.

Flujo del agua de inyección.

La velocidad varía según la raíz cuadrada de la presión. Puede llegar a 40 pies por segundo cuando se da la presión atmosférica y el vacío perfecto.

Se toma de costado o del fondo según por donde se navegue, en aguas poco profundas se toma de sentinelas.

Condensadores de superficie.

Se intentó la condensación por medio de una superficie metálica fría.

Funciona con tubos de agua salada como refrigerante y circulación mediante bombas centrifugas.

Usando condensadores de superficie y agua dulce, se evitan los depósitos de cascarilla y las grandes pérdidas de calor por extracción de salmuera.

Había dudas sobre la efectividad de los empaquetados de los tubos, algunos eran con goma vulcanizada, pero trabajaron bien, aunque el agua no se mantiene limpia y tapona algún tubo de vez en cuando. La suciedad es por óxido de hierro, restos de empaquetado, partículas metálicas, sebo, etc.

Pronto aparecieron corrosiones desconocidas en los tubos de las calderas, fuertes a veces, en menos de un año, ya citadas.

No se sabe si la corrosión era galvánica por los tubos de cobre del condensador o es por los ácidos grasos de descomposición del sebo. Se ha vuelto a emplear agua salada en una concentración máxima del 1/32 (agua de mar).

Para funcionar se empieza con agua de mar algo concentrada hasta que se hace una precipitación protectora del hierro, no se usa sebo inicialmente y luego se pasa a utilizar agua de una concentración máxima de 1/32.

Si se tiene que usar agua de mar, hay que soplar calderas, esto si, en menor cantidad que con condensador de chorro.

Intercambiador (calentador).

La salmuera del soplado pasa por un calentador del agua de alimentación situado entre el pozo caliente y la entrada a la caldera. Así se recupera algo del calor perdido en la extracción.

4.4.5.- BOMBAS

Sennett¹⁷- Murray¹⁸.

Bombas de sentinelas.

Inicialmente solo era una bomba arrastrada que picaba de las sentinelas las pérdidas de todo el equipo, manteniéndolas secas. Solía tener

capacidad sobrada, por lo que se le daba una pequeña admisión del mar, para que no trabajara en seco.

Las bombas de achique se pueden utilizar como contraincendios cambiando la aspiración al mar.

No sirven para pérdidas extraordinarias. Sirven para mantener secas las bodegas.

Emplean tubería de plomo, para evitar pares galvánicos con otros metales, tales como el cobre.

Nota.- Es extraña esta cita por ser muy conocido que el plomo se lo comen las ratas.

Todas las sentinelas deben ir muy limpias, para proteger las bombas.

Falsa inyección.

Supone emplear la bomba de aire como de sentinelas. El agua a achicar lo toma de sentinelas y lo larga al mar por la descarga de costado. Está dispuesto así en todos los condensadores de inyección.

Bombas de circulación.

Se emplean en condensadores de tubos, trabajan de mar a mar, también pueden usarse como bombas de sentinelas picando de la cámara y descargando al mar.

Últimamente se están montando centrifugas y parece que tienen problemas con la aspiración.

Not.- La capacidad de aspiración de una bomba alternativa no es comparable con la aspiración de una bomba centrifuga, que prácticamente no tienen.

Contraincendios.

Las bombas de sentinelas se emplean para achicar sentinelas y como contraincendios.

Bomba de aire.

Se cubicaban con una capacidad de 1/8 del cilindro, o 100 litros por kilogramo de vapor.

La válvula de descarga tiene una sección de 1/3 de la bomba de aire, a través de esta envía el condensado al pozo caliente o a la descarga al costado.

La descarga al costado junto al pozo caliente es 1/6 de la superficie de la bomba de aire Esta descarga tiene válvula, que se cierra a motor parado.

Bomba de alimentación.

El nivel de agua de las calderas se regula con los machos de alimentación.

El exceso de agua se tira por la bomba al costado.

Se debe llevar en marcha solo una bomba de alimentación. Hay barcos que llevan puestas las dos con riesgo de averías y tener problemas. Una sola es suficiente para el agua necesaria por la caldera.

Bomba de salmuera.

Regula la cantidad de salmuera vaciada para que mantener la concentración de sal precisa del agua en la caldera.

La salmuera escapa a 120°F por encima de la alimentación (220 a 100°F).

Caldera y maquinaria suplementarias. Citada por Haswell¹⁹.

Se monta últimamente una caldera auxiliar en Cámara de Máquinas o en cubierta.

Se usa para alimentar las calderas principales con la planta parada.

También se emplea como bomba de sentinelas, como contra incendios y para baldeo de cubiertas.

Con vapor de la máquina, o de la caldera auxiliar, también se usa para alimentar los chigres de cubierta.

4.4.6.-VARIOS DE MÁQUINAS

Richard Sennett²⁰.

El forrado de cilindros se realiza con fieltro, madera seca y chapa.

Problemas con el forrado de calderas:

Se puede producir un rápido envejecimiento de las chapas.

Los reboses empapan el forro y se producen oxidaciones (si las máquinas están paradas).

En las calderas de los barcos que realizan largos viajes, no se conocen corrosiones.

El pintado interior de las calderas está recomendado que se realice con minio plomo.

La parte alta se debe preservar con chapa de plomo y evitar goteos de condensaciones.

Los empaquetados de pistón se montaban metálicos, a base de aros de hierro y ballestillas de acero.

La lubricación se hacía con sebo fundido mediante engrasador.

Los polines de calderas marinas afectan a la duración de las chapas de fondo. Se deben montar, las calderas, en cuna de madera para evitar el agua de sentinas.

Es mejor apoyarlas sobre quillotes de hierro y dejar a la vista las calderas; se debe vigilar que la sentina esté seca.

Usos del vapor:

El vapor se emplea para la extinción del fuego, para esto se monta una tubería de vapor por bodegas. En caso de fuego se cierra la bodega y se inyecta vapor. Es muy efectivo.

Los pescantes llevan dos maquinillas por juego, una para izado del bote y la otra para asistir a una pequeña pluma con la que se quita el bote de los pescantes y se lleva a su lugar de estiba en cubierta (quilla al sol).

La ventilación mecánica se realiza con ventiladores centrífugos.

Este tipo de ventilación se emplea en la máquina y tambien para complementar, o suplir la ventilación natural, en espacios de pasaje.

Cada boca lleva un cierre, que debe abrirse solo cuando se usa.

Los viradores para motor y línea empezaron siendo manuales. Se empezaron a montar motorizados, cuando el tamaño de la máquina impedía el moverla a mano. Se accionaban todos los días, para cambiar los puntos de toque entre piezas de hierro y bronce.

Cojinetes.

Deben tenerse siempre bajo observación.
 Hay que engrasarlos regularmente con aceite o sebo fundido.
 Si están demasiado apretados se calentarán.
 Si van muy sueltos, se acabarán destruyendo.
 Cuando se caliente un cojinete principal, se debe lubricar con sebo fundido y azufre.
 Si se calienta mucho, hay que regar con agua.
 Los más proclives a calentarse son los de línea y los de biela. Debe cuidarse que al enfriar estos, no partan.

La composición de cojinetes es muy variable, genéricamente se dice que son de metal blanco o antifricción.

Diferentes tipos de Metal Blanco.

	1	2	3	4	5
Estaño	10	16	41	63	32
Cobre	1	2	0,25	2	4
Antimonio	1	2	11	2	-
Plomo	-	-	48	33	1,1
Zinc	-	-	-	-	62
Hierro	-	-	-	-	0,6

Las composiciones que han dado los mejores resultados son las más ricas en estaño, que son las más caras.
 La capa es de 5/16 a 3/8 de pulgada. Van directamente al cojinete sin casquillo.

4.4.7.- TUBERIA.

Henrry Caralp²¹.

Del libro revisado de este autor, se ha tomado lo que se sigue de temas de tubería:

Los tubos vapor no deben ir montados muy rígidos, para no tener problemas de roturas y perdida de presión.

En la tubería principal de vapor a motores, la sección es de una pulgada cuadrada por HP, o más en motores pequeños.

Hay que buscar trazado corto de calderas a motores.

Los radios de curvas deben ser muy largos (hoy se pide un mínimo de 3 diámetros).

La tubería de vapor debe ir forrada con manta de pelo, manta de hilo, capa de lona y pintura.

Emplear solo tubo de cobre, el de hierro suelta óxido que puede dañar las válvulas o cilindros.

Las conexiones a calderas, se harán solo mediante expansiones.

General de tubería.

Los tubos son de cobre rojo.

Los tubos pequeños, son estirados, son de una sola pieza, los grandes envueltos y remachados, o soldados.

Si la presión en la conducción es alta, se hace una ligada exterior a los tubos con alambre de acero.

Se eliminarán los codos bruscos para no debilitar la pared.

Se está empezando a trabajar con tubos de acero, pero son muy pesados.

Uniones.

Las piezas de tubo son de 6/8 metros, en pequeños diámetros

Se unen con bridales de bronce y tortillería.

Con tubo de bastante diámetro, se abocarda el tubo y se une también con bridales soldadas.

- La varilla de soldadura para cobre o bronce es a base de cobre, zinc y estaño.

- Para plomo es de estaño y plomo.

Se emplea también brida de cuello sobrepuesta a la tubería y remachada.

Otra unión es a base de collarines fijos al tubo y bridas locas.

Los injertos se hacen con mediante abertura y tubo solapado.

Los pasamamparos se realizan con bridadas empernadas, soldadas a los tubos, con juntas de plomo entre brida y mamparo, y tortillería pasante.

Las expansiones son mediante unión con prensa deslizante.

También se emplea como expansión una junta elástica semitórica.

Para tubo pequeño se emplea una lira o una vuelta completa.

Cecilio Sanz.

Otros métodos de unión (recogidos en UNL).

Bridas y extremos de tubos roscados, para uniones de alta presión.

Manguitos roscados, uniendo tubos roscados en sus extremos. El estancado se conseguía con estopa, albayalde y aceite de linaza.

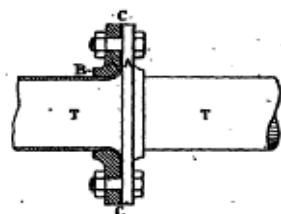
La tubería de plomo, usada en sanitarios, se estañaba a las tuberías generales

Las juntas en bridadas variaban con los servicios. Las más habituales eran de goma para agua y de cartón de paja para aceites y combustibles

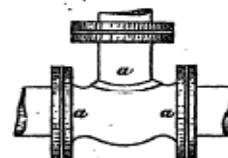
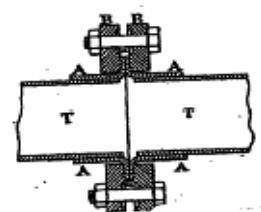
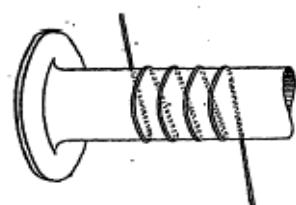
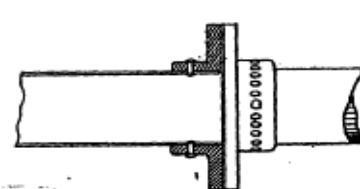
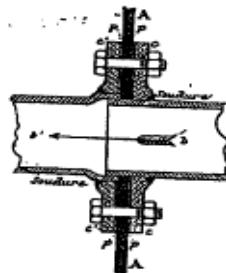
Curvado

Para el curvado de tubos se llenaban con arena seca (picado), calentándose después la zona a curvar; se dejaban las bocas del tubo abiertas para que el tubo no explotara. Las curvas así no pierden espesor por el exterior y la apariencia es perfecta. El control del curvado se hacia por plantilla.

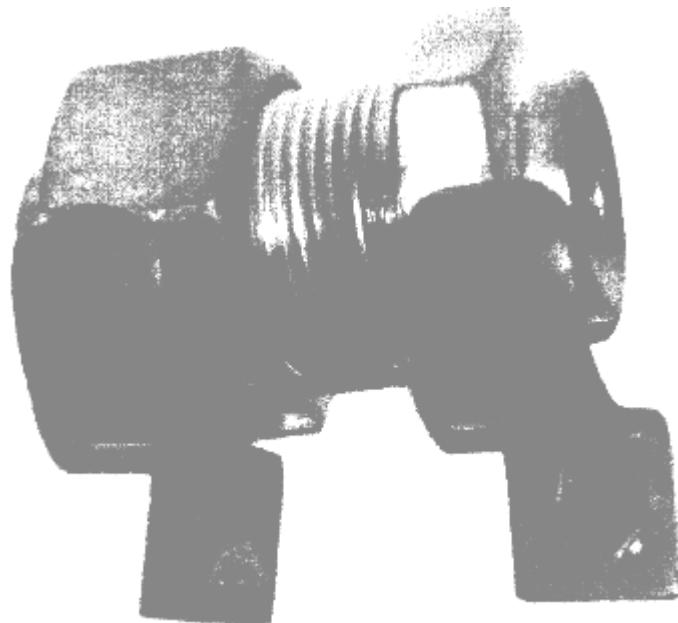
Como curiosidad, apuntar que casi todo lo citado de tubería, está prohibido, hoy, por las Reglas de las Sociedades de Clasificación.



T. Tuyaux à rincer.
A. Brides en bronze.
B. Soudure.
C. Rondelle de plomb faisant le joint.



Detalles de tubería (Caralp)



Unión roscada

4.4.8.- PLANOS DEL CONDE DE VENADITO.

De los planos conseguidos del Museo Naval de Madrid, tenemos unos comentarios en relación a lo que se trata en este Capítulo.

- Línea de ejes.- Viene entambuchada desde la máquina, donde ensancha para montar una puerta corredera.
Los polines de las chumaceras van referidos a la estructura del fondo.
La disposición es:
A la salida de la bocina un plato de acople y a continuación una silleta.
Antes del siguiente acoplamiento hay otra silleta muy próxima al mismo, a continuación de la unión hay otra silleta. Estas silletas están tan juntas que el polín es común para las dos.

Continúa el eje hasta un nuevo acoplamiento, viniendo a continuación otra silla, un dispositivo que podría ser el empuje y el prensa del mamparo estanco.

Antes de que se pusiera en vigor la alineación racional, sobre todo para las líneas largas, cada eje de la línea tenía dos chumaceras, con la alineación racional quedó en una por eje, el ejemplo actual no se corresponde ni con uno, ni con otro sistema. Esta estudiado el desmontaje del eje de cola, que es el más problemático.

No se ven cotas de diámetros de ejes.

4.5 BIBLIOGRAFIA, ANALISIS Y COMENTARIOS

FUENTES PARA ESTE CAPITULO.

Para las investigaciones llevadas a cabo en este capítulo hemos utilizado una serie de libros de autores, que a veces son fabricantes de equipos y que frecuentemente utilizaron la tribuna de oradores del Instituto de Ingenieros Navales ingleses.

Los tratadistas franceses de Termodinámica y Maquinaria, desde muy al principio de emplearse el vapor, dejan muy claro que están con el grupo de cabeza en estas disciplinas.

Murray, Robert A TREATISE ON MARINE ENGINES London 1869.

Libro muy completo describiendo todos y cada uno de los componentes de una máquina de un barco así como indicando parámetros de uso, averías frecuentes y prácticas para evitarlas. Da consumos, potencias, medios de comparación entre barcos, en fin da todo lo que se conocía el año que se publicó el libro y opiniones sobre las novedades. Destacable la exposición de un barco propulsado por chorro de agua. Muy buen libro.

Greenhill, Basil. FIRST ATLANTIC LINERS. 1997.

Libro moderno acerca de los finales de la vela y comienzos del motor, con detalles técnicos interesantes. El autor se ha valido de los conocimientos prácticos de un experto en vela, que le ha permitido mucha precisión en los detalles de ésta.

El libro aporta una serie de datos y detalles de la época, muy válidos.

Sennett, Richard. MARINE STEAM ENGINE . London 1885.

Richard Sennett fue ingeniero naval, inspector jefe de maquinaria del Almirantazgo, miembro de la junta de gobierno del INA y muchas cosas más. El libro que se comenta está a la altura de todos los cargos citados, sin ninguna duda.

El libro, bastante voluminoso, analiza históricamente la evolución de la maquinaria con detalles de fabricantes, barcos en que se montó y detalles de operación. Analiza los combustibles, el vapor, las producciones y necesidades de las máquinas, los componentes auxiliares de la maquinaria, dimensionamiento de componentes, etc. Analiza la propulsión a paletas y a hélice. Es un libro de consulta de todo lo que sea maquinaria.

Demoulin, Maurice. PAQUEBOTS A GRANDE VITESSE. Paris 1887.

El Sr. Demoulin, en este libro hace una especie de recapitulación de los barcos de vapor hasta el momento en que se escribe el libro, incidiendo en los equipos, barcos, velocidades, tráficos y Compañías que lideran el mundo de los barcos en los años 80. Hoy se diría que el libro define el "estado del arte" de los barcos en aquellos años.

Libro realmente bueno, que trata desde los nuevos modelos de los servomotores, hasta las pugnas entre compañías en una línea en particular.

Su único problema es la imposibilidad de tratar con la misma extensión que las monografías, todos y cada uno de los temas abordados, aunque el resultado es bueno.

Dejust, J. MACHINES A VAPEUR. MACHINES TERMODINAMIQUES DIVERSES Paris 1899.

Libro que hace una pequeña introducción sobre la historia del vapor remontándose a Savary (s.XVII). Trata relativamente poco de calderas y es bastante extenso y completo en el tema de máquinas de vapor.

De los motores, trata todos los que figuran descritos en este capítulo, enriqueciendo la información con los inventores de los mismos y más datos. El motor de tronco lo atribuye al conocido, por otros trabajos, John Penn.

Contiene un capítulo para cálculo de potencias. El autor es ingeniero civil.

Caralp, Henry. CHAUDIERS & MACHINES DE LA MARINE DE GUERRE. Paris 1896.

Es un buen libro de máquinas, algo más moderno que otros consultados, por lo que se pueden encontrar primicias del tipo de las calderas Yarrow, en servicio en la marina española en 1968, los combustibles líquidos y alguna cosa más.

Muy práctico para cálculo de parrillas de combustión y superficies de calentamiento. Es simplemente un libro francés sobre maquinaria en barcos, es un libro muy bueno.

Es el libro en que se pueden ver más detalles del trabajo de la tubería.

Cecilio Sanz. TUBERIA. EXPERIENCIA PERSONAL.

En un crucero medio (1.000 pasajeros) se montan del orden de los 130.000 metros de tubería de docenas de servicios diferentes, que varían algo de un barco a otro. En la máquina va un poco menos de la mitad de la cantidad citada, van unos 50.000 m. de tubería, equivalentes a 25.000 tubos de 2 m., que es la media de longitud. A día de hoy montar maquinaria, ejes, hélices, etc., no pasa en tiempo de la mitad de lo que cuesta montar la tubería. Este es el motivo de haberles reservado a los tubos, un pequeño apartado en este capítulo.

Por lo que en su día se supo a través de los antiguos Jefes del Taller de Tubos, se llegó a conocer que en tiempos se empleaban las bridas roscadas, los enlaces derecha izquierda y que los tubos se curvaban a base de arena seca y soplete, cuando no se habían inventado las curvadoras. Piezas de plomo y bridas roscadas aún se han llegado a localizar y fotografiar.

Prácticamente todo lo localizado sobre materiales, formas de unión, fungibles para soldadura y alguna disposición de tubos, está prohibido en los Reglamentos actuales.

Transactions del INA.

Las Transactions ya han sido presentadas en capítulos anteriores, son una especie de actas de sesiones técnicas, de muy alto nivel, de la Ingeniería Naval Inglesa, de aquellos tiempos.

En relación con este capítulo se han encontrado:

- 1862. **Almirante H D P Cunningham.** Aparejo de Barcos de Vapor.
Sobre la simplificación del aparejo en barcos de vapor.

- 1862. **Charles Wye Williams.** Calderas.
Estudio de combustión de diferentes carbonos en buques y parámetros que afectan al rendimiento.

- 1868. **E. Allen.** Doble Expansión.
En esta comunicación se presenta la máquina de doble expansión y los espectaculares primeros resultados obtenidos.

- 1870. **Cap SELWYN.** Combustible Líquido.
No se presenta aún el petróleo actual, se trata de un subproducto líquido de la fabricación del gas ciudad, que supera netamente al carbón.

ANALISIS Y COMENTARIOS

La decisión de continuar montando vela en los barcos parece de lo más acertado y prudente, como los acaecimientos se encargaron de demostrar.

Al comienzo de la navegación a vapor, no debió ser raro que los barcos se quedaran con la máquina averiada, parados, en medio del mar. Valgan como ejemplos los más de 10 días que estuvo averiada la máquina del *Royal Williams* en la península del Labrador, en 1836, y la avería irreparable, por pérdida de las palas de la hélice, del *Great*

Britain, a la vuelta de su segundo viaje a América en 1846. Se ignora si estos barcos se habrían perdido de no haber llevado vela, pero cabe dentro de lo posible por la condición de los mares por los que navegaban.

En lo que a calderas se refiere, la cita a la limpieza de las estrechas calderas de flujo por niños, es incalificable. Las temperaturas de las calderas "frías" para entrar ha limpiar y la atmósfera de suspensión de hollín que se forma, se conocen físicamente y se puede garantizar que no son aptas ni para los hombres más curtidos, menos aún para los niños.

Las calderas de flujo se cambiaron pronto por las de tubos, aunque los principios de parrillas, zonas de evaporación, etc., eran los mismos. Estas calderas fueron sustituidas por las de tubos de agua al final del periodo considerado.

Los varios tipos de calderas que se usaron, unidos a los diferentes sistemas de forzar la combustión del carbón, uso de vapor recalentado, diferentes presiones de vapor, etc., daban unos resultados de eficacia de las instalaciones muy diferentes; los indices comparativos, pueden dar lugar a confusión. La cantidad de carbón que se puede quemar, varía, según autores, modelos y momentos entre 10 libras por pie cuadrado de parrilla, a los 500 Kg. por metro cuadrado (poco creíble, incluso en experimentos). Los 12 pies de superficie de evaporación, por caballo, son un poco más habituales entre los autores, aunque no se han localizado en calderas reales. El número de caballos a obtener por pie cuadrado de parrilla, varía de 1 a casi 20, según las variables citadas. Hay una gran dispersión de datos.

La medida empírica, no citada en texto, de 5 caballos por pie cuadrado de parrilla y 5 pies cuadrados de superficie de calefacción de caldera por caballo, parece que sea la que más se acerca a la realidad media, sin sobrealimentar.

Las cifras de volumen de aire preciso, hicieron inevitable la ventilación mecánica, antes de pensar en sobrealimentar. De ahí a presurizar la cámara iba un paso y se acabó dando pronto. Fue el aumento de potencia más simple, y más barato, de los conseguidos hasta entonces.

En este periodo ya se hicieron algunas pruebas con combustibles líquidos, que acabarían siendo los únicos empleados.

A final del periodo se probaron las calderas de tubos de agua, que tuvieron problemas en su puesta a punto inicial. Hoy las calderas son de tubos de agua.

Los consumos de carbón bajaron, de 3 / 3,5 Kg. por caballo y hora, al comienzo del periodo, a los 0,6 / 0,7 Kg. por caballo y hora, al final del mismo.

La presión de calderas subió de las iniciales 2 / 5 libras por pulgada cuadrada, a 150 / 200 libras por pulgada cuadrada, a final del periodo.

El consumo de vapor por caballo bajó de 12 Kilos a 6.

Se pasó de una cámara de máquinas que pesaba 1 tonelada por caballo, a otra de 100 Kg. por caballo.

Los barcos propulsados a vapor se inventaron por el americano Fulton, por el inglés W. Symington unos años antes y aún antes por el francés Joufrois. La importancia del invento pudo llevar a esta curiosidad patriótica. El tema es anecdotico.

Las máquinas de balancín, bastante pesadas, fueron sustituidas por otras con más facilidad para actuar cigüeñales, que bajaron desde el techo de la cámara de máquinas a nivel de doble fondo, para mover las hélices.

Se acabaron imponiendo los motores de cilindros invertidos y cruceta guiada, que los franceses llamaban motores de pilón.

Citar el rápido cambio de los telégrafos de posturas a la vista, a los de campana, y poco más tarde, a los mecánicos. Estos mecánicos seguían en uso en 1980, más o menos.

El metal blanco como antifricción, en base a estaño, ha seguido en uso hasta 1970/75, sustituido por los cojinetes trimetálicos, en base cobre.

La referencia a los niveles, o plomos en los barcos, para suplir las plomadas, esta aún en uso, sobre todo en las zonas de habilitación de barcos de pasaje. Un crucero mediano puede llevar del orden de 12.000 a 15.000 m² de tableros y puertas, y todos han de ir aplomados, sin plomada. Se marcan antes de botadura con escuadras de carpintero. En la máquina en construcción o en cualquier desmontaje, siempre se marcan.

En la literatura se encuentran básicamente citas con caballos nominales, caballos indicados y caballos efectivos. Más raramente se habla de caballos de fabricante, caballos reales y tal vez otros. De los tres primeros se acaba conociendo el significado usual sin demasiados problemas.

NHP.- Caballos nominales, los que daría un motor trabajando a una presión predeterminada y con una carrera tabulada. Dan una idea más aproximada de tamaño y de precio que de potencia.

IHP.- Caballos indicados, los producidos por la máquina de un barco.

EHP.- Caballos efectivos, los que se aprovechan, de los IHP, en la propulsión de un barco.

Las piezas de transmisión de la potencia estaban sobredimensionadas en general, en la época estudiada. Las ruedas del "reductor" del *Great Britain* median 18 pies y 3 pulgadas de diámetro (5.562 mm), y la rueda pequeña dentada era de 6 pies de diámetro (1.828 mm.), el largo de las ruedas era tambien de 6 pies, para transmitir 1.800 HP. La transmisión no era por toque directo entre dientes, llevaba una correa intermedia. Esta correa podría transmitir la potencia, engranada en dientes de madera, sin ningún problema.

Un reductor actual que transmita de 15.000 á 20.000 CV., puede tener unos diámetros de ruedas de alrededor de 700 mm. / 1.000 mm, por menos de 1 metro de largo, en acero cementado.

Uno de los mayores problemas de la época fue el tener que funcionar con sal en calderas. Hasta que el condensador fue de superficie, la presión y la potencia estuvieron condicionadas. A más de 5/10 libras de presión y una concentración mayor de 3 veces la del agua del mar, la sal empezaba a precipitar. Al principio, en el *Royal Willians* y en los barcos contemporáneos, no se vaciaban diariamente las calderas de

salmuera, pero tenían que apagarlas un día de cada cuatro, para picar la sal.

El condensador de superficie se pensó que iba a librarse de todas esas dependencias, pero la corrosión de la tubería hizo que se utilizara una costra fina de sal, en las chapas y tubos, para intentar evitarla. Los ánodos de zinc acabaron por solucionar el tema.

El condensador, en la actualidad, es la autentica estrella de los componentes de una cámara de máquinas a vapor. Todo funciona, si el condensador mantiene el vacío. Antes también.

Como resumen de lo expuesto en este capítulo, se comenta que los libros utilizados son muy buenos, escritos en el momento que se está estudiando y por unos muy buenos profesionales en la materia.

En aquella época las máquinas se hacían en los talleres de los profesionales citados, las montaban y probaban a bordo los mismos que las habían construido y embarcaban en el barco algún personal del citado taller. Esto significa que esos constructores sabían todo lo que se podía saber de sus propias máquinas.

Lo escrito en este capítulo corresponde a lo que se buscaba al inicio de la investigación. Murray y Sennett tienen los textos más completos sobre lo que se trata en este capítulo. Han sido los más utilizados.

CAPITULO 5º

ESPACIOS PARA EL PASAJE

5.1 Presentación

5.2 Disposiciones.

5.3 Emigrantes. Acta Parlamentaria 1855

5.4 Locales desaparecidos

5.5 Servicios en habilitación

5.6 Bibliografía, Análisis y Comentarios

OBJETO

El objeto del presente capítulo es investigar y describir como fueron los espacios de habilitación de los barcos de pasaje de mediados del s.XIX.

Los barcos que transportaban pasajeros en aquella época eran barcos que tenían espacios de carga y espacios de pasaje, para un número limitado de personas. Pasada la mitad del siglo, dentro ya del periodo de estudio elegido, muchos de esos barcos empezaron a cambiar el destino de las bodegas de carga dedicándolas al más lucrativo transporte de emigrantes.

Al igual que hay bastante literatura sobre las formas y maneras de construir un casco o de disponer una cámara de máquinas, no se han encontrado demasiadas fuentes para las habilitaciones navales, sus detalles y sus componentes. Parece que debió pensarse que la habilitación de espacios era una ciencia menor para la que no se precisaban conocimientos, ni tratados que la avalaran; la situación no ha cambiado mucho, a pesar del porcentaje en costo y en tiempo que hoy se emplean para construir una habilitación de un gran barco de crucero. Afortunadamente hay unas instituciones que se llaman museos, que guardan todo, incluido planos, que permiten que sea posible conocer lo que se está investigando y obviar la escasez de textos.

ALCANCE

Se tratará en este capítulo de las disposiciones de las cubiertas de pasaje.

Aquí se revisaran las disposiciones de una serie de barcos desde 1835 a 1884, pudiéndose comprobar que la búsqueda de luz natural, condicionó inicialmente la distribución de espacios.

Al principio del periodo estudiado, los salones y espacios comunes estaban flanqueados por camarotes, más tarde los salones, separándose de los camarotes, llegaron a utilizar la manga completa de las superestructuras.

Emigrantes.

Se estudia en qué condiciones viajaron los emigrantes en aquellos años, incluyendo comida, hospitales, aseo, etc. Se repasan las condiciones de los viajes, precios de billetes y legislación dirigida a los mismos.

Servicios en habilitación.

Se dará aquí una pequeña reseña sobre la evolución de los servicios, según van incorporando los constructores nuevas tecnologías. Ventilación, luz y servicios sanitarios definirían época y estandard de una habilitación.

5.1 PRESENTACION

Cuando los barcos a vapor empezaron a cruzar el Atlántico, en los años 40, los conceptos de explotación eran bastante diferentes a los que llegarían a tener los barcos de pasaje puro, que tardaron muchos años en aparecer.

Los primeros pasajeros en cruzar el Atlántico lo hicieron cuando en las bodegas se estibaba mercancía facturable, además del carbón que se preveía consumir en el viaje.

Por la cuantía de pasajeros que conseguían embarcar las navieras en cada viaje, más parece que los barcos fueran barcos de carga con algún pasajero, que auténticos buques de pasaje y carga. Viajes con 7, 12 ó 19 pasajeros, no era raro en los primeros tiempos.

A pesar de que algunas compañías trataban de reducir el gasto de la comida de los pasajeros, cobrando el vino como complemento del billete, es imposible que los barcos pudieran financiar sus costos con un par de docenas de billetes de pasajeros. Los barcos necesitaban la mayor cantidad de bodega disponible para cubrir gastos al menos. El poder disponer de calderas cilíndricas y máquinas de acción directa, supuso una reducción en el tamaño de la máquina que debió ser muy bien recibida por todos los armadores de 1855/1860. Los de 1870 dispusieron de la máquina Compound, que redujo bastante el consumo de carbón.

En estos años de penuria de espacio, la confianza en la máquina de vapor no era muy grande, nadie pensaba en que se podía desprender de las velas como elemento de propulsión del barco, eso quiere decir que sería bueno disponer de la cubierta superior despejada, para facilitar el manejo de la jarcia; la superestructura tendría que esperar unos años.

La tradición en el transporte de pasajeros era que estos se alojaran bajo cubierta. Las pocas personas que anteriormente viajaban en barcos de carga, lo hacían habitualmente en la toldilla, sin que sus alojamientos impidieran el manejo de las velas.

Solo cuando la máquina empezó a inspirar confianza a armadores, sociedades y seguros, se empezó tímidamente a montar superestructuras de una cubierta, que pasaron a ser dos, a final del periodo. La primera superestructura, de las localizadas, fue producto de una transformación que se realizó en el *Great Britain* cuando se le cambió de tráfico, destinándole a viajar al Extremo Oriente. Esto fue en la década de los 50. Los palos fueron cambiados de disposición y se mejoró su anclaje. Posiblemente fue en este barco, en el que los pasajeros tuvieron una perspectiva y una luz durante el día, que no habían tenido nunca.

La distribución en eslora de los pasajeros solía ser: Primera en el centro, Segunda a popa, Tercera preferente a proa.

Además de la lacra del tráfico de esclavos, que casi alcanzaría hasta 1890 ó más, que es ajena a este estudio, y de los pasajeros de camarote, principales protagonistas de los barcos de pasaje, hubo desde mediados de siglo, un movimiento de transvase de población conocido como emigración, que continuó al menos hasta 1950. Fueron millones los europeos (y asiáticos) que llegaron a América, viajando bastante pobemente. Desde que la emigración fue permitida en Estados Unidos, en 1870, hasta 1.900, los emigrantes europeos que viajaron a América, fueron unos 17.000.000 de personas¹.

Los emigrantes viajaron en bodegas y aunque alguna compañía puso un acceso en el muelle para emigrantes, que les evitaba bajar por las escotillas, los accesos conducían a las bodegas. Dormían en grupos de seis literas habitualmente y únicamente disponían de un recinto cerrado las familias que, ubicadas en el centro del espacio, servían de barrera de separación entre varones y mujeres. Las bodegas tenían a veces las escotillas entambuchadas, para facilitar la carga de los entrepuentes bajos, aunque cerrar los troncos se acabó prohibiendo.

5.2 DISPOSICIONES

Se trae a este punto las disposiciones de una serie de barcos, que lentamente van variando en el tiempo. Inicialmente en los buques se adoptan las disposiciones que se empleaban entre las tripulaciones de los barcos, con espacios comunes que también servían como dormitorio.

En 1835 Mazaudier² escribía:

“En los barcos de pasaje van separados espacios de máquinas, alojamientos y equipajes. El pasaje va en salón bajo cubierta. A cada

costado del salón van una serie de literas en dos niveles con una cortina tapándolas.”

En 1840, en el buque *Britannia*, las literas en mamparos, que eran habituales en 1835, habían desaparecido. Los pasajeros siguen disponiendo de espacios para estar y comedor comunes, pero en los mamparos de cierre de estos espacios ya se disponen unas puertas que dan acceso a camarotes, que es donde los pasajeros duermen.

En el *Great Britain*, que entró en servicio en 1845, los espacios comunes ya eran de dos tipos, unos destinados a estar comedor y otros a pasear, ocupando dos cubiertas bajo la superior.

En 1861 entra en servicio el buque *Scotia*. Este barco llevaba una cubierta, no completa, de superestructura, en la que se ubicaban los salones para comedor y estar del barco.

Esta disposición de espacios comunes rodeados por camarotes, que perduró hasta el 1870 / 1875, acabará cambiando, pasando a ser a base de áreas separadas de salones y camarotes, que es como van en la actualidad.

También los nombres de los espacios han cambiado. Al estudiar los planos de las disposiciones de los barcos que siguen, y otros de la época, se encontraron espacios tales como: el salón de fumadores, el camarote de mujeres, la cuadra para el ganado y el pañol del hielo; todos se han perdido en los actuales barcos. Los modernos “shopping center”, “casino games”, “show lounge” y “jacuzzi-fitness”, suenan más a complejo turístico de la Costa del Sol, que a espacios de barcos de verdad.

5.2.1.- GREAT BRITAIN³

El primer barco revisado es el *Great Britain*, construido en Bristol de 1839 a 1843, que comenzó su vida con un periplo por los puertos ingleses de promoción. A cuenta de lo anterior, el primer viaje a la costa Este americana lo realizará en 1845. Uno de los primeros buques de hierro, uno de los primeros buques propulsado a hélice, el

mayor barco cuando se botó, dio un resultado tan bueno que fue salvado del desguace, y en la actualidad es un buque museo, en el mismo Bristol en que fue construido.

Después de un tiempo dedicándose a la ruta con Estados Unidos, fue vendido y los nuevos armadores le dedicaron al tráfico con Australia rehaciendo completamente la habilitación. Se montó una cubierta de superestructura sobre la cubierta superior, que de alguna forma fue una primicia durante unos cuantos años.

La habilitación inicial de acuerdo con los planos del National Maritime Museum debió ser:

Cubierta Superior.-

Esta cubierta, en los primeros tiempos de los vapores, no se utilizó para ser habilitada. En este y otros muchos casos, fue una simple cubierta corrida en la que se practicaron muchas aberturas para lumbreñas para iluminación, para bajada a máquinas, para manguerotes de ventilación y para tambuchos de escaleras de bajada a los alojamientos del interior.

Primera Cubierta Baja, popa.-

En esta cubierta la habilitación está dividida en dos, a cuenta de la máquina, que al ser con el cigüeñal alto alcanza hasta la cubierta superior.

En la zona de popa la habilitación está formada por un espacio central, rodeado en ambos laterales por grupos de camarotes que llegan hasta el mamparo de cierre de popa de la máquina.

Los camarotes están dispuestos en dos filas, unos dan a casco y los paralelos carecen de portillo. Para tener acceso a los camarotes hay dispuestos unos pasillos transversales que van del salón al casco; estos pasillos tienen puerta en la parte del salón con lo que, con las puertas cerradas, los mamparos laterales del salón presentarían el aspecto de un mamparo corrido con puertas.

Los cuatro camarotes de popa son individuales y el resto dobles.

Antes de llegar al mamparo de proa hay un pequeño salón, o un estar, en que se representan unos sofás y una mesa.

A proa de esto último hay un camarote para dos camareras, dos wáteres y el dormitorio del capitán. El despacho o estar del capitán está separado y representado en línea centro.

El espacio entre camarotes no tiene nada representado, muy posiblemente fue una cubierta para paseo, conocidas entonces como cubiertas "Promenade". En el piso hay representadas bastantes rejillas que son para proporcionar algo de luz natural al comedor que hay debajo.

Zona de proa.-

En la banda de Br que es la representada en los planos, hay dibujados 18 camarotes de buen tamaño, todos dobles. Los camarotes llevan la misma disposición que en popa, van en grupos de cuatro, de los que dos son exteriores y dos interiores. Entre cada grupo hay un pasillo transversal por el que hay acceso a los cuatro, con una puerta de entrada desde el espacio central.

En el espacio central no hay representado nada, por lo que debe ser una zona de paseo, para los pasajeros que iban a proa de la máquina. Están representadas rejillas alineadas con las lumbreiras de la cubierta alta y con el destino ya comentado.

Segunda Cubierta Baja.-

La disposición es parecida a la de la cubierta alta. Los camarotes se sitúan en los laterales del espacio central y son de varios tipos y cabida, siguiendo las formas del casco.

Por popa no hay grupos de cuatro camarotes, son camarotes individuales que dan todos a costado y tienen la puerta que abre al propio salón. Más a proa se vuelve a disponer de grupos de cuatro camarotes, a los que se accede por pasillos transversales y puerta en el pasillo.

Contra el mamparo de proa remata este grupo de camarotes con un camarote doble y un gran armario de servicio, posiblemente relacionado con el comedor.

El comedor, centrado entre camarotes, lo forman tres tableros longitudinales, con dos bancos por mesa. En algún texto se ha leído que el mobiliario del comedor se desmontaba una vez se había comido, quedando el espacio para otros usos del pasaje.

En el espacio de proa han destinado más espacio a los camarotes, al disponer únicamente el comedor de dos tableros en el centro. Se repiten los grupos de 4 camarotes servidos por pasillos transversales

con puerta, salvo los tres camarotes de proa que no están doblados. Los camarotes de más a proa se pueden comunicar.

A popa del grupo hay un “pantry” para servicio del comedor.

A proa de esta cubierta viene indicado en plano como alojamiento de Tripulantes, en la de más arriba está indicado alojamiento de Oficiales.

5.2.2.- HABILITACION DEL GREAT EASTERN⁴ 1858

El casco de este buque fue diseñado por John Scott Russell, que fue uno de los mejores ingenieros navales ingleses del s.XIX.

Habitualmente el barco se atribuye a Brunel, que era ingeniero civil. En el campo estructural, con este barco se dio un paso definitivo hacia la construcción longitudinal, los mamparos de compartimentado estanco y el doble fondo estanco.

En lo que a habilitación se refiere, se cuenta con una serie de planos del National Maritime Museum, que indican como era esta, en los años de la construcción del barco.

Cubierta Alta o Superior.-

Como es normal en estos barcos la cubierta alta es corrida y sirve de soporte a palos, chimeneas, defensas de ruedas, etc. Concretamente en la Cubierta Alta de este barco, a efectos de pasaje se ven decenas y decenas de metros de lumbreras en dos filas longitudinales a un tercio de la manga, en ambas bandas.

Entre las lumbreras se ven bastantes rejillas para ventilación de dudosa eficacia. Estas rejillas debían cerrarse con tapa en caso de mala mar.

A popa de todo está la rueda de timón, accionado a mano, su efectividad con este barco no debió ser muy buena.

Se ven en los costados 20 botes salvavidas, 2 de los cuales son a motor, bastante grandes.

Cubierta Segunda.-

La habilitación en esta cubierta está dividida en dos zonas, partidas por la maquinaria de las ruedas que afecta a todo el barco. La zona de popa va desde el segundo mamparo estanco por popa y llega hasta el mamparo de popa de la máquina; la zona de proa de habilitación va del mamparo de proa de la máquina al penúltimo mamparo por proa.

La zona de popa contiene dos mamparos estancos, habiéndose dejado uno de ellos íntegro y en el otro se representan dos puertas de comunicación.

Básicamente esta zona de habilitación la forma un salón central corrido, que al disponer de bastantes mesas, puede pensarse que haga las veces de comedor.

A ambos lados de los salones están representadas las proyecciones de lumbreras y ventilaciones.

De ahí a los costados están los camarotes, la mayoría dobles o cuádruples si hay literas sobre las camas que se ven; hoy se montan literas altas que quedan medio ocultas.

Dentro de los camarotes parece que vayan lavamanos, los pasillos transversales tienen a veces un ramal de proa a popa que da servicio a unos pequeños locales con un wáter cada uno. En total en la zona hay 12 wáters.

No hay detalle sobre cocinas o “pantries”.

No se aprecian portillos en el costado, debe de ser un olvido del dibujo.

La parte de proa de esta cubierta, es más reducida y contiene solo un mamparo estanco que tiene dos puertas abiertas, la parte central es un salón comedor limitado por la huella de ventilación y lumbreras, y al costado los camarotes agrupados en doble fila una con portillos e interiores los otros. El servicio a esos camarotes, mediante pasillos transversales con ramales para aseos.

En proa se ha eliminado un camarote por banda y se ha montado un wáter y un baño en cada uno.

A proa del mamparo límite, están los alojamientos de tripulación y el equivalente a maestranza.

Cubierta Intermedia.-

La distribución en esta cubierta es similar a las que ya se han visto. Al igual que las anteriores hay dos zonas de habitación separadas por la maquinaria y el accionamiento de las ruedas de paletas.

La zona de popa tiene como las de arriba incluidos en la misma dos mamparos transversales estancos que en planos aparecen con unas cuantas puertas practicadas en los mismos.

La zona, al igual que más arriba, tiene un gran espacio central, vacío en esta cubierta, que debe tratarse de un espacio de paseo. Este espacio está perforado por paso de palos, de escapes, de rejillas, etc. De este espacio central, lo mismo que en otras cubiertas salen unos pasillos transversales por los que se accede a los camarotes. Estos pasillos se cruzan con otros longitudinales que en uno de sus extremos tiene un wáter de uso para la zona. Entre los dos primeros mamparos estancos hay 6 de ellos.

En la proyección de la zona de lumbreñas y rejillas se siguen prolongando cortes para paso a la cubierta de más abajo, aunque en un porcentaje pequeño de los que entran.

En la parte de proa vuelve a repetirse la similitud.

La distribución es exactamente igual que en popa incluyendo los aseos en pasillos.

La parte central parece una zona de paseo.

El mamparo que se incluye en la zona tiene puertas y van abiertas.

Tiene escaleras en proa y popa que comunican con la cubierta baja y todas las superiores. De haber estado entambuchadas con material incombustible, hubieran sido unas magníficas vías de escape.

Cubierta Cuarta.-

En esta cubierta la disposición de los camarotes es diferente de la que hemos venido viendo.

De los tres espacios en que queda dividida esta zona de popa, por los mamparos transversales, el espacio de popa, está construido sobre el forro de madera de la cubierta, mientras que los dos de proa van enmoquetados.

El espacio central entre camarotes va vacío en el espacio de popa y se ven dos comedores en los espacios central y de proa.

Los camarotes tienen una especie de espejo para tocador no representado en otras cubiertas. Los camarotes parecen que sean de dos pasajeros.

En los finales de pasillos hay igualmente wáteres pero también hay un par de baños por zona.

No se ve ningún portillo representado, al igual que en resto de cubiertas.

En la zona de proa, en el centro del espacio central, hay un comedor menos multitudinario y mejor montado que en las otras cubiertas.

A proa de ese hay un salón que podría servir como salón de fumador, salón de lectura o con cualquier otro destino, incluso podía servir para comedor de pocos comensales. Al igual que el salón a popa de este, parece que el estandar debió ser muy bueno. En lo que se refiere a los camarotes, debieron ser muy parecidos a los de popa, incluido el espejo de tocador que aparece representado en todos ellos.

Hay aseos con wáter dentro de las zonas de camarotes, hay dos bañeras de uso común en esta zona.

En general la habilitación se repite de una cubierta a otra, son básicamente salones comedor, o espacios para paseo, centrados en la manga, que se completan con grupos de camarotes en ambas bandas, que en estos años aún no tenían servicios propios. La clase de la zona vendría definida por el número de pasajeros por cabina y la calidad de los materiales empleados, también variarían los servicios sanitarios generales de la zona.

5.2.3.- BARCOS DE HARLAND & WOLFF⁵

Las notas siguientes están sacadas del magnífico libro de Tom McCluskie: Harland & Wolff, "Designs from the Shipbuilding Empire".

Este libro describe la construcción de buques de este astillero irlandés desde 1860 hasta 1882.

Entre las realizaciones de estos astilleros predomina la construcción de veleros y de barcos no muy grandes, aunque también figura en su historial la construcción de barcos para la White Star y la Cunard.

Años más tarde, H&W construiría el famoso *Titanic*, que le llevó a la quiebra.

Se comentan disposiciones y detalles de planos:

Buque *Jane Porter* –1860-- Primer barco de hierro construido en el astillero. Comenta el autor en el texto, que la única concesión al lujo de este barco fue poner un baño al capitán.

Buque *Dharwar* –1864-- Buque construido para comerciar con la India, tenía espacio para 16 pasajeros. La zona habilitada era la toldilla, que disponía de dos salas de estar pequeñas, o camarotes amplios, completamente a popa, seguidas por un salón central con camarotes banda y banda, más a proa, llevaba tres camarotes más y el baño. Las literas abatibles darían más espacio a los camarotes que ya son bastante amplios, llevan lavabo, o lavamanos, en cada cabina. Hay un pantry para servicio de la zona. En la cubierta de arriba hay una lumbrera sobre el salón.

Se ven cuatro botes salvavidas quilla al sol, fuera de pescantes, y dos en los brazos de pescantes.

Buque *Douro* -1864- .- Para el tráfico con África del Sur, llevaba a popa una pequeña habilitación para 8 pasajeros. Lleva 4 camarotes alrededor de un salón comedor. A proa de estos está el camarote del Capitán y enfrente el camarote de mujeres con lavabo y wáter. Entre estos últimos camarotes hay un pantry para servicio.

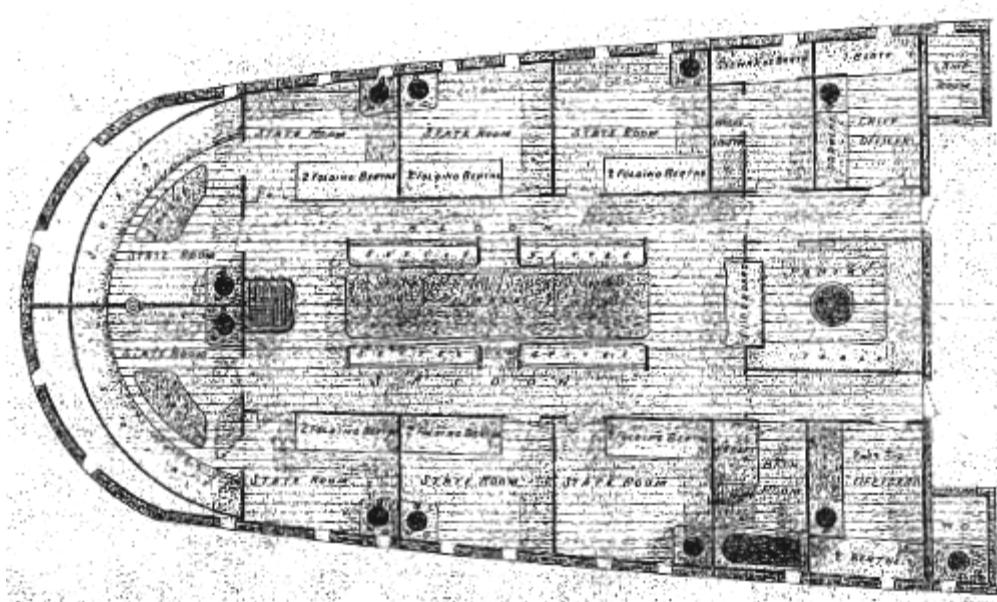
Buque *Baltic* –1871-- Uno de los primeros barcos de pasaje que hace Harland; la compañía armadora fue la White Star.

La apertura de Estados Unidos a aceptar emigrantes fue de esta época.

El Salón, por primera vez, va de banda a banda, aunque se sigue utilizando de comedor.

Se incorpora como espacio de habilitación el salón de fumador. Los Camarotes son grandes, con los portillos más grandes del mercado, a petición del armador.

Buque *Celtic* -1872-. Construido para la White Star para ser empleado en sus líneas con Estados Unidos. Los espacios para primera y segunda clases son similares a los barcos anteriores. Da un tratamiento mejor a los emigrantes. Les hace una entrada separada de 1^a y 2^a, y una vez dentro, separa hombres y mujeres. Mujeres a popa, matrimonios en el centro y hombres a proa.



Habilitación buque Dharwar 1864.

Llevaba como innovación alumbrado de gas que se desmontó a los pocos meses al no funcionar.

Buque *Steelfield* –1876-- Buque de vela de 1.315 tons construido para tráfico con América y Australia.

Los pasajeros pagaban 30 libras a Estados Unidos (los emigrantes 7,10) y 63 libras a Australia (los emigrantes 16,16).

En 1888 los pasajeros se habían pasado a los barcos a vapor y fue reconvertido en carguero.

British Queen y *British King* –1881- . - Primeros barcos de pasaje en los que se emplea el acero en el casco, en vez del hierro. Era acero Bessemer.

Los espacios comunes de habitación van de banda a banda.

El entrepuente bajo esta destinado a literas a popa y proa (Mujeres y hombres) y tiene camarotes para familias en el centro.

El servomotor es de tipo mecánico con tambor, reenvíos y gran volante solidario con la mecha. La rueda del timonel es doble y va situada completamente a popa.

Llevan poca vela y es casi decorativa.

5.2.4 SCOTIA⁶ 1861,

De acuerdo con el artículo del periódico Glasgow Daily Herald, del 22/03/1862:

En el castillo duermen fogoneros y marineros.

Sobre Cta. superior hay una superestructura cubierta, su techo hace de Cubierta “Promenade”.

En la superestructura se disponen los salones. El salón de proa mide 45x20 pies (la manga del barco eran 48 pies), el salón principal 62x20 pies, ambos de 8 pies de altura tienen cabida para 300 comensales.

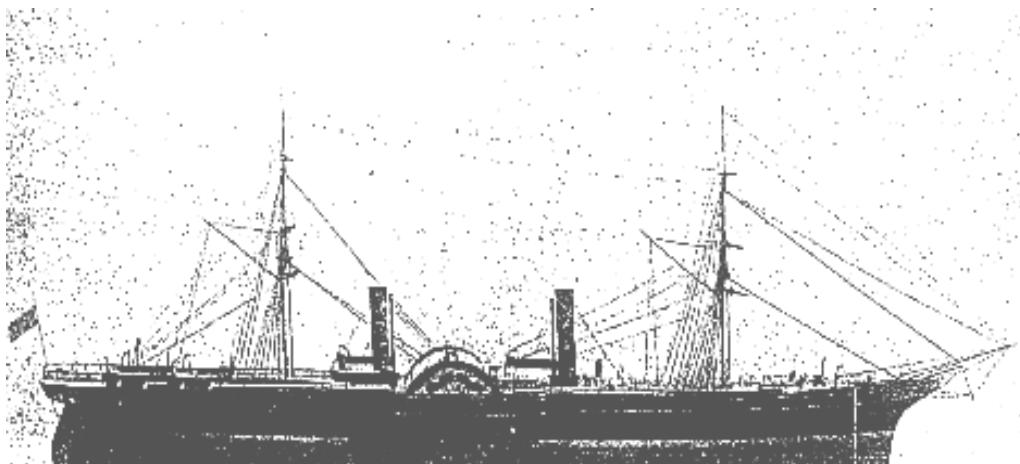
Los camarotes van bajo de cubierta superior, sobre los entrepuentes de carga.

A proa de los camarotes va un “pantry” y a popa de los mismos la cocina.

En la cubierta de camarotes y en la inferior están la panadería, el despiece de carne, el fregadero de vajilla, la cuadra, la carpintería, el taller para lámparas, la enfermería y el pañol del hielo (que se obtenía mediante máquina de hacer hielo de Jacob Perkins 1834).

5.2.5.- ARAWA⁷ 1884

Los planos de habilitación del buque ARAWA, que fletó temporalmente la compañía Trasatlántica con el nombre de COLON, son los más antiguos que se conservan de un barco de pasaje navegando con pabellón español, de esa compañía, o al menos son los más antiguos de los localizados. Forman parte de los fondos del Museo Marítimo de Barcelona.



Scotia 1861

Este buque, con otros cinco, fue adquirido por la Trasatlántica con motivo de la guerra del 1898 y fue devuelto posteriormente. Así es como figura en un listado de barcos de la propia Compañía de Mayo de 1942.

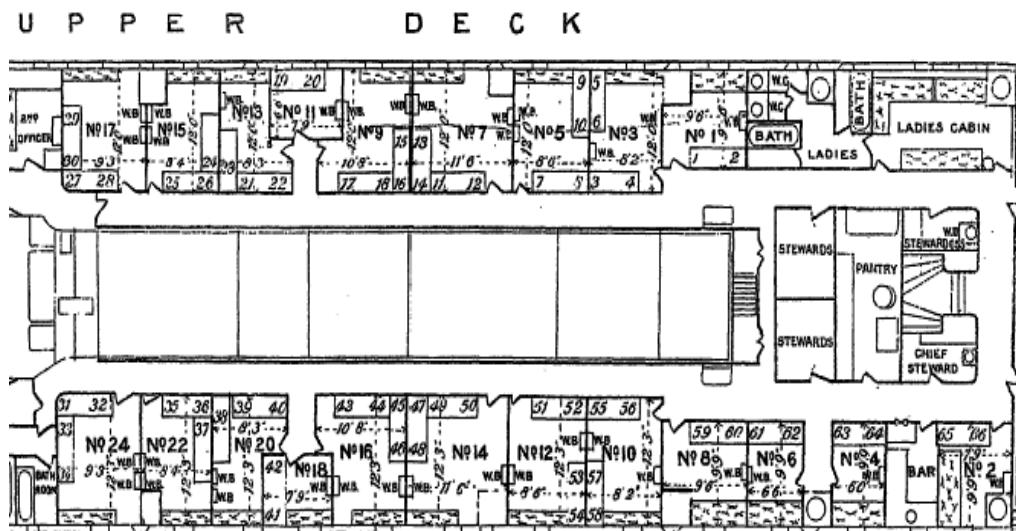
Del acta de reconocimiento, por el Ministerio de Marina, necesario para incorporarse al servicio de Correo (y pasaje), sacamos lo que sigue a continuación.

El barco ARAWA fue construido en los astilleros de Denny Brothers de Dumbarton, en Inglaterra, terminándose en 1884. Fue inspeccionado por el Lloyd's que le asignó la clasificación de 100 A 1. Sus dimensiones son Lpp = 129,68 m, B = 13,80 m, D = 10,00 m. Arqueo 5.044,42 tons brutas y 3.935,30 tons netas.

Tiene doble fondo estanco de sistema celular.

Se encuentra dividido en 8 secciones estancas, sin puertas ni comunicación ninguna en los mamparos. Máquina de triple expansión de 4 cilindros trabajando a 160 libras. Lleva aparejo de bergantín goleta de cuatro palos. Servomotor de vapor, molinete y 6 chigres para carga, también de vapor.

Armado con 2 cañones de 9 cm en cubierta y armas ligeras.



Zona de camarotes de 1^a Clase Buque Arawa

Los pasajeros se distribuyen como sigue: Los de primera van en 21 camarotes con literas para 83 personas, van en cubierta superior. Como espacios públicos lleva salón de fumador, de música y comedor.

Los de segunda tienen comedor y camarotes en la zona de popa, son 17 camarotes con 44 literas.

Los pasajeros de primera y segunda tienen zonas de toldilla para su recreo.

Los de tercera preferente se alojan en departamentos de proa, separados del resto de pasaje de 3^a ordinario. Son 32 pasajeros.

El buque esta dotado de alumbrado eléctrico y hay timbres para el servicio en todas partes.

Hay 7 wáteres (jardines) y 5 baños para primera clase y 4 wáteres (jardines) y 3 baños para segunda clase.

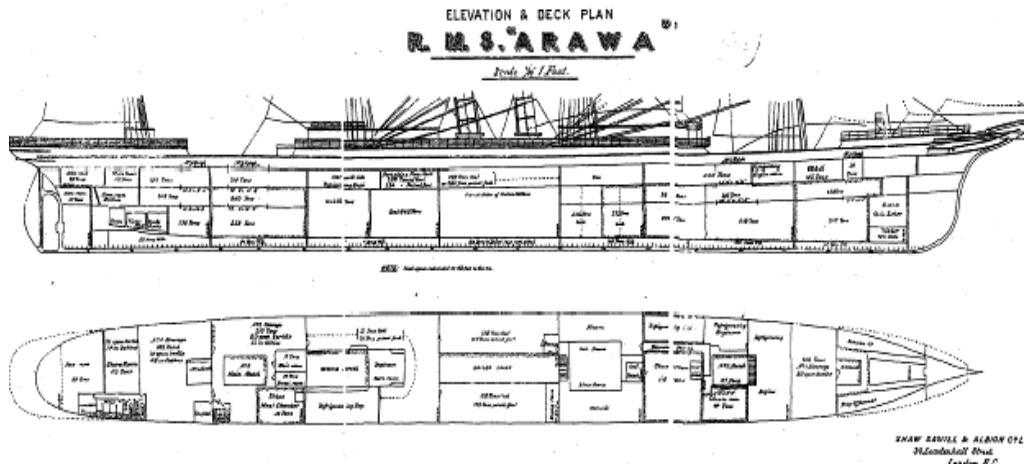
Hay ocho entrepuentes y sollados para 3^a ordinaria (emigrantes), con una capacidad de 1.452 pasajeros en esta clase. La bodega tiene 2.853 metros cúbicos, la altura de sollado 2,32 m. La Real Orden 08/01/1890 fija en 2,25 m³ los necesarios por pasajero, en entrepuente.

En la orden se admite un 5% de pasajeros más por instalación de luz eléctrica, y un 10% más por material de salvamento.

También se les da a los emigrantes espacio sobre cubierta, en proa bajo un toldo, que les libra del agua y del sol.

Duermen en literas de tres niveles separadas por pasillos de 0,7 m.

Los pasajeros de 3^a ordinaria tienen cámaras de aseo (aseos generales) con lavamanos y 7 jardines por banda.



Buque Arawa

A popa hay un espacio de 84 m^3 dedicado a enfermería, hay literas para 28 enfermos a razón de 3 m^3 cada uno, según reglamento.

Como material de salvamento dispone de 2 botes ordinarios, 8 botes salvavidas, 6 balsas, 8 botes plegantes y 4 balsas plegantes, todos ellos dotados del material que se requiere en la RO de 17/04/1891. También lleva aros salvavidas de corcho, luces Holmes, chalecos o ceñidores para todos los pasajeros, y tripulación, y dispone de un cuadro detallado para abandono del buque.

Hay línea contraincendios con bocas donde roscar mangueras con repartidor. El agua lo suministran bombas auxiliares de máquinas y otras de mano.

Lleva lámparas de aceite por si fallaran las eléctricas. Las luces de situación son de aceite.

Las frigoríficas son de compresión de aire.

Dispone de los siguientes aljibes de agua, uno de 28,89 tons, otro a popa de 38,7 toneladas, más otro de 91 t., como almacén. También

dispone de 4 aljibes en cubierta para consumo. Hay un destilador a bordo de 8.600 litros diarios.

Análisis de los planos.

En cubierta superior centro hay una superestructura alargada ocupando toda la manga en la que están situados los pasajeros de primera clase.

En la parte de popa de los camarotes de primera clase, en la misma cubierta, hay camarotes para jefe y oficiales de máquinas, para el primero y oficiales de cubierta y para el sobrecargo. Hay en esa zona de oficiales, un pequeño comedor, así como un baño y aseo para los mismos. Todos los camarotes dan a costado y tienen portillos.

A continuación del aseo de oficiales hay unos aseos generales con 3 baños y cinco wáteres destinados a los pasajeros de primera clase.

En los corredores de Br y Er hay unas puertas que comunican oficiales y pasaje; estas puertas hoy estarían habitualmente cerradas (segregación) y se abrirían en caso de emergencia, abandono, etc.

A proa de estas puertas están todos los camarotes de primera clase, todos son exteriores. Habiendo dejado el penúltimo de proa Er como bar. A proa Br esta el camarote de mujeres que tiene anexo un aseo con dos wáteres, lavabo y baño.

En zona centro interior proa hay dos locales para camareros, dos aseos y un pantry para servicio de la zona.

A proa del pantry esta la escalera real que comunica esta cubierta con la superior. Esta zona de la escalera real, solía ser una de las más decoradas del buque.

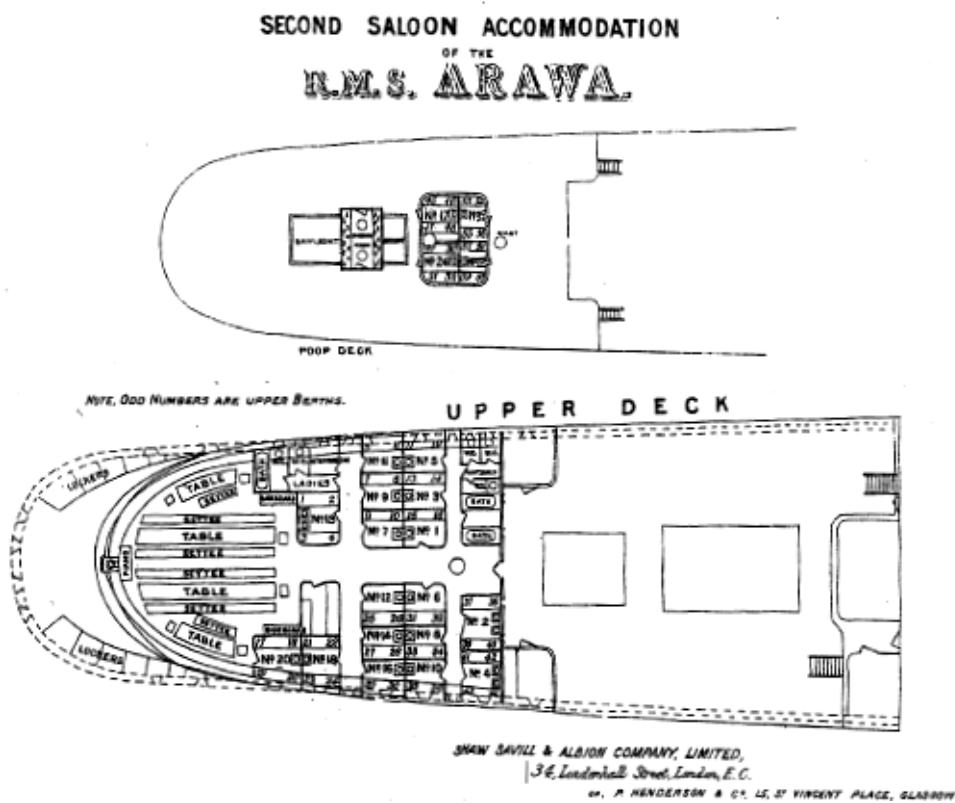
A proa de este grupo de camarotes, y separado por un mamparo, está el salón principal, que es a su vez el comedor de primera. En aquella época las mesas para la comida se desmontaban quedando el salón

diáfano. Los muebles auxiliares de vajilla y cubertería eran las joyas de los desguaces, hace unos años.

A proa del salón principal se ve que había un órgano así como un par de escritorios con librerías de pared.

Subiendo por la escalera real se llega a una estructura de menor manga montada sobre la anterior. En esta, está el salón del fumador, el camarote del Capitán y el salón de música con piano. Este último tiene la cubierta perforada, permitiendo una comunicación con el salón principal, por la que se proporciona al mismo, luz y ventilación.

Según esta disposición el camarote del capitán tiene dos estancias y es mucho más grande que el del jefe de máquinas; esto ha cambiado mucho, ahora son rigurosamente iguales.



Alojamientos de Segunda Clase buque Arawa.

En la misma cubierta superior, a popa de los alojamientos de oficiales, se encuentran los camarotes de segunda, en una zona menos tranquila que la ocupada por los camarotes de primera. En esta zona, cuando los barcos iban a vela, iban alojados los oficiales.

En esta zona hay por popa un comedor, a base de bancos y tableros, tal vez desmontables. El mobiliario restante son dos muebles auxiliares y un piano. Los camarotes y servicios están dispuestos transversalmente al igual que los pasillos. Así solo dos de cada grupo de seis camarotes tienen portillo. El aseo de señoras tiene dos wáteres con baño y el de caballeros tres wáteres con dos baños.

Sobre cubierta de esta zona hay un grupo de cuatro camarotes, un pequeño salón de fumador y un par de lumbreras que atienden las necesidades de luz natural del salón.

Bajo cubierta superior en el entrepuente es donde va alojada la tercera clase ordinaria, o emigrantes. Empezando por popa hay un espacio en el que se indica una capacidad de 24 en camas y 14 en camarotes. A continuación se indica 76 en camas y 46 en camarotes. Para estos dos grupos hay 6 wáteres y 2 baños.

Más a proa 80 en cama y 52 en cabinas con 3 wáteres y 1 baño.

Pasando máquinas y carboneras viene un departamento para fogoneros y mozos. En este espacio hay dos pañoles en plano, uno de ropa blanca y otro de velas.

Después de la frigorífica de proa, hay otro espacio para emigrantes de 50 camas. Más a proa están los alojamientos de marineros y maestranza.

Estas son las zonas para emigrantes que figuran en los planos de que se dispone. Las camas abiertas a que hace referencia el plano deben de ser literas de los tamaños estandard ingleses, 6 pies por 18 pulgadas y las cabinas eran unos mamparos desmontables que separaban a las familias, del resto de los emigrantes. No están representadas las particiones entre espacios para hombres y para

mujeres que siempre se citan en los textos, tal vez estuvieron en entrepuentes diferentes.

Está claro que para llegar a los 1.452 emigrantes que figuran en la especificación se debió emplear también el entrepuente existente debajo del comentado, para este cometido.

Se ve un buen barco, sin mucho lujo, muy indicado para dedicar al transporte de emigrantes (o soldados).

5.3 EMIGRANTES.

5.3.1.- EMIGRACION ESPAÑOLA⁸

En 1851 se publica una Orden Real que afecta a los barcos correo que lleven pasaje.

Según esa orden los buques deben llevar capellán y cirujano.

En 1855 se pudo demostrar lo adecuado de la medida de llevar médico a bordo. En ese año se declaró en el buque *Habana* la peste, que se cobró la vida de un buen número de pasajeros y tripulantes.

En 1856 se pierde el correo *Don Fernando el Católico* en las costas de Brasil, por problemas de la magistral.

En 1869 se autoriza en España la importación de barcos sin ninguna restricción. Esto supondría que los barcos importados de 1865 a 1900 sumaran 1.100.000 toneladas, como ya se citó. Con esto, la flota española pasó a ser la 4^a del mundo en 1886, con 650.199 toneladas de barcos, todos importados. Bastantes de estos barcos se compraron pensando en el transporte de emigrantes, con mucha clientela en esa época.

De 1870 a 1900 emigraron de España a América 1.300.000 españoles.

En 1880 el buque *Buenos Aires* de la Trasatlántica, inauguró la línea de Cádiz a Buenos Aires. Desplazaba 9.510 tons, tenía una tripulación de 132 personas y realizó la travesía a 13.5 millas por hora. Llevaba 1.093 pasajeros en las dos terceras. Su alojamiento de emigrantes se describía como espacioso, con separaciones para hombres y mujeres, fumigado a diario y con ventiladores para eliminar el aire viciado.

Los españoles que quisieran emigrar debían tener su célula personal rellena y sellada (equivalente al actual carnet de identidad), los pertenecientes a la reserva activa debían tener autorización de Capitán General correspondiente para emigrar, partida de bautismo, certificado de hallarse libre de quintas, permiso del marido las casadas o del padre las solteras y estar libres de juicio y condena.

Se les permitía el pago fraccionado del billete, como primer plazo debían pagar no menos de la tercera parte, el resto tenían que pagarlo a partir de los dos años de contraída la deuda.

Algunas de las condiciones del viaje serían:

- Disponer el barco de un médico cirujano y botiquín, si llevaba más de 60 pasajeros.
- Debía venir en el contrato cantidad y calidad de los alimentos.
- En contrato debía figurar el acuerdo sobre el pago de lo aplazado.

Los alojamientos de emigrantes se conocían como de tercera ordinaria, para diferenciarlos de los de tercera preferente, que se alojaban en camarotes.

Un día cualquiera, la comida era a base de café con galletas para el desayuno, a las 12 potaje, un plato de carne, pan y medio cuartillo de vino y a las 5 de la tarde sopa, cocido, pan y medio cuartillo de vino.

IMPORTACION DE BUQUES MERCANTES

AÑOS	MADERA		HIERRO	
	Buques	Toneladas	Buques	Toneladas
1865-70	57	33.268	81	31.380
1870-75	146	44.000	121	79.889
1875-80	77	7.365	63	29.615
1880-85	92	3.665	119	192.463
1885-90	128	14.402	115	87.642
1890-95	87	13.048	91	106.590
1895-00	74	3.739	204	381.753 *

Importaciones españolas de barcos 1865-1900

Años antes, un pasajero de la fragata *Sabina* que hacia el viaje de Manila a Cádiz, dejó el barco junto a la isla de Java y después de comprar 100 gallinas volvió a embarcar. Sus razones no eran otras, sino el hambre que decía pasar (se supone que con un menú diferente al citado). Era el 26/06/1842.

Con unos precios medios de 900 pesetas de España a las Antillas en camarote, el emigrante debía pagar 300 pesetas.

Siempre había muertos en las travesías. Por aparentar que estaban sanos, para tener acceso al barco, algunos sufrían estas consecuencias.

Si se llegaba a Estados Unidos, la cuarentena estaba esperando a los emigrantes en la isla de Ellis, solo a los emigrantes. Los que retornaban a España debían pasar otra cuarentena en Mahón.

Las compañías que transportaron emigrantes a América, además de las españolas, fueron:

Nelson Line.
Compagnie General Transatlantique.
Hamburg Sud.
Norddeutscher Lloyd.
Mala Real.
Chargeurs Reunis.
Messageries Maritimes.
Pacific Steam Navigation.
Etc.

Los buques dedicados a correos debían justificar su arqueo ante el Ministerio de Marina. Las fórmulas de arqueo españolas e inglesas empleadas en los cálculos eran:

Arqueo según fórmula oficial española de 1844.

$$\text{toneladas} = \frac{1}{4} \times (E + 3C) \times M \times P / 70,19$$

Donde:
E eslora.
C manga de construcción.
M manga de arqueo.
P puntal.

Arqueo según fórmula oficial inglesa de 1854:

$$\text{toneladas} = (E - 3M/5) \times M \times M/2 / 94$$

Donde:
E eslora.
M manga.

Los resultados, por supuesto, eran diferentes.

Se empleaban en estas selecciones de barcos, las potencias en caballos nominales.

$$NHP = 7 \times A \times C \times 2 \times rpm / 33.000$$

Donde:

A sección del cilindro.

C carrera del pistón tabulada.

7 presión media.

En España el Consejo Superior de Emigración dio en 1907, ya fuera del periodo estudiado, una serie de directivas en relación a la emigración.

Autorizó a 28 compañías a hacer ese tráfico. Cuatro de ellas eran españolas.

La repatriación sería llevada a cabo por la compañía gratis, si el emigrante era rechazado de acuerdo con las leyes del país.

Se prohibió el tráfico a Panamá, para evitar que la gente trabajase en las obras del Canal, donde se estaban dando miles de accidentes mortales.

Los espacios de alojamiento tendrían 1,90 metros mínimos de altura. Cada emigrante dispondría de 2,75 metros cúbicos de espacio en la bodega.

Dispondría de 0,45 metros cuadrados en cubierta a proa, para pasear. Las literas serían de 1,80 metros por 0,5 m. de colchón.

Las literas llevarían lona en vez de colchón. si la temperatura superaba los 25°C.

Los niños mayores de 7 años irían con los hombres, las niñas, de cualquiera, edad con las mujeres.

La higiene se haría en cuatro lavabos múltiples corridos. Dispondrían de una hora de agua por cada 300 emigrantes.

De wáteres habría:

Hasta 100 emigrantes	2 wc. para hombres	1 para mujeres
De 100 a 250	3 wc. para hombres	2 para mujeres
De 250 a 450	5	2
De 450 a 700	6	3
De 700 a 1000	8	4

Había en el barco animales vivos, solo para consumo.
Debían llevar el barco los víveres necesarios para el consumo del viaje, más una mitad.
El peso de los alimentos que recibía cada emigrante, no sería inferior a 1643 gramos por día.
Para niños y enfermos habría a bordo leche esterilizada, huevos y caldos.
Para la conservación de víveres se llevaría nevera de hielo, de 5 litros por emigrante.

De los espacios habilitados para emigrantes puede servir la descripción de los mismos realizada más arriba cuando se ha descrito la acomodación del vapor Arawa. Básicamente los espacios son bodegas de carga reutilizadas para llevar emigrantes, a las que se incorpora un mobiliario muy simple, que se reduce a literas en bloques de a seis, que permitirían un manejo más fácil y una densidad de emigrantes limitada por los 70 cm. de distancia entre bloques, según se lee en los informes. Además de eso estarían los "camarotes" de familia para separar hombres y mujeres, y poco más.

La luz sería mediante lámparas de aceite, hasta el 1882 en que se instaló la luz eléctrica a bordo de los barcos y la ventilación sería con aspiración forzada para aumentar las renovaciones de aire y eliminar olores. Los servicios de saneamiento suficientes, como se acaba de ver. Había barcos que disponían de hospital. La comida fue monótona pero bastante abundante.

5.3.2.- ACTA PARLAMENTARIA DE 1855 SOBRE TRANSPORTE DE PASAJEROS⁹.

Este Acta, como casi todas las que trataban de temas del mar, eran preparadas por el Almirantazgo británico, que después de publicadas oficialmente, se encargaba de cumplimentar la parte naval.

De aplicación a barcos británicos en viaje de Gran Bretaña a cualquier país, fuera de Europa y del Mediterráneo.

Toda la potestad, poderes y funciones, en relación con esta acta, estarán en manos de los Oficiales de Emigración. Recibirán todas las facilidades para inspeccionar cualquier barco.

Ningún barco de pasaje podrá hacerse a la mar, sin el certificado emitido por el Oficial de Emigración.

Ningún barco llevará emigrantes en más de dos cubiertas. La proporción de camarotes no excederá la relación de un camarote cada 100 tons de tonelaje de registro. El hospital se situará en la zona de toldilla, que estará rígidamente construida.

Ningún barco llevará más de un adulto por cada dos toneladas de registro.

Bajo toldilla no irán más emigrantes, que uno por cada 15 pies cuadrados de cubierta.

En las cubiertas de emigrantes bajas no irán más emigrantes, que uno por cada 18 pies cuadrados de cubierta.

Si la altura de cubiertas no alcanza los 7 pies, o si el área de los portillos no llega a 3 pies cuadrados por cada 100 de cubierta, el número de emigrantes no superará la proporción de uno por cada 25 pies cuadrados.

Ningún barco puede llevar más emigrantes que los que correspondan a 5 pies cuadrados en cubierta superior para ejercicio de los mismos.

En las superficies citadas, están incluidos los espacios para el hospital y para los equipajes.

El capitán llevará datos de fallecidos, con sus posibles causas, y de los nacimientos acaecidos en el viaje.

Los polizones pagarán una multa de 5 libras; si no las pagan, se les encarcelará por no más de tres meses.

Los baos de las cubiertas de emigrantes formarán parte de la estructura resistente del barco. La cubierta donde duermen los

emigrantes tendrá 1 y $\frac{1}{2}$ pulgadas de espesor y la distancia a la cubierta alta será no menor de 6 pies.

La distancia de la cama al piso no será menor de 6 pulgadas. La distancia entre camas, y de la más alta al techo, no será menor de 2,5 pies. Si no se cumplen estas distancias, se montaran dos filas de literas únicamente.

Las literas serán de 6 pies por 18 pulgadas.

Los niños mayores de 14 años, dormirán a proa con los hombres.

Solo marido y mujer o mujer y niños menores, pueden ocupar la misma cama.

Al emigrante que se desembarque, se le reservará la cama 48 horas.

En la cubierta superior de emigrantes se construirá un hospital de 18 pies cuadrados, por cada 50 emigrantes que pueda embarcar el buque. Tendrá camas y utensilios.

Se montarán dos wáteres a la entrada y dos más en cubierta por cada 100 emigrantes a bordo. Si el barco lleva más de 50 mujeres, se montaran 2 wáteres más para su uso y para los hijos jóvenes. Permanecerán en servicio 48 horas, después de haber llegado el barco al puerto de destino.

Se podrán montar más wáteres en ambas bandas, sin que sea necesario pasar de 12.

Los barcos con más de cien emigrantes llevarán un aparato de ventilación. Las escotillas de bodegas estarán libres, permitiendo que a través del tambuchero pase el máximo de luz y ventilación. Deberá proveerse el máximo de luz y aire.

Los barcos llevarán un número de botes de acuerdo con la siguiente escala.

2 botes por barco de menos de 200 t.

3 botes para más de 200 y menos de 400 t.

4 botes para más de 400 y menos de 600 t.

5 botes para más de 600 y menos de 1000 t.

6 botes para más de 1000 y menos de 1500 t.

7 botes para más de mil quinientas. Teniendo en cuenta que:

“El barco llevará el número de botes que sea necesario para embarcar a todo el personal que pueda ir a bordo, de acuerdo con el Oficial de Emigración”.

Uno de los botes será de mayor tamaño.

Otro, pequeño, estará dispuesto para servicio inmediato.

Los botes llevarán:

Uno o dos cronómetros.

Tres timones.

Un compás azimutal.

4 aros salvavidas.

Señales de noche y de humo.

Aparatos para apagar fuego.

3 anclas Bowers con cadena.

Los barcos de pasaje no podrán llevar carga de caballos, pólvora, vitriolo, cerillas de Lucifer, guano, etc. porque podrían afectar a la salud o la vida del pasaje.

No se llevarán parte de la carga, los equipajes de los emigrantes o la provisión, en la cubierta superior o lugar que disminuya la ventilación o la luz a los emigrantes.

Se establecen unas duraciones tipo para diferentes tráficos, a efectos de los requerimientos de esta regla. Se fijan 84 días a vela y 50 días a motor.

Antes de abandonar puerto, se comprobarán la cantidad y estado de provisiones y agua. Se llevará una cantidad de agua extra para cocina de diez galones por cada cien emigrantes y día.

Las provisiones o agua en mal estado, se bajaran del barco y se sustituirán por otras en condiciones antes de la partida.

El agua se llevará en tanques o barriles. Los barriles no serán de pino, de abeto o de otra madera blanda. Su capacidad no pasará de los 300 galones.

El buque debe tener capacidad de almacenamiento para el agua necesaria para cubrir el tramo más largo que vaya a realizar en el viaje.

El barco tendrá capacidad de alimento y comida para 84 días si va a vela, o para 50 días si va a vapor.

El agua a llevar será de tres cuartos (de galón, se supone) por emigrante y día, sin incluir el agua para cocinar.

Alimentos por semana; figuran en la norma los alimentos que deben ser suministrados a los emigrantes en una semana.

Hay otras listas de alimentos que pueden sustituir a los de la lista inicial.

En la lista inicial figuran alimentos tales como:

Pan o galleta.

Harina.

Arroz.

Judías.

Patatas.

Buey.

Cerdo.

Te.

Azúcar.

Sal.

Mostaza.

Pimienta.

Vinagre.

Mantequilla.

Etc.

Los emigrantes se dividirán en ranchos para la comida, de no más de 10 adultos.

Podrán pedir como quieren que se les cocine la comida, con anticipación, antes de las dos de la tarde.

Se editan, por la publicación London Gazette listados de alimentos, del mismo valor nutritivo que la lista primera. Los armadores pueden elegir alguna de estas listas.

Cada barco, que lleve al menos 100 emigrantes, llevará a bordo una persona como camarero del pasaje, que ayudara en el servicio de mesa, limpieza y disciplina de los emigrantes. No realizará ningún servicio del barco.

Cada barco con al menos 100 emigrantes llevará un camarero, que si son 300 emigrantes serán dos, que se encargaran de preparar la comida, en lugar diferente a la cocina que se les procurará en cubierta, y con suficiente menaje para hacerlo.

En barcos extranjeros, con más de la mitad de emigrantes británicos, se embarcarán 1 ó 2 personas, 1 si los emigrantes son menos de 250, como traductores que conozcan la lengua de los oficiales y el inglés.

En los siguientes casos los barcos de emigrantes llevarán un médico:

Si el viaje dura más de 84 ó 50 días citados y el número de emigrantes excede de 50.

Si el número de personas a bordo excede de 300.

El médico que se requiere en el artículo anterior, solo necesita su titulación médica.

El armador o fletador debe suministrar las medicinas y aparatos médicos necesarios para el viaje. Irán bajo la custodia del médico.

Un emigrante enfermo, que pueda contagiar o poner en peligro la vida de otros pasajeros será desembarcado, por recomendación del Oficial de Emigración.

Si un emigrante o una familia deben dejar el barco, por enfermedad o contagio, los gastos correrán a cargo de Emigración.

Los emigrantes que embarquen en cualquier puerto de la ruta, lo harán antes de las 6 de la tarde.

Si un barco parte al día siguiente al de embarque concertado, el gasto de alojamiento y comida en que hayan incurrido los emigrantes en tierra, serán por cuenta del armador o fletador.

Si un barco permanece más de 7 días en un puerto se deberán revisar provisiones, agua y suministros médicos, antes de volver a zarpar.

Si el barco entra averiado en un puerto, armador o fletador deben pagar los gastos de alojamiento de los emigrantes, y pagarles la continuación del viaje en otro barco.

Si a un pasajero le llevan a otro puerto que el contratado, tiene derecho a que le paguen el pasaje en otro barco que le lleve a su destino.

Si el barco sale de otro puerto diferente al contratado, será objeto de penalización en la figura del capitán.

Todos los emigrantes tiene derecho a cama y comida a bordo durante 48 horas, en el puerto de destino del emigrante.

Se podrán emitir Ordenes específicas con los siguientes propósitos:

- Para preservar el orden, salud, seguridad, limpieza y ventilación, en cualquier barco de pasaje entre Gran Bretaña y colonias.
- Para prohibir la emigración en casos de epidemia de cólera.

Si alguien vende alcohol a los emigrantes pagará una multa de 5 a 20 libras.

Termina la Norma con una serie de aspectos legales en relación con dicha acta.

Ilustra bastante bien cómo las autoridades inglesas querían que fueran los viajes de los emigrantes.

Todos los artículos vienen acompañados de un apercibimiento, o sanción, si no se cumplía lo ordenado. Estas sanciones eran de 5, 20,100 ó 200 libras según artículos.

De cumplirse a rajatabla lo reglamentado, el viaje sería tolerable.

5.4 LOCALES DESAPARECIDOS

Sin tratar de ser exhaustiva, se acompaña una lista de una serie de locales desaparecidos de las disposiciones de los modernos barcos. Alguno de los que se citan se han llegado a conocer, en barcos de reparaciones.

Camarote de mujeres.

Curioso local que se solía repetir en los barcos, uno por clase (I y II). En este camarote, mayor que los demás, es donde se alojaban todas las mujeres que viajaban solas en ese viaje y clase.

En otros buques, este espacio, era un simple lugar de reunión, de las mujeres de la clase correspondiente, al igual que los hombres lo hacían en el local del fumador u otros.

Los camarotes de mujeres de Primera y de Segunda clase se localizan fácilmente en planos, por su mayor tamaño.

Amen del tamaño y de disponer en casos, de una especie de saloncito a la entrada, tenían unos servicios sanitarios que no tenía el resto del barco, aunque debían compartirlos con el resto de mujeres de la correspondiente clase, que accedían por otra puerta. No es raro que dispusieran de dos inodoros y baño, en barcos en que solo había un baño más en el camarote del capitán.

Que se sepa, estos alojamientos debieron desaparecer con el siglo, en 1884, aún se ve el de 1^a Clase en el buque Arawa.

Salón del fumador.

Era uno de los salones con más lujo del barco. Las visitas obligadas para hacerse idea del estándar de un barco, en razón de las fotografías de barcos de época vistas, eran al salón del fumador y a la escalera real. Abundaban cueros, terciopelos y dorados. Era un punto de encuentro para conversación o lectura de pasajeros de la clase correspondiente; se supone que también fumarían.

La absoluta combustibilidad de los materiales que se empleaban, la poca afición a leer, la baja rentabilidad de ese tipo de espacios y el estigma social del pernicioso hábito de fumar, hacen que sea casi imposible pensar en revivir este tipo de locales.

Pañol del hielo.

Cuando en 1834 el americano Perkins patenta un compresor que fabricaba hielo, las navieras vieron el cielo abierto al poder contar con él, para la conservación de alimentos principalmente. A los pocos años, muchos barcos de pasaje lo llevaban instalado.

El compresor de Perkins funcionaba con éteres bastante volátiles. Era peligroso por incendios y explosiones, de ahí que habitualmente se montara lejos de todos los sitios de riesgo.

En los barcos se llevaba un pañol bien aislado, donde se iba metiendo el hielo que se producía, el pañol del hielo.

El hielo además de su principal uso, que era el conservar el frío en las neveras que llevaban instaladas, se empleaba en otros cometidos tales como para acompañar bebidas o para enfriar “visualmente” los salones de los barcos, mediante grandes recipientes llenos de hielo que se ponían en los mismos.

A pesar del hielo, se siguió llevando comida viva en los barcos hasta mediados del s.XX.

Cuadras de ganado.

Las cuadras, como se decía en el punto anterior, pervivieron mucho tiempo; las permanentes averías de las frigoríficas y la peligrosidad de las mismas, hicieron que durante mucho tiempo los barcos llevarán el mismo régimen alimenticio que cuando las frigoríficas no existían.

En 1850 guiados siempre por sorprender y atraer a los viajeros potenciales, a la Cunard se le ocurrió dar un vaso de leche fresca a sus pasajeros, no solo el día de salida, se lo dio todos los días de la travesía. Por supuesto el milagro se pudo conseguir al embarcar unas cuantas vacas de leche que ordeñarían todos los días.

A los cuatro días, todas las navieras tenían vacas de leche a bordo. Se supone que las vacas estarían en cuadra aparte de ovejas, cerdos, gallinas y resto de animales vivos, en tierra lo están.

Las cuadras para animales estarían a popa por los olores, con animales atados o en corral, con su pienso, su agua y su sistema para recoger la basura que acabaría en el mar.

El método es antiquísimo y muy beneficioso en la antigüedad, dados los pocos alimentos frescos que se consumían.

Este espacio desapareció de los últimos barcos, algo después de 1950.

Carboneras.

Cuando el fuel sustituyó al carbón hacia el 1915-1920. las carboneras desaparecieron de la mayoría de los barcos.

La falta de precaución en el cierre de las tapas de cubierta de las carboneras en algunos barcos, dieron bastantes sustos, algunos irreversibles.

Su espacio, se ganó para bodegas o para cámaras de máquinas más amplias.

Con su eliminación los barcos ganaron en volumen, en limpieza y en ausencia de unos insectos muy característicos, asociados al carbón.

Escaleras reales.

Se ha visto alguna fotografía de estas escaleras, así como una de verdad de un barco anterior a 1950. Se ha conocido a muchos artífices

de esas obras y se cree que este era el sitio del barco donde la filigrana se sublimaba hasta niveles impensables. Los carpinteros se peleaban por trabajar en las escaleras y el intervenir con éxito en las mismas poco menos que garantizaba el ascenso a Oficial de Primera.

Esas escaleras, son tallas sobre tallas, vueltas increíbles de una muy buena madera y unos resultados de un perfecto barroquismo digno de mejor destino que el desguace final.

Es muy difícil hacer un cálculo de las horas que podría llevar ese tramo de algo más de un entrepuente de alto, aunque está claro que el armador no quería otra cosa.

Por precio, por jubilación de artífices, por lo poco que a la IMO le gusta la madera y por carecer de interés en la actualidad, se cree que no se repetirán jamás.

En fotografías se han visto decoraciones de piscinas interiores y barras de bares, que no se quedan atrás.

Salón de música.

Local antecesor serio de las actuales discotecas y “pubs”, que tanto abundan en los barcos.

No solía estar lejos del salón del fumador y era un espacio para entretener a los pasajeros en teoría más cultos.

Se suele ver representado un piano en este local y se supone que menudearían los conciertos durante la travesía.

Se supone que el piano sería para uso de los concertistas exclusivamente, aunque en aquella época muchos de los pasajeros podrían haberlo usado.

Parece que vuelve la instalación de pianos en los buques actualmente, pero volver a los orígenes, costará trabajo.

Alojamientos de emigrantes

Ya han sido comentados.

Ya no hay emigrantes que viajen como lo hicieron en el s.XIX. Que no quiere decir que no haya emigración.

Alegra ver unos planos de un barco en el que las bodegas son bodegas.

Entristece ver en TV que la emigración, más o menos ilegal, sigue existiendo y las condiciones en que se hace.

5.5 SERVICIOS DE HABILITACIÓN

En lo que se refiere a los servicios que empezaron a haber en los camarotes, se puede decir que hacia 1843 (*Great Britain*) los camarotes tenían un aguamanil y una lámpara de aceite, como únicos servicios. Solo uno de cada dos o de cada tres camarotes, disponía de portillo para alumbrarse de día.

Las lámparas continuaron siendo de aceite durante mucho tiempo, a pesar de la intentona de H&W de instalar luz de gas en 1872 en el buque *Celtic* de la White Star. Las lámparas iban montadas sobre cardams para evitar vertidos de aceite. Cuando se empezaron a montar superestructuras sobre cubierta superior, la luz diurna permitió una iluminación de la habilitación desconocida hasta entonces.

En los barcos de la White Star se montaron los mayores portillos y ventanas que había en comercio.

Hacia 1882-1884 se empezó a montar alumbrado eléctrico en los barcos, dejando las lámparas de aceite en “stand-by”.

Como se vio antes, si un barco disponía de luz eléctrica, la Administración le permitía llevar más pasajeros en la zona de Tercera.

Por falta de fiabilidad inicial, las lámparas de situación siguieron siendo de aceite. Hoy se llevan de doble filamento y doble alimentación, por las mismas razones.

Los wáteres eran comunes y no se prodigaban demasiado porque instalarlos no era barato. El alto precio provenía del atraso de la tecnología de la tubería.

Pasados unos años se empezaron a disponer de baños, además de wáteres comunes, cuya cuantía variaba con la clase.

La demanda para la instalación de baños, aseos y lavabos, no sería, en aquella época, la que pudiera ser hoy. Muy pocas personas disponían a mediados del s.XIX de agua corriente en su domicilio.

Cuando se montaron grupos de bombas alimentadas por una caldera independiente, sería alguna de estas bombas las que suministraran agua para los servicios sanitarios en habilitación.

La ventilación de los espacios era mediante manguerotes y había compañías, como la Cunard, que cuidaba de que fuera particularmente abundante; ese cuidado unido a los 8 ó 9 pies de altura que daba Cunard a la zona de pasaje, dio fama a la compañía de disponer de los barcos con mejor ventilación.

La ventilación mecánica, se empezó a montar como refuerzo de la ventilación, en cubiertas y entrepuentes. Había dos métodos para conseguir más renovaciones de aire en habilitación, el primero era a base de inyectar un chorro de vapor en la extracción produciendo un vacío en la misma por efecto Venturi (sistema Edmond), el otro era emplear un ventilador centrífugo que aspiraba de la descarga de aire, dando lugar al mismo efecto.

Las máquinas de ventilación, como llamaban a estos dispositivos, era obligatorio montarlas en barcos, en espacios de mucha acumulación de pasaje. Unicamente con los manguerotes era imposible conseguir las renovaciones hora, que hoy se tomarían como necesarias en ese tipo de locales.

Cuando se compartimentaba un barco, se ponía especial cuidado en que la ventilación no atravesara los mamparos, disminuyendo la eficacia de los mismos.

Hacia 1865 ya se empleaban colectores contraincendios en la zona de habilitación, atendidos por bombas adecuadas. En estos colectores había una serie de bocas donde se conectaban las mangueras.

El agua para los colectores se suministraría por el grupo de bombas independientes citado más arriba.

En habilitación no se cuidaba, como ahora, la calidad de los materiales, desde el punto de vista de la incombustibilidad. El riesgo de incendio era alto. A pesar de esto no es muy frecuente leer sobre incendios en buques de esa época.

Como decía, los mamparos de camarotes y salones eran de madera entelada, durante todo el periodo estudiado; cueros y terciopelos debieron ser frecuentes. Los incendios, por lógica, deberían haber sido temibles.

La combustibilidad de los materiales empleados en habilitación se mantuvo así hasta 1965, más o menos.

En estos barcos se disponía de otros servicios como el de cocina, que solía montarse a popa por humos y olores, y en las que se empleaban las cocinas de placas, alimentadas por carbón.

Las compañías Collins, White Star, Cunard, y otras, competían en tomar a su servicio a cocineros de fama para sus barcos estrella. Es seguro que el pasaje agradecería este tipo de servicio, a pesar de no ser tecnológico.

5.6 BIBLIOGRAFÍA, ANÁLISIS Y COMENTARIOS

FUENTES PARA ESTE CAPITULO

National Maritime Museum de Inglaterra

Las láminas de los *Great Britain* y *Great Eastern* han sido adquiridas directamente a este museo. Si se tiene en cuenta que este museo tiene entre sus fondos a los propios *Cutty Sark*, *Great Britain*, al *Mary Rose* y al Navío *Victory*, entre muchos otros, poco hay que decir. Disponen de una información inimaginable y todos los parabienes que se digan de esta institución son pocos.

Museo Marítimo de Barcelona

Disponen de bastantes fondos, lo tienen muy bien organizado y el servicio de envíos es muy bueno y muy rápido. Gran facilidad de entendimiento y servicio, con el personal de este museo.

McCluskie, Tom HARLAND & WOLFF 1998

Libro muy bien presentado. Es una historia monográfica de ese astillero irlandés, que en los años en que se estudia creció bastante rápidamente en tamaño de los barcos, en innovaciones tecnológicas y en prestigio entre los armadores.

Presenta una serie de barcos en los que en la mayoría se puede ver una pequeña habilitación que confirma disposiciones habituales obtenidas de otras fuentes.

Tanto para cuestiones de habilitación como de mejoras en buques este libro es de consulta obligada.

Garay Unibaso, Francisco. CORREOS MARITIMOS ESPAÑOLES
1987-1996

En este libro de Garay se hace una buena historia de las compañías navieras, los barcos, los Reglamentos de las Compañías de Correos y las líneas españolas que se abrieron o desaparecieron en el s.XIX. Cita relatos de naufragios, entre ellos el del *Don Fernando el Católico* y el del *Apolo* de la Pinillos, que desapareció en su primer viaje. Da detalles constructivos de cascos de madera, cascos mixtos de madera hierro y cascos de hierro. Aplica fórmulas de arqueo y de cálculo de potencia a bastantes buques. Relata algo de la historia de la Cunard y de la P&O. Ambienta muy bien el mundo de los barcos del s.XIX.

Llorca, Carlos. LOS BARCOS DE LA EMIGRACION. 1992

En este libro, muy centrado en la emigración, figuran las condiciones previstas para emigrar desde España, así como los barcos en que se realizaron. Se describen también las pugnas entre compañías y entre armadores. Destacan los desacuerdos del Marques de Campo, que a punto estuvo de arruinarse por arruinar a Antonio López, así como las pugnas de Antonio López con Olano, que perduraron años y años. Se da noticia de las primeras líneas que se abrieron con la América española, ya independiente. Se estudian las antiguas compañías españolas de navegación, además de la Trasatlántica, esto es la Pinillos, Tintoré, Aznar, Ybarra y otras más. Se dan datos de emigrantes que iban a América, y de los que volvían, que en años fueron hasta un 60% de los que habían salido de España. En 1930 aún salieron 41.500 españoles hacia América. Libro muy interesante para conocer la emigración española.

PARLAMENTO INGLÉS.

Acta 1852-55 sobre transporte de pasajeros.

Las actas del Parlamento Inglés recogen, además de otras cosas, toda la reglamentación sobre barcos que se emitió en el s.XIX, la que lo fue en el s.XX, y es seguro que habrá temas del s.XXI recogidos como Actas Parlamentarias.

La obtención, rapidísima. El valor histórico, incuestionable.

Uno de los documentos valiosos estudiados.

El Acta en cuestión ha sido repasada en el texto, poco más hay que añadir.

ANALISIS Y COMENTARIOS.

Cuando se empezó a llevar pasaje, en mayor cuantía que el realizado en los barcos españoles desde el s.XVI, o en los del resto de países europeos desde el s.XVII, se eleva el estándar de los recintos, pero la disposición sigue siendo la misma.

En los barcos que se tratan, hay dos formas de disponer la habilitación de una cubierta. La primera, que duró hasta 1870, era similar a la empleada con anterioridad y los pasajeros dormían en camarotes, alrededor de los salones de paseo o salones comedor. La segunda, como ya se ha dicho, separaba camarotes de salones, que pasaban a ocupar todo el ancho de la manga.

Salvo el caso del *Great Eastern*, que es un barco fuera de época, la habilitación de un barco se solía acomodar en dos cubiertas.

El problema mayor de los que tuvieron los pasajeros debió de ser la falta de luz. Aunque utilizando un argumento ya utilizado, habría que decir que ninguno de los pasajeros tendría luz eléctrica en su casa en 1870. Podría ser que no fuera tan gran problema.

De los servicios, llama la atención ese trato especial que algún autor da a la ventilación de carboneras, al pañol de vinos y espíritus, pañol de pólvora, etc., y que en ningún sitio se mencione una ventilación independiente para la enfermería.

La verdad es que si se tiene en cuenta que el Instituto Pasteur abrió sus puertas en 1887, y la primera curación de Louis Pasteur es de 1885, no debería extrañar esa ventilación común de la enfermería y otros recintos.

En las habilitaciones ha habido un tremendo cambio en los barcos de pasaje actuales. En un crucero mediano actual, una disposición habitual podría ser:

- Alojamientos de tripulación en la Cubierta 1.
- Alojamientos de pasaje en la Cubierta 2 y 3.
- Comedores en Cubierta 4.
- Salones en Cubierta 5.
- Tiendas y piscinas en Cubierta 6
- Gimnasio y “suites” en Cubierta 7.
- Teatro, casino, bares, biblioteca, etc., repartidos por el barco.

Se estaría hablando de un barco de 1.000 pasajeros y 300 tripulantes, con 8 ó 9 cubiertas.

Los servicios en un camarote actual varían con el estándar del barco, pero podían ser: 6/8 puntos de luz, teléfono satélite, hilo musical, cerradura electrónica, aire acondicionado, detector de incendios, televisión satélite y aseo completo. El cambio ha sido notable.

Los locales desaparecidos se citan únicamente con efectos comparativos con los barcos actuales.

Los planos utilizados para la confección de los textos de este capítulo están autentificados por el National Maritime Museum inglés, según consta en sello en los mismos planos y los planos del *Arawa* son de la colección del Museo de Barcelona.

Los planos del *Great Eastern*, realizados con una escala de 1/8 de pulgada por pie, miden unos 2,5 m de largo con problemas para manejarlos, así como para reducirlos o encuadrinarlos.

CAPITULO 6º

MEDIDAS Y ELEMENTOS DE SEGURIDAD

- 6.1 Siniestralidad en buques de vapor.**
- 6.2 Disposiciones de seguridad en el s.XIX.**
- 6.3 Bibliografía, Análisis y Comentarios.**

OBJETO.

El objeto del estudio e investigación en este Capítulo, es comprobar que nivel de seguridad, reglamentada o no, tuvieron los barcos del s.XIX. Comprobar, así mismo, que medidas se tomaron para evitar las pérdidas de buques y del personal embarcado, que fueron frecuentes entre los barcos de pasaje, en el periodo considerado.

ALCANCE.

El alcance de este estudio es a todas las medidas de seguridad que se han encontrado en la literatura investigada, partiendo de lo que hoy se está usando, que se emplea como guía de búsqueda. Se ha incidido en aquellos elementos cuya falta, o funcionamiento deficiente, dio lugar a pérdidas más o menos conocidas, de las que se ha tenido noticia. Se tratará de:

- Botes
- Compases magnéticos
- Francobordo
- Caldera auxiliar de cubierta
- Mamparos estancos
- Exámenes de tripulación
- Reglas de Tráfico
- Abordajes
- Señales acústicas

6.1 SINIESTRALIDAD EN BUQUES DE VAPOR

Revisando cualquier listado de barcos de pasaje a vapor del s.XIX, bien de una determinada compañía, o de los que cubrieron un determinado tráfico, o de los que empleaban este u otro sistema de propulsión, o de cualquier otra causa que hubiera originado hacer la lista, si en el listado figura cómo acabó sus días cada uno de los barcos, nos encontraremos con que parte de los barcos no acabó desguazado, se perdió por diferentes motivos. El porcentaje de siniestros fue alto.

Gracias a la amabilidad de Mr. Stephen Rabson, historiador de la P&O, se dispone de un listado de los primeros 125 barcos de esa compañía que se va a utilizar como información para este punto. Otras listas revisadas, menos numerosas, servirán igualmente para tener una idea sobre la siniestralidad de la época estudiada.

Se lamenta no disponer de datos de lo que pasaba con los veleros en ese tiempo, pero se puede decir con toda seguridad que las pérdidas en los barcos de vela fueron mucho más bajas, y esto debió de ser así porque varias de las causas origen de esas pérdidas, eran específicas de los buques a vapor.

Causas de las pérdidas.

Analizando las causas que más aparecen como motivo de los siniestros, se verá que las mas citadas eran:

Rocas que no vienen en las cartas.

Las modernas cartas de navegación se empiezan a editar y usar en Gran Bretaña en 1840, la navegación a vapor aún estaba empezando.

La exactitud de los contornos y accidentes de las costas tenían una importancia menor para los barcos a vela, ya que los veleros nunca navegaban pegados a la costa. De ir navegando pegados a tierra, cualquier cambio de viento podía hacerles embarrancar. Es por esto que la exacta delineación de un saliente o la existencia de una roca semisumergida cercana a la costa, no era algo que interesara en demasía a los veleros. No se quiere decir con esto que las cartas fueran descuidadas o inexactas en los detalles, solo se dice que no eran suficientemente completas.

Siempre se recuerda a este respecto las instrucciones que decía tener el navegante español D. Pedro de Medina¹, muchos años antes. Por supuesto, en la segunda mitad del XVI, D. Pedro de Medina también llevaba sus cartas para navegar. Dentro de las instrucciones al usuario de la carta, tenían una advertencia que más o menos decía que “si estaban seguros de donde estaban y veían algo que no viniera en la carta, que lo anotaran y lo notificaran al rendir viaje”. Se entiende que ese era el método que empleaban entonces para completar la carta.

Se supone que en la carta del *Urquiola* no vendría la roca en la que se rajó de proa a popa. Se está seguro que las rocas, que se decía que no venían en la carta, no venían en un alto porcentaje, y que después de los accidentes acabaron viniendo.

Estas averías dicen a las claras que los vapores hacían las travesías pegados a las costas, a veces para ahorrar unas pocas millas en recorridos de 2 ó 3.000.

Navegando con esa proximidad a la costa, puede pasar, que en vez de rocas sea una barra, en cualquier desembocadura de río africano, donde tropiece un barco. En una de estas barras se perdió la goleta española *Sabina*, que volvía de Filipinas en línea semiregular, como así narra D. Carlos Llorca.

Desvíos anormales en la magistral.

Hasta 1866 en que Rundell² de Liverpool no dio a conocer las correcciones a hacer con la magistral, para obtener unas lecturas

fiables, los rumbos seguidos por los barcos con casco metálico puede que no fueran los deseados.

Las notificaciones de rumbos erráticos a las compañías, eran tan frecuentes, que ya no sabían qué hacer. Una de estas navieras, la P&O, intentó resolverlo con una práctica técnico-administrativa, que no acabó de resolver el problema. La compañía hacían firmar un documento al capitán y al piloto que decía que el compás estaba ajustado. Antes de esto, si querían, podían salir fuera del puerto y componer los dispositivos que llevarán para que la magistral marcara bien, aunque es dudoso que fuera una medida efectiva. Hasta que una compañía de Liverpool no empezó a montar imanes permanentes y barras Flinder en las magistrales, las marcaciones serían más que dudosas, por más que la compañía citada tuviera un dossier de papeles firmados por los capitanes y pilotos diciendo lo exactas que iban sus brújulas.

En un curioso libro de Salvador Mollet, llamado “Manual Práctico del Desvío de la Aguja Magnética”, cuenta, en 1892, que a falta de una pieza para compensar, había medido desvíos de la magistral del barco en que navegaba de 52° , en viaje de Cádiz a Manila. No es de imaginar donde habría aparecido el barco, de no conocer Mollet sobradamente la ruta.

Es más que posible que bastantes de las embarrancadas que se dieron en aquella época estuvieron relacionadas con errores del compás magnético. Sin tener medios para saberlo, siempre se ha pensado que el embarrancar el *Great Britain* en la bahía de Dundrum en Irlanda se debió a un problema con la magistral, esa costa era muy conocida.

Hundimientos y desapariciones.

Durante todo este tiempo sucedía a veces que un barco salía de tal puerto con no sé qué destino y el barco no llegaba, no llegaba nunca, el barco se había perdido.

La ausencia de comunicaciones con tierra impedía saber qué había pasado. A partir de ahí empezaban las conjeturas, y los conocedores

de los barcos hacían oír, otra vez, sus razones para que pasaran estas cosas.

Si los barcos que se perdían eran barcos conocidos, o la desgracia hacia que dos ó tres sucesos de este tipo, se dieran en corto espacio de tiempo, el clima de las protestas subía de tono y mucho. Desgraciadamente estas cosas eran frecuentes.

Las razones más oídas como causas de las pérdidas, cuando se perdieron³ el *London* y el *Amalia*, casi simultáneamente, fueron del tipo de :

- Demasiada relación eslora / manga, se había sobrepasado la tenida como máxima de 7.
- Barcos sin abanico en proa que daba lugar a mucho embarque de agua.
- Estanqueidad de los cierres de cubierta, muy dudosa.
- Cierres de carboneras sin poner.
- Uniones de chapa no solapados, que son los auténticamente estancos.
- Temporales fuertes. Parece que el *President* se hundió por este motivo.

De todos los motivos anteriores los más escuchados fueron la excesiva eslora y el tipo de remachado que se estaba empleando. Apuntarse a una u otra razón, era simplemente continuar la polémica.

A cuenta de las protestas provocadas por el hundimiento del *London* y los barcos que se perdieron simultáneamente, se acabó formando una comisión parlamentaria por la que el Almirantazgo investigó las prácticas de construcción arriesgadas.

Se ha oído citar, a uno de los tripulantes, el caso de un barco en el s.XX (hacia 1965), que embarcó agua en la cámara de calderas en medio de un temporal, se apagaron los hornos y el barco se perdió. Solo a cuenta de esto se puede pensar que si las tapas de las carboneras iban abiertas y el agua, a través de ellas, había llegado a los hornos y los había apagado, el barco se habría visto en muy serias dificultades.

Colisiones por diferentes reglas de rumbos.

Otro de los motivos de pérdidas de barcos fueron las colisiones. En las condiciones en que se navegaba, para no tener colisiones, hubieran necesitado un radar, que aún tardaría en aparecer.

Antes de 1840 había una serie de reglas locales de tráfico que estaban muy bien pensadas, pero que adolecían de generalidad, no eran las mismas en todos los puertos, rías, canales, etc., o por mejor decir eran contradictorias. También debe tenerse en cuenta que los timoneles iban a popa, con la proa tapada por el propio barco. Por una razón u otra las colisiones debieron ser tan frecuentes que tomo cartas en el tema el Almirantazgo, con su ley de Trinity House, de 1840, unificando todas las normativas locales.

Abordajes en navegación nocturna o con niebla.

Las luces de navegación, no fueron obligatorias hasta la entrada en vigor de las leyes de 1848 y 1858. También fueron frecuentes las colisiones al navegar con niebla, a la misma velocidad que si no la hubiera, en muchos casos. Para esto último se dio un reglamento de señales acústicas que siempre fue mucho menos efectivo que fondear los barcos, como históricamente hacían los veleros por falta de visión, con niebla.

Con todo esto se perdieron muchísimos barcos. No se tienen datos de otros siglos, pero cuesta trabajo pensar que se llegaran a perder más del 40% de los barcos de los que se ha hecho una pequeña estadística. Este dato no se puede extraer al total de los barcos del periodo.

Se da a continuación una pequeña estadística de barcos de vapor, de compañías de pasaje, que navegaron en aquel tiempo, indicando los siniestrados.

6.1.1.- ESTADISTICAS.

Compañía P&O⁴

Buques	125
Periodo	1829 – 1873
Vendidos	70
Perdidos	28

Los motivos de la pérdida:

- Por naufragio	10
- Colisión	4
- Desaparecidos	6
- Embarrancado	1
- Perdidos	7 (no indica causas de las pérdidas)

En este caso de la P&O, con las ventas de 70 barcos realizadas, quedarían 55 barcos a considerar, el porcentaje de pérdidas sería del 51%, el más alto de los encontrados. Corresponde a las fechas más tempranas estudiadas, que fueron las de mayor siniestralidad.

No	NAME	Eng. No.	P/C	Length	Breadth	Depth	Gross Tons	DESCRIPTION OF	ENGINES		DWT GRT	GROSS TONS	NET TONS	SPEED MILES PER HOUR	LOST OR SOLD	
									CYL	H.P.						
1. NELSON GENTLE	1820	Hood	P	74 x 3	15.1	8.4	206		(60)	120	11.1	11.1	11.1	-	To have cleared from Aden -	
2. ROMA TIE	1825	-	-	140 x 27.9	8.7	8.0	308			260	11.1	11.1	11.1	-	Sold to the Eng. Co. Portuguese Govt -	
3. DON LEE	1837	-	-	-	-	-	858			300	-	-	-	-		
4. KISTER	1838	-	-	152 x 26.0	8.9	8.0	516			200	-	-	-	-		
5. ISERA	1838	-	-	155 x 26.2	8.7	8.0	516	Par/direct acting	181	51	11.6	11.6	11.6	-	Arrived Aden 1856	
6. BERNARD	1836	Lugger	1836	100 x 26.5	7.6	6.6	688			260	11.1	11.1	11.1	-	Broken up & sold Mar 1856. Burnt	
7. S. LIVERPOOL	1837	-	-	123 x 26.5	8.0	7.0	104			1664	-	-	-	-	Broked, burnt Mar 1856. Burnt	
8. LIVERPOOL II	1838	-	-	123 x 26.5	8.0	7.0	104			-	-	-	-	-	Broked, burnt Mar 1856. Burnt	
9. THOMAS	1837	-	-	100 x 26.0	7.4	6.9	816	Side Lever	280	62	5.9	10	10.1	-	See Loss Chapman & Sons -	
10. MONTROSE	1838	-	-	106 x 26.0	8.6	8.0	906			250	-	-	-	-	929 - 1852 to Portuguese Govt -	
11. ALEXANDER	1838	-	-	106 x 26.0	8.0	8.0	992	Par beam engines	420	74	9.0	7	10.22	-	1852 -	
12. ALICE	1837	-	-	132 x 26.5	9.8	8.4	914			200	(Built by Scott) Broked up -	-	-	-		
13. ORIENTAL	1838	-	-	220 x 22.5	28.5	14.7	187	Side Lever	120	70	10	4	10.05	1861 -	Broken up & sold Hongkong Oct 1861 -	
14. FREDERICK	1838	1838	1838	229 x 23.5	28.5	14.7	187	Side Lever	500	70	10	4	-	-	July 1850 -	
15. L. F. LEE, M. H. H. H.	1838	-	-	162 x 26.5	10.6	5.6	558			250	20	5.6	5.6	-	Hongkong 1859 -	
16. H. H. H. H.	1838	-	-	207 x 25.5	8.0	7.0	207	Par/direct acting	520	75	8.0	7	10.21	1856	Brecked, broken & sold Jan 1856 -	
17. PHEASANT	1838	1838	1838	160 x 26.0	15.4	5.6	592	Par engines	200	54	5.0	6	9.75	Jan 1856	Burnt cotton mill Cam 21st 1856 -	
18. LOTUS	1838	1838	1838	Yards	-	-	-	Yards employed in								Start of rotation -
19. O. GENE	-	-	-	-	-	-	-	At River Nile								
20. ATLAS	1838	-	-	Yards	-	-	-	Vessel employed in the Mediterranean								
21. BENTINCK	1838	Hood	-	271 x 36.0	8.6	7.4	1144	Side Lever	500	47	8.0	-	-	-	At sea between 1860 & Paul -	
22. DELTA	1838	1838	1838	-	-	-	-			220	-	-	-	-	At sea 1860 -	
23. MARIA	1838	1838	1838	162 x 23.5	15.2	8.9	859			160	-	-	-	-	At sea 1860 -	
24. TIGER	1838	1838	1838	162 x 26.9	11.3	7.6	922			280	-	-	-	-	At sea Aug 1860 -	

Listado primeros barcos de la Compañía P&O.

Línea de Sudamérica

En otro listado de 19 barcos que hicieron la Línea de Sudamérica, a finales del s.XIX y principios del s.XX, las pérdidas de barcos fueron:

Buques	19
Perdidos	10
Actos de guerra	4 (comprendidos en los 10 anteriores)
Las razones fueron	
- Encallar	1
- Colisión	1
- Naufragio	4

En este ultimo caso el porcentaje de pérdidas, sin contar los perdidos por guerra, supone un 31.5%. Las cifras bajan cuando se consideran barcos que, en parte, navegaron en el siglo XX.

Compañía Transatlantica⁵

Del listado interno de la Compañía Trasatlántica de Mayo del 1942 que comienza en 1853, se obtienen los siguientes datos:

- Buques	80
- Perdidos	28

Para esta Compañía el porcentaje de pérdidas fue del 35%.

De tomar datos de la Trasatlántica, de ese mismo listado, de los barcos citados entre los años 1853 y 1900, los resultados habrían sido:

- Barcos	56
- Perdidos	22

El porcentaje de pérdidas en este caso fueron del 39%. No figuran las causas de las pérdidas.

Este porcentaje baja al 25%, estudiando los barcos del listado, que figuran a partir del 1900.

La Royal Mail

Empezó en 1840 con 14 barcos, ocho años después había perdido seis.

Esto supone el 42% de pérdidas.

Las pérdidas aumentan según se retrocede en el tiempo.

Sumando buques y perdidas, se tiene que de esta muestra de 143 barcos se perdieron 62, el 43%. Sorprendente.

6.2 DISPOSICIONES DE SEGURIDAD EN EL s.XIX

Se tratará en este apartado de la legislación, los equipos y elementos relacionados con la seguridad a bordo de aquellos buques.

Los vapores del s.XIX, gracias a las medidas tomadas, fueron unos barcos cada vez más seguros. La reglamentación de seguridad, que se acabo convirtiendo en internacional, fue entrando en vigor a lo largo del siglo, aunque a veces la presentación fuese diferente de la actual.

La reglamentación elaborada y puesta en vigor, sobre temas de seguridad en el s.XIX, fue la primera, fue puesta en vigor en razón de los orígenes de las pérdidas conocidas y permitió a los barcos ir aumentando su seguridad en navegación hasta las cotas actuales.

6.2.1.- BOTES Y ARTEFACTOS FLOTANTES

Los botes salvavidas que es posible encontrar investigando en libros del s.XIX, son de dos tipos diferentes: unos están situados en tierra para salvar vidas de naufragios próximos y otros a bordo de barcos, pensados para los mismos fines con el personal embarcado, tal como se viene haciendo desde hace siglos. El libro “Las Maravillas del Arte Naval” de Leon Renard de 1866 dice que, a cuenta de los desastres de la tempestad de 1789 en la costa inglesa, se crean asociaciones para salvamento de náufragos, en todos los puntos peligrosos de la costa. La más famosa de estas sociedades fue la National Life Boats Society; que gracias a donativos tenía 132 botes de salvamento, y continuaba en servicio en 1849.

Se hizo concurso ese año para sustitución de los botes iniciales; ganó el de Mr. Beeching, que la Royal Shipwrecked Fishermen and Mariners Benevolent Society hizo construir y repartió en sus estaciones.

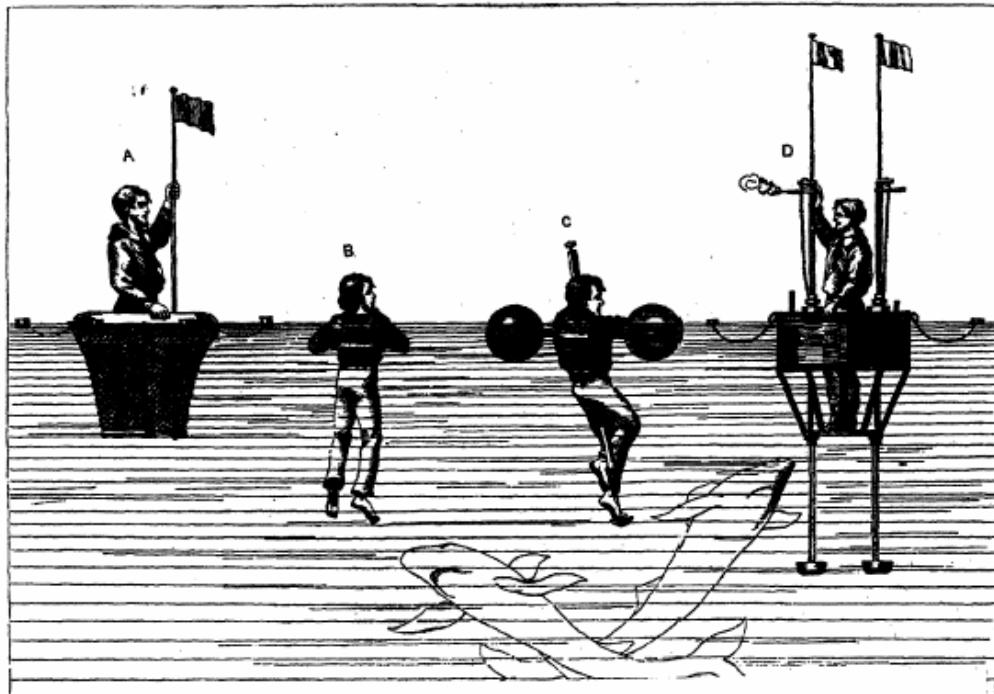
La P&O Steam Navigation Company y la Royal Mail West India Steam Company adoptaron para sus barcos el de MMT y el de F. White, otros dos botes concursantes.

Para evitar naufragios se completó, en aquellos años, el sistema de faros en Francia que alcanza los 275. Se emplearon, también, barcos faro.

En 1790 Henry Greathead (1757-1816), constructor de botes de South Shields, diseña un bote que se construye por suscripción pública y se presenta al Duque de Northumberland, que lo destina a North Shields. El bote tiene 30 pies de largo y 10 de manga, tiene doce tripulantes con 5 remos por banda. Lleva un gran remo en cada extremo para dirigirlo. Tiene mucha flotabilidad y es imposible que se hunda al ir forrado de corcho por dentro y por fuera. Se pueden salvar 20 personas de una vez. Fue considerado por los usuarios como el primer auténtico bote salvavidas.

Acta Parlamentaria sobre MARINA MERCANTE de 1854. BOTES SALVAVIDAS DE COSTA.

“El BOT se encargará de subvencionar y mantener una red de botes salvavidas y sus tripulaciones, para preservar vida y propiedades de barcos embarrancados o encallados en la costa”.



Artefactos flotantes.

Roldan y Chacón en 1831/1864 nos dan una serie de noticias sobre botes salvavidas.

Deben ir montados en cubierta, quilla al sol, pueden ir unos sobre otros y el resto montados en pescantes, a popa.

Sirven para comunicación con tierra o para auxiliar a alguien que caiga al mar.

Los Botes-lancha llevan motor de 10 CV (noticia de Chacón en 1864).

Los pescantes giran para meter el bote dentro, sobre cubierta.

Por tamaños hay lanchas, botes y canoas.

Hay que cuidar la posición y el trincado de los botes, pues pueden hacer zozobrar el barco si se sueltan (o se llenan de agua).

Hay relatos de roturas de botes a hachazos, para que se vacíen de agua y poder adrizar el barco.

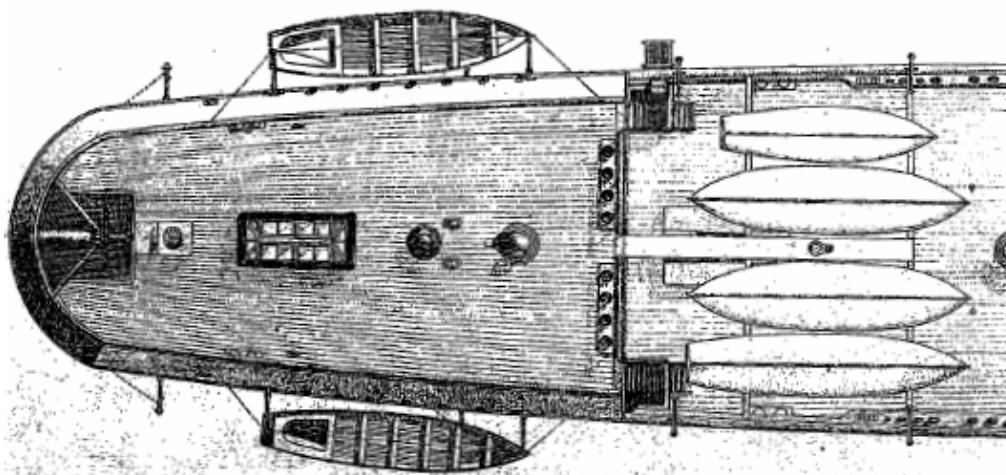
Botes en Barcos.

Great Britain 1843.

Lleva 7 botes, 4 de hierro con flotadores.

Tienen una capacidad para 480 personas, 360 pasajeros y 120 tripulantes, o sea el 100% del personal a bordo.

El *Great Britain* lleva 4 botes de hierro 30 x 8 x 5 pies, se montaron tres más de madera antes de entrar en servicio. Estos botes de madera se montaron en pescantes a popa de chimenea. Los de hierro iban en posición invertida a proa de la misma. Los botes de hierro patentados de Guppy, fueron los primeros construidos en ese material, llevaban tanques de flotación en proa y popa, eran autoadrizantes.



Disposición de botes en buque Dharwar

Great Eastern 1858.

Llevaba un total de 20 botes salvavidas, dos de ellos muy grandes y motorizados. Es casi imposible que pudiera llevar embarcados a los 4.000 pasajeros previstos, más los 400 tripulantes.

Persia 1855.

Tenía este barco acomodación para 250 pasajeros.

8 botes salvavidas.

De ser los botes del tamaño de los del *Great Britain* habría llevado plazas para todo el personal embarcado.

Artefactos Flotantes.

Tomado de TRANSACTIONS 1869-12 Oficial de Marina Bourchier.

En comunicación al INA en 1869, Bourchier da ideas sobre preservación de la vida en el mar.

Presenta diferentes modelos de aros salvavidas y balsas salvavidas. En uno de los modelos pueden permanecer varias personas de pie; es un artefacto con un mástil telescópico para hacerse ver, que tiene una pequeña reserva de agua.

Lleva una guirnalda alrededor para que se puedan coger varios naufragos.

Con el salvavidas de corcho presentado, tuvieron problemas en las primeras pruebas realizadas.

Otro de los artefactos flotantes es una especie de boyo cilíndrica con plataforma.

Prestaciones de todos los equipos presentados.

- No precisan esfuerzo, sirven para personas exhaustas.
- Llevan comida y agua para varios días.
- Fácilmente detectables por fuego o humo.
- Inmunes a los ataques de los tiburones.
- Pueden llevar 200 kg de carga (documentos, brújula, bitácora, etc.).
- Con un piso y un techo se pueden hacer balsas de hasta 50 personas.

Reglamentación.

Lloyd's 1870.

Los buques hasta 150 tons llevarán un bote salvavidas.

Los barcos de 150 tons y más, llevarán los botes adecuados.

Botes, según el Register Veritas de 1871.

Todos los barcos llevarán un bote para manejo del ancla espía.

- Barcos con menos de 100 tons de registro llevarán 1 bote.
- Entre 100 tons y 250 tons, 2 botes.
- Por encima de 250 tons., 3 o más botes, según tamaño.

Acta Parlamentaria de 1855 sobre transporte de pasajeros.

De obligado cumplimiento durante el reinado de la Reina Victoria y sus sucesores.

Cada barco llevará un número de botes de acuerdo con la escala siguiente:

- 2 botes por cada barco de menos de 200 tons.
- 3 entre 200 y 400 tons.
- 4 entre 400 y 600 tons.
- 5 entre 600 y 1000 tons.
- 6 entre 1.000 y 1.500 tons.
- 7 para 1.500 y más tons.

“Los barcos de pasajeros llevaran los botes suficientes para embarcar a todas las personas que estén a bordo del mismo, de acuerdo con el Oficial de Emigración”.

Uno de esos botes será para servicio inmediato. Llevaran dos cronómetros, tres timones, un compás, cuatro salvavidas, señales de día y de noche, tres anclotes, etc.

6.2.2.- COMPASES.

La aguja magnética es afectada por la magnetización de los cascos de hierro en la grada. Esto al menos es lo que afirmaba Airy en las Transactions de 1860-08.

Pasaron años antes de que se dispusiera de solución; vino del uso de las barras Flinder y de los imanes permanentes.

Inicialmente se decía que:

Se debe construir el barco orientado N-S, para que el casco se magnetice menos.

La idea de construir el barco a 45º, no resultó tan buena como se pensaba.

El compás no se debía montar cerca del palo del timón (mecha o caña) o del palo de popa.

No situarlo en cubierta de hierro.

Cuidar la temperatura de laminado del hierro.

Hacer viajes cortos hasta ajustar el compás.

Usar compases para compensar, como el Grays ajustable.

Las correcciones a realizar, que sean hechas por expertos.

Pequeños trozos de hierro próximos al compás producen grandes cambios.

No puede haber baos de hierro bajo el compás.

Transactions 1866-20.

Rundell.

El conferenciante recordaba que el Astrónomo Real era partidario de poner una barra de hierro con imanes permanentes para compensar compases situados a popa.

En Liverpool se pide que los barcos monten un compás compensado con alidada, como los que hay disponibles, antes de la salida.

Se debe situar el compás en el sitio del barco en el que se obtienen menores desvíos.

Otras necesidades para el buen funcionamiento:

- Realizar el trabajo mediante compensadores de agujas.
- Examen a capitanes y pilotos de magnetismo.
- Elaborar tabla de desvíos.
- Que el BOT dé certificados a ajustadores.
- Los capitanes deben saber mover los imanes.
- El BOT debe hacer más exámenes de ajustadores.

Los inspectores recomendaron la máxima precaución, si se acercaban a tierra con niebla, o por la noche, usando la brújula.

A mediados de la década de los 60 se acabaron construyendo compases ajustables que indicaban con fiabilidad, a pesar de los cascos de hierro. Su uso se impuso rápidamente dado el peligro que suponía navegar con agujas sin compensar. Así se acabaron los viajes en los que el grumete, suspendido en un bote de madera, con un compás, iba cantando el rumbo.

6.2.3.- FRANCOBORDO.

Se toma de KNOWLES 1822, que dice:

“Peso muerto es la cantidad de peso que entra entre la línea ligera (en lastre) y la línea de máxima carga. Ambas líneas se determinan teóricamente. La línea de máxima carga se considera como la correspondiente a la máxima carga a llevar”.

“Para situar la línea de máxima carga, debe de coincidir la línea de peso total con la de máximo desplazamiento. La línea así marcada coincide con el calado del barco cargado. Se puede saber el peso de cualquier barco y pasándolo a pies cúbicos, podemos saber si la línea de carga está bien situada”.

Reglamento de Correo Español, La Habana⁶ 1827.

“El Barco navegará en línea de agua que determine **un inteligente** nombrado por la Real Marina, para que vaya tan boyante como un corsario y se le pueda sacar ventaja a su andar”.

Dice MONJO en su Método Matemático Legal de 1856, España:

“El Astillero suministrará planos de calados y desplazamientos, con estos se confecciona una placa con los calados y desplazamientos,

colocándola en sitio visible del barco. Se dispone así de escala estereográfica de tonelajes y calados”.

Reglamento de Línea de Francobordo mínimo estructural Lloyd's 1870, para barcos Spar Deck.

“Dado que la seguridad y condición de navegación depende en gran medida del calado de agua al cual esta cargado. Se entiende, en estas reglas, que se construye para ser cargado a un calado que da un francobordo mínimo, por cada pie de puntal de la bodega, de 1 ½ pulgadas, medidas desde el canto de la traca de cinta de la cubierta media, al borde del agua”.

Plimsoll, hasta 1898, dedicó sus esfuerzos a limitar la carga de los buques, de ahí que la marca de francobordo lleve su nombre.

Acta Marina Mercante de 1876.

Artículo de Marjorie Bloy de la Universidad de Singapur.

“En 1836 el conocimiento público de las pérdidas de barcos y tripulaciones forzaron al Parlamento a investigar el creciente número de naufragios. En 1850 el Board of Trade se encargó de hacer cumplir la legislación, competencia de las tripulaciones y operación de los barcos.

El gobierno evitó interferir con las operaciones de barcos, hasta que en 1870 Samuel Plimsoll, un parlamentario de Midlands, reclamó la creación de un límite de seguridad o línea de carga, para limitar el peso de lo cargado en los barcos.

Plimsoll habló de los barcos ataúd creados para la sobrecarga y el gobierno creó una comisión real para investigar malas prácticas de malos armadores. La reforma de 1875 no resultó. En 1876 fue obligatoria la primera regulación de líneas de carga”.

TRANSACTIONS 1870-04. Rundell.

Desde principios del s.XIX, hay una preocupación general por las pérdidas de barcos, todos los autores sugieren métodos para limitar la carga.

Rundell en 1870, expone en el INA el estado de la cuestión y hace conocer a sus colegas la Scale de Liverpool, que se estaba aplicando en muchos barcos.

En la época de la madera se emplearon diferentes reglas para definir la posición de las líneas de máxima carga.

Los constructores dejaban 2 ½" por pie de bodega, como francobordo.

El armador pedía que se dejaran 3 ½" por pie de bodega, por ser esto lo que pedía el inspector de carga y el seguro.

Lloyd's pedía 3 pulgadas por pie de puntal de bodega.

El organismo Scale of Underwriters de Liverpool dice que la línea de máxima carga no es obligatorio marcarla, queda al criterio del inspector que fija el francobordo, que lo hace en función de la edad y estado del barco, del destino, del tipo de carga, la estación, etc.

A pesar de lo dicho, la Liverpool Scale publicó su escala de Francobordo para barcos de madera, inicialmente.

ESCALA DE FRANCOBORDO DE LIVERPOOL BUQUES DE MADERA DE PRIMERA CLASE 1830-1840.

Puntal bodega	Pulgadas por pie de bodega
10-12'	2 ¼"
12-14'	2 ½"
14-17'	2 ¾"
17-20'	3"
20-22'	3 ¼"
22-24'	3 ½"
24-26'	3 ¾" – 4"

Por cada pie adicional a 26' se aumenta 1/10 de pulgada.

Una de las primeras escalas que se siguieron por muchos de los armadores, durante años, fue esta escala de Liverpool, para buques de madera.

En 1834 se publica el primer Lloyd's que trataba el tema, pero sin dar dimensiones de los barcos. Se interpretó que lo que pedía era 3 pulgadas por pie.

Se adoptaron esas 3 pulgadas por diferentes organismos.

Para barcos de hierro, la Liverpool Scale revisa los datos de la tabla para madera y hace una nueva escala.

Escalas de Francobordo que se proponen, simultaneas a la de Liverpool :

Escala de Liverpool.

Escala de $\frac{1}{4}$ del puntal o del Lloyd's (3" por pie).

Escala del INA, que la formula $(a-b) / 32$ (Eslora a, Manga b).

La guía para francobordo de $\frac{3}{10}$ del desplazamiento, del BOT

Unos y otros sugieren que el francobordo se materialice con un disco de 9 pulgadas, pintado en el costado como punto de máxima carga. El trazado y pintado se haría desde astilleros. La flotación de máxima carga sería tangente al disco.

Se confecciona por la Escala de Liverpool una tabla para buques de hierro en 1867, que se corrige en 1869.

Un ejemplo, el francobordo, para un barco de 2.150 tons de desplazamiento sería:

Reserva 3/10	4,68'
Liverpool Scale	3,62'
3" por pie LR (1/4)	4,20'
INA	5,43'

La Tabla de 1869, que fue contrastada en miles de barcos de primera clase, por la Liverpool Underwriters Association, en pulgadas de francobordo por pie de bodega es:

Puntal bodega	Fracción de flotación
10-12'	2 $\frac{1}{4}$ "
12-14'	2 $\frac{1}{2}$ "
14-17'	2 $\frac{3}{4}$ "
17-20'	3"
20-22'	3 $\frac{1}{4}$ "
22-24'	3 $\frac{1}{2}$ "
24-26'	3 $\frac{3}{4}$ " a 4"

1/10 de pulgada más por cada pie de bodega en exceso.

Criterio alemán de francobordo, ideas aportadas:

TRANSACTIONS 1872-07
Gustav Mitzlaff

Incorpora al cálculo una constante B.

B (francobordo) es igual a:

- 0.24 H para viajes europeos.
- 0.273 H para viajes trasatlánticos.
- 0.307 H para viaje largo.

Válido para barcos hasta 5 mangas por eslora.

De 5 a 6, incremento 1/12.

De 6 a 8, incremento 1/6.

Barcos de pasaje aumento de 1/8.

6.2.4.- “GRUPO DE EMERGENCIA” (CALDERA AUXILIAR)

Es una acepción propia para el grupo de los equipos de seguridad instalados fuera de la cámara de máquina, con una fuente de energía propia, una caldera auxiliar.

Lo que sigue está tomado de Transactions 1869-15, Haswell USA.

La Bomba de vapor independiente del barco se considera necesaria para la seguridad del barco.

Su empleo normal es para picar sentinelas, alimentación de calderas o vaciar una bodega.

Si estas bombas se sitúan en la máquina, los fuegos o inundaciones las dejan fuera de servicio, como ya ha pasado en bastantes barcos.

Su situación debe ser sobre cubierta principal incluyendo una pequeña caldera para su uso, siempre dispuesta para el servicio.

Según Haswell, los buques *Artic*, *Austria* (por incendio) y *Britannia*, se perdieron por tener las bombas en Máquinas.

6.2.5.- MAMPAROS ESTANCOS.

En 1837 un Armador de Dublín, Mr. Williams pedía a los constructores que los montaran, después de una experiencia en que salvó un barco por tenerlos.

En 1839, el citado C. W. Willians en el Times, recomienda 4 mamparos estancos. Dos cerrando la máquina y dos más a proa y popa. Estos 4 mamparos, que se usaron mucho, se pensaba que ayudarían también en caso de incendio.

INA 1861-13. Mamparos estancos.
Lundley.

A veces la efectividad se pierde por errores que dejan puertas o válvulas abiertas.

Las aberturas en compartimientos a los que se deba acceder, deben ser por lugares a los que nunca pueda llegar el agua.

Los espacios de camarotes deben estar divididos con mamparos cada 50 pies, por cuestiones de incendio (actualmente están legislados los mamparos contraincendios en habilitación).

Mamparos estancos en Lloyd's Register.

Como ya figura en el Capítulo 2, el Lloyd's de 1870 pide que se monten un cierto número de mamparos estancos de acuerdo con la eslora del barco, mínimo 4.

Estos son:

Mamparo del pique, a media manga de distancia de proa.

Otro a popa, por delante de hélice y codaste.

Dos para que cierren la máquina por proa y popa.

Con más de 280 pies de eslora, se debe de montar nuevo mamparo, entre el pique de proa y proa de la máquina. Con más de 330 pies de eslora, se debe montar un sexto a popa de la máquina. Deben llegar a la cubierta superior.

Estos mamparos pueden no ser verticales, por funcionalidad, pero siempre estancos hasta cubierta alta.

Según Lloyd's (tomado de otros textos):

Los barcos de más de 400' necesitan 7 mamparos.

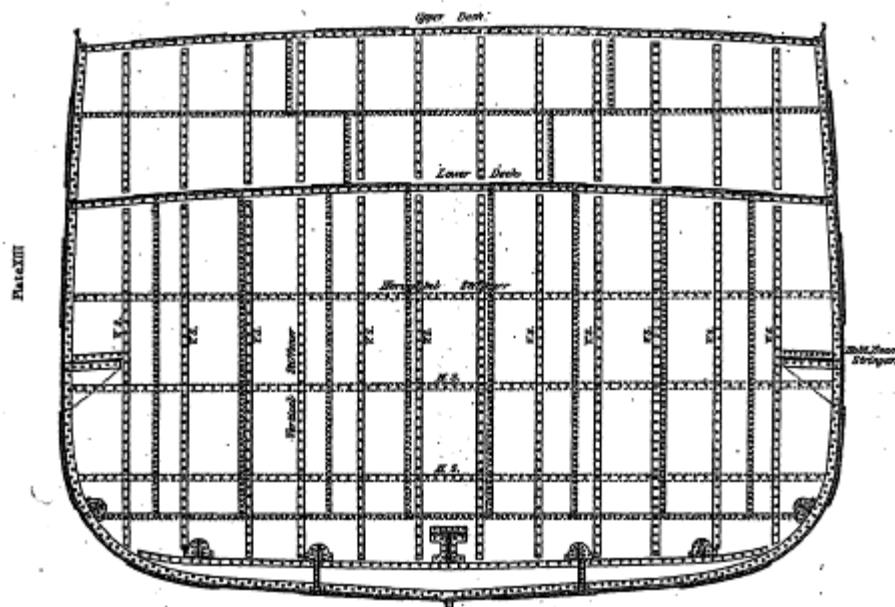
Los barcos de más de 470' necesitan 8 mamparos.

Los barcos de más de 540' necesitan 9 mamparos.

Russell, en los barcos que proyectaba, ponía tantos mamparos estancos como veces la eslora superaba a la manga. Esta práctica, más exigente que los reglamentos en 1 ó 2 mamparos, fue seguida por bastantes constructores de buques de pasaje.

En barcos de pasaje era normal montar más mamparos que los reglamentados.

Parece que en 1885 no todos estancaban los mamparos en la cubierta superior, según pedía el Reglamento.



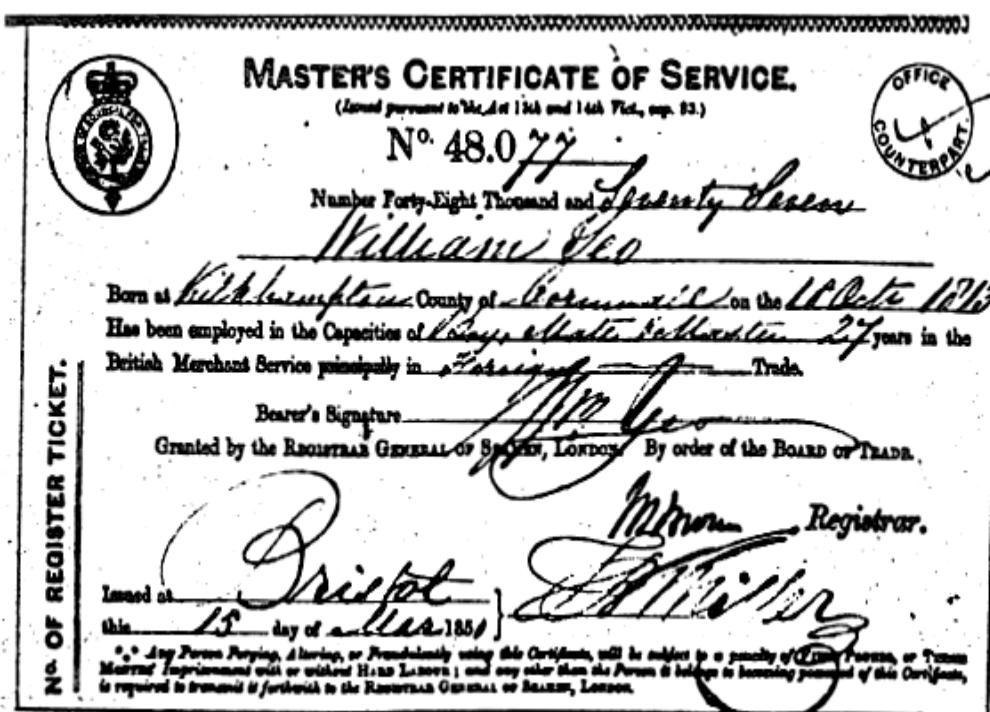
Mamparos estancos

6.2.6.- EXAMENES DE TRIPULACION.

En muchos accidentes se pudo demostrar que eran debidos a fallos humanos. Algunos nuevos armadores no eran marinos e ignoraban la valía del personal que contrataban.

En 1845 se puso en marcha un sistema de exámenes voluntarios de competencia para oficiales, por el Board of Trade. A final de 1846 solo habían hecho el examen 200 oficiales. El Almirantazgo directamente, en 1847, hizo este examen de la tripulación casi obligatorio, ya que los barcos que no tuvieran examinada a su tripulación, no podrían llevar ninguna carga del gobierno. En 1850, 3.000 comandantes, oficiales y pilotos tenían su certificado de competencia.

En el acta Parlamentaria de Marina Mercante de 14/08/1851 para barcos dedicados al tráfico internacional, venían recogidos, además de los certificados de competencia, temas tales como salarios, sanidad a bordo de los buques, cuadernos de bitácora, alojamiento, etc. Todo este aumento de medidas de seguridad y mejoras para la navegación, y los embarcados, vino originado por intentar evitar el gran aumento del número de siniestros en los barcos de vapor.



Certificado de competencia de 1851.

6.2.7.- REGLAS DE TRÁFICO

En 1839 Russell y otros, protestan por falta de una única regla de tráfico. Por ejemplo, en Liverpool los barcos se pasaban por Br y en Londres por Er.; como ya se ha dicho, esto dio lugar a muchas colisiones.

En 1840 no había ni un solo reglamento con carácter general, el primero sobre reglas de navegación se publica por la Trinity House, que acabó solucionando los problemas citados.

Trinity House of London 30/10/1840⁷.

- “1. Whereas the recognised rule for sailing vessels is, that those having the wind fair shall give way to those on a wind.
- 2. That when both are going by the wind, the vessel on the starboard tack shall keep her wind and the one on the larboard tack bear up, thereby passing each other on the larboard hand.
- 3. That when both vessels have the wind large or a-beam, and meet, they shall pass each other in the same way on the larboard hand, to effect which two last mentioned objects the helm be put to porton
- 4. And as steam vessels may be considered in light of vessels navigating with a fair wind and should give way to sailing vessels on a wind or either tack becomes only necessary to provide a rule for their observance when meeting others steamers or sailing vessels going large.
- 5. When steam vessels on different courses must unavoidably or necessarily cross so near that by continuing their respective courses there would be risk of coming in collision each vessel shall put her helm to port, so as always to pass on the larboard side of each other.

6. A steam vessel passing another in a narrow channel must always leave the vessel she is passing on the larboard side”.

Traducción:

“1. Es la regla reconocida para la navegación de buques, que aquellos que tengan el viento a favor cedan el paso a aquellos que van contra el viento.

2. Cuando los dos (buques) naveguen con el viento, el que está en la banda de estribor mantendrá su curso y el que esté a la banda de babor disminuirá su velocidad, pasándose por la banda de babor.

3. Cuando se encuentren los dos buques que reciben el viento de costado, se pasarán de la misma manera por la banda de babor, y para hacerlo los dos virarán hacia babor (estribor).

4. Ya que los barcos a vapor pueden considerarse como buques que naveguen con el viento, deberán ceder el paso a buques de vela a cualquier banda, y llega a ser necesario proveer una regla para que la observen cuando se encuentren con otros buques a vapor o veleros con el viento de costado.

5. Cuando buques a vapor que tengan distintos rumbos inevitable o necesariamente se crucen tan cerca que si continuaran sus respectivos cursos habría riesgo de colisión, los dos buques virarán a babor (estribor) de forma que se pasarán del lado de babor de cada uno.

6. Un buque a vapor pasando a otro en un canal estrecho deberá siempre dejar el buque que está pasando a la banda de babor.”

6.2.7.1.- REGLAS RELATIVAS AL RUMBO⁸.

Roldan y Chacón en su Cartilla de Construcción 1831/1863, dan como vigentes en España en 1863 las siguientes reglas:

Si dos buques navegan con rumbos encontrados y riesgo de colisión, meterán ambos sobre Er para darse el costado de Br.

Si dos barcos de vela siguen rumbos que se cruzan, el que va por Br maniobra; si el que va por Br ya ha maniobrado todo, el que va por Er también debe maniobrar.

El que descubra al otro por sotavento maniobrará.

Si dos barcos de vapor van de vuelta encontrada, con peligro de abordaje, meterán ambos a Er para darse el costado de Br.

Dos vapores en rumbos que se cruzan con riesgo de abordaje, el que vea al otro por Er deberá maniobrar.

Un buque a vapor y otro a vela siguen rumbos de colisión, el de vapor deberá maniobrar.

Todo buque de vapor que se aproxime a otro con riesgo debe moderar, parar y ciar si hace falta.

Un vapor en tiempo de niebla, debe ir a velocidad moderada.

Todo barco que pase a otro, gobernará para no interrumpir la derrota del último.

Se gobernará para evitar colisiones por circunstancias particulares, que puedan hacer necesaria la falta de observancia de las reglas para evitar un peligro.

Estas reglas no liberan de no llevar luces, de no hacer señales, ni de ninguna responsabilidad.

6.2.8.- ABORDAJES⁹.

Los principios del reglamento de abordajes son del 11/07/1848. Antes de esto solo había la costumbre de que los barcos anclados, o los que estaban pescando, encendieran por la noche una luz para que los demás les pudieran evitar.

El Reglamento decía que todos los barcos de vapor dentro de los límites mencionados, deben montar una luz blanca brillante en el palo de proa, una verde en el costado de estribor y una roja en el de babor. Las luces roja y verde llevaran una pantalla hacia el interior del barco (180°).

Los buques a vela no tuvieron reglamento durante 10 años más. En 1851 un Acta del Parlamento requería a los barcos de vela, para que cuando estuvieran navegando, o siendo remolcados, y se acercaran a otro barco, u otro se les acercara, pusieran una luz en la mejor posición para ser visto y a tiempo de evitar la colisión. Si estaba anclado debía poner una luz blanca en el palo mayor y el resto de luces las montaría si lo requería la ocasión. El 30/09/1858 se ordenó para los barcos de vela las mismas luces que para los vapores.

6.2.8.1.- REGLAMENTO ABORDAJES ESPAÑOL¹⁰

Roldán y Chacón 1831/1863
Sistema de luces y señales 1863.

Buque a vela se considera de vela, buque a vela y vapor se considera vapor.

Luces a llevar encendidas de puesta a salida del sol:

Vapores:

- Luz blanca en tope de trinquete con visión de 10 cuartas por banda y 5 millas de alcance.
- Luz verde a Er. 10 cuartas de visión. 2 millas alcance.

- Luz roja BR de 10 cuartas de visión y 2 millas de alcance.

Las luces verde y roja llevarán pantallas de 3 pies, para evitar su visión desde la otra banda.

Si un vapor va remolcando llevará además dos luces blancas en trinquete.

Buques de vela, las mismas luces que los vapores, menos la de trinquete.

Veleros pequeños, las luces de color se pondrán en cubierta.

Buques fondeados, una sola luz a no más de 6 m de la borda, todo horizonte.

Botes de prácticos, una luz blanca todo horizonte y enseñar otra blanca cada $\frac{1}{4}$ de hora.

Barcazas de pesca pequeñas, un solo farol con medio cristal verde y otra mitad rojo.

Barcos de pesca, u otros varados, una única luz blanca, o de visión intermitente.

6.2.9.- SEÑALES ACUSTICAS

Roldán y Chacón 1831/1863.

Señales en tiempo de niebla.

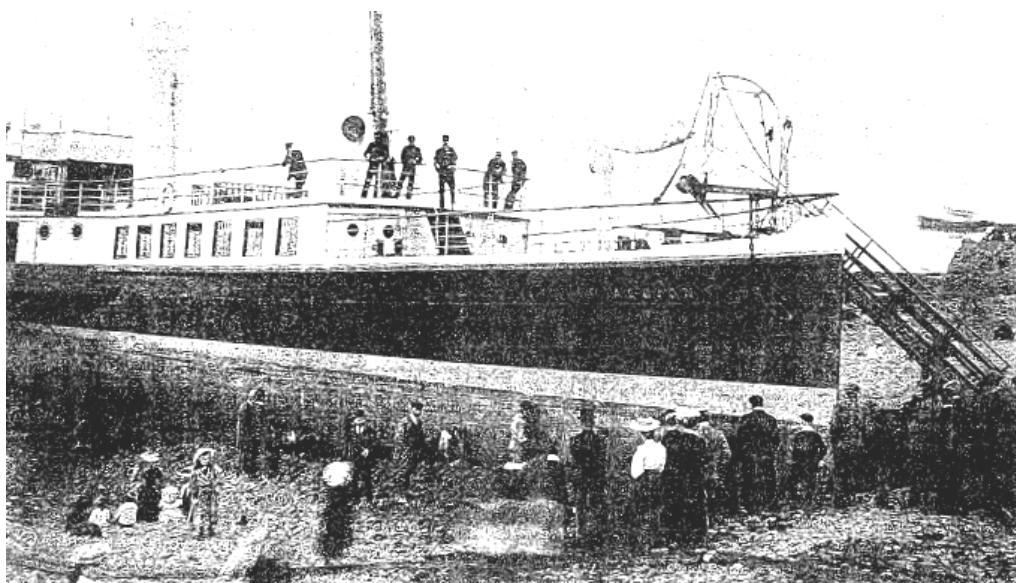
Con niebla se harán las siguientes señales:

Buques de vapor o vela harán sonar la campana si están fondeados.

Si no están fondeados harán sonar silbato de vapor que estará a 2,4 m sobre el puente, a proa de la chimenea.

Buques de vela, si no están fondeados harán sonar una corneta.

Peligro de hundimiento.- Disparar un cañón cada minuto (solo se ha encontrado que se usara en barcos americanos hacia 1850).



El Albion embarrancado en Somerset.

6.2.10.- OTRA REGLAMENTACION DEL ALMIRANTAZGO Y DEL BOARD OF TRADE.

Además de lo citado, el Almirantazgo directamente o a través del Board of Trade, emitió mucha legislación de seguridad que se encuentra consultando escritos de la época estudiada. Por ejemplo:

- Comprobar cada año la estanqueidad de uno de los mamparos estancos, por riego o inmersión.

- Regulación de la sección de evacuación de las válvulas de seguridad de vapor, su construcción y su prueba periódica.
- Definición de las bombas y tuberías del sistema de achique según el tamaño y tipo de barco.
- Normativa para la inspección completa de calderas a realizar cada seis meses.
- Regulaciones sobre las tensiones de tiro en pruebas de anclas y cadenas.
- Reglas para la subvención de los botes salvavidas de costa, establecidos en puertos de Escocia.
- Normas para la construcción de barcazas en hierro que operaban en canales.
- Normas de construcción de buques.
- Normas para la construcción de maquinaria.
- Otros muchos asuntos.

6.3 BIBLIOGRAFIA, ANALISIS Y COMENTARIOS.

FUENTES PARA ESTE CAPITULO.

Muchas de las noticias que se citan en este Capítulo son de libros que ya han sido enjuiciados en capítulos anteriores.

Knowles, John. NAVAL ARCHITECTURE London 1822.

Ya citado, se trae aquí en relación con las primeras indagaciones y propuestas para limitar la carga de los barcos a la capacidad real de

los mismos. Es en este libro donde se ha encontrado la cita más antigua sobre el tema francobordo.

Monjó, Juan. CURSO METODICO DE ARQUITECTURA NAVAL.
Barcelona 1856.

Al igual que otros muchos autores, estudió la carga máxima que debiera llevar un barco. Propone el método de que sea el astillero el que marque la línea de carga, que es lo que se hace en la actualidad.

Renard, Leon. LAS MARAVILLAS DEL ARTE NAVAL 1866.

Compendio de curiosidades de temas de la mar, en el que además de los botes de tierra, vienen varios remedios para que vuelva a soplar el viento y otros. Lo que se ha tomado es de interés.

Garay Unibaso, Francisco. CORREOS MARITIMOS ESPAÑOLES
1987-1996.

La cita referente a la línea de máxima carga es inusual, el que la tenga que marcar un hombre sabio es curioso.

De las **TRANSACTIONS del INA** se han utilizado en este Capítulo las comunicaciones de:

Haswell. "GRUPOS DE EMERGENCIA". 1869 INA.

Trata el informe de unos grupos mecánicos formados por caldera y bombas, que en Estados Unidos están situando fuera de la máquina, para poder contar siempre con ellos. La idea es de primer nivel, se busca aumentar la seguridad en los barcos. Esta disposición se ha encontrado en bastantes barcos anteriores a la fecha de la conferencia, la referencia habitual a esta disposición es para llenado de caldera con máquina parada, que también se podía hacer.

Airy, Astrónomo Real. SOBRE MAGNETISMO 1860 INA.

Relata el inmenso trabajo del autor buscando en una dirección errónea. No obstante, llegó a intuir que la corrección de los compases era posible con la utilización de piezas de imanes. Airy era un sabio, y cualquier cosa que dejó escrita, aprovecha.

Bourchier, Oficial de Marina. ARTEFACTOS FLOTANTES 1869 INA.

Ideas muy ingeniosas, prácticamente únicas, localizadas en esta investigación sobre artefactos flotantes. El origen de esta preocupación no puede ser otro que la gran cantidad de barcos y vidas que se perdían en aquella época. Es un precursor de los actuales artefactos flotantes, más concretamente de las balsas salvavidas.

Rundell. SOBRE MAGNETISMO 1866 INA.

Informa de una serie de caminos para solventar la magnetización de los compases, que ya han empezado a ser tomadas. Cita a Airy, que en 1860 diera los primeros pasos.

Rundell. FRANCOBORDO DE LIVERPOOL 1870 INA.

Lleva al INA su escala de francobordo, lista para ser aplicada, después de contrastarla en cientos de barcos.

Mitzlaff, Gustav. FRANCOBORDO, PROPUESTAS DE MODIFICACIÓN ALEMANAS 1872 INA.

Modificaciones alemanas al francobordo de Liverpool que van a poner en marcha en su país. Da algo más de francobordo a los buques de pasaje.

ACTAS PARLAMENTARIAS.

De las muchísimas actas relacionadas que el Parlamento inglés emitió y sigue emitiendo, las que afectan a este capítulo son:

PARLAMENTO INGLÉS

1854 Botes salvavidas en la costa.

En esta el gobierno da continuidad de la idea surgida en diferentes puntos y se hace cargo de material y gastos.

PARLAMENTO INGLÉS

Acta 1852-55 sobre transporte de pasajeros.

Muy orientada a garantizar un mínimos de habitabilidad y salubridad al emigrante en su viaje. Se ha tomado el artículo que hace referencia al disponer de botes para el 100 % de los embarcados.

ANÁLISIS Y COMENTARIOS.

No es raro que la ultima columna de un listado de barcos, de una compañía del s.XIX, se titule barcos vendidos o perdidos. Parece que el título de esta columna defina bastante la esperanza de vida futura que se tenía para los barcos.

Las razones para las pérdidas que se dieron son las que manejaban los armadores o citas de lo que pensaban los prohombres de la ciencia naval, o del mundo de los barcos de aquella época. Los itinerarios ajustados a tierra en demasía, y la obsesión colectiva por conseguir la cinta azul, debió de hundir muchos barcos que nunca debieron perderse. Navegar a toda máquina, en una ruta concurrida, en

cualquier circunstancia de mar o de tiempo, es andar tentando la suerte en demasía.

Llama la atención, en bastantes de los barcos estudiados, que la velocidad media para cruzar el Atlántico supere la velocidad de pruebas. Esto quiere decir que navegaban al 100% de la máquina, permanentemente. Esta es una prueba más de que se navegaba al borde de posibles problemas, o cuanto menos de una avería mecánica muy grave. Hoy se navega empleando el 85% de la potencia instalada, aproximadamente.

Al acercarse el final del s.XIX, cuando toda la legislación de seguridad que se ha traído a colación se empieza a seguir por los vapores, y los hábitos de navegación van mejorando, los siniestros de los barcos bajan. Con los datos aportados, se puede ver que cuando cambió el siglo las pérdidas de barcos fueron menores.

Otro tema más difícil de esclarecer es el de las inspección y autoridad para cumplimentar lo reglamentado. Se ha citado, que el *Great Eastern* no tenía capacidad de botes para embarcar a 4.400 personas. Hay una cita más arriba comentando que en 1885 los mamparos estancos de los barcos, en algunos casos, no llegaban a cubierta superior. Se supone que estos barcos tendrían alguna exención, que les autorizaba a navegar en las condiciones que lo hicieron, o que una legislación posterior a la revisada lo permitía.

Las razones generales de los hundimientos citadas, son las que entonces se contaron y se repiten bastante. Tal vez por tener el modelo más a mano, abundan los grabados en libros antiguos de colisiones cerca de puerto, que acababan con la pérdida de algún barco. El sitio se explica por el aumento de la densidad de barcos y las confusas reglas de tráfico.

Hay otro tema que pudo llevar a pérdidas, era la desconfianza de los capitanes en los nuevos servomotores de vapor; esta les llevaba a desconectarlos y seguir la navegación, actuando el timón a mano, en las proximidades de costas y puertos. Ignorando las causas de la desconfianza, parece que la decisión no era adecuada, al gobernar peor en manual. No se tienen datos de pérdidas por esta causa.

El crecimiento y desarrollo continuo de la reglamentación de seguridad en el siglo que se estudia, fue más que notorio. No se puede decir que sea igual a la legislación existente hoy, pero si que permitió navegar con bastante seguridad a los barcos de vapor de finales del s.XIX y parte del s.XX. Historia bien diferente es la de los actuales medios de ayuda a la navegación que tienen los barcos, que no se pueden comparar con los que entonces tenían. La verdad, y por ser más exactos, no se pueden comparar, porque entonces no tenían ninguno.

Possiblemente esos varios radares, diferentes radios, sondas gráficas, correderas electrónicas, faxes metereológicos, circuitos cerrados de televisión, circuitos internos de comunicación, controles de máquinas en puente, comunicaciones satélite, posicionadores GPS y muchísimas más cosas, han permitido que, afortunadamente, la siniestralidad de los barcos hoy sea realmente baja.

A este capítulo se han traído noticias anteriores al periodo estudiado tales como las de los botes de salvamento en tierra de León Renard, los primeros intentos de definir lo que acabaría siendo el Reglamento de Francobordo, de Knowles y otros, también las noticias de Roldán y Chacón en temas como del manejo de botes en barcos de 1831. Se considera que todas ellas ayudan a esclarecer el origen y desarrollo de los reglamentos y equipos de seguridad en el periodo que se estudia, la información recogida de estos autores se considera como parte de los resultados de esta investigación.

La legislación del s.XIX, actualizada por diversos motivos, ha servido de base a varias ordenanzas de seguridad vigentes.

CAPITULO 7

PROYECTO PARCIAL DE UN BUQUE DE PASAJE DEL s.XIX DE 5.000 tons.

7.1 Proyecto del buque

7.2 Proyectos actuales

7.3 Buque moderno de 5000 ton

7.4 Bibliografía, análisis y comentarios

7.1 PROYECTO DEL BUQUE

Como se citaba en el Objetivo y Alcance de la Tesis, se va a realizar, en este capítulo, el Proyecto parcial de un buque de pasaje del s.XIX, utilizando las formulaciones y conceptos que se han ido manejando a lo largo de este estudio.

En este proyecto van a tratarse temas que han ido apareciendo en los anteriores capítulos, tanto en el de conocimientos para el Diseño, como en los posteriores de Casco, Maquinas, Habilitación y Seguridad.

El barco elegido para proyectar es uno similar a los del periodo considerado, que transportaba pasaje y carga, que empleaba ruedas de paletas como propulsores y que montaba calderas cilíndricas y maquinas de vapor de acción directa. La presión de vapor de 20 psi es aún bastante moderada, al llevar montado un condensador de proyección de agua de mar.

Este proyecto es el de un barco en que se emplean los recursos técnicos y formulaciones aparecidos, y que se utilizaron, a lo largo de todo el periodo estudiado (1838-1882), aunque no necesariamente los últimos en cada caso. Se ha pretendido con esto, no limitar, ni dejar excluidos en su empleo, cálculos, diseños, Reglamentos o teorías, que se han estudiado y presentado en este estudio.

Constructivamente el barco del proyecto podría situarse entre los años 1855 y 1865, aunque algunos de los equipos y materiales montados perdurarían 15 ó 20 años más y otros serian sustituidos por otros mas avanzados en los años citados.

Se ha supuesto que las toneladas de desplazamiento del buque modelo son toneladas de 35 pies cúbicos de agua de mar, equivalentes a 1.016 kg., que son las utilizadas en Inglaterra para el desplazamiento, al no indicar nada en contra la fuente inglesa, de la que se ha tomado el dato.

7.1.1 MODELO Y DIMENSIONAMIENTO

Datos para el proyecto de un barco de 5.000 toneladas, de 1.016 Kg., de desplazamiento.

Modelo

Se ha tomado como modelo el buque *PERSIA* cuyas características se describen a continuación:

PERSIA¹ 1855

Primer barco de hierro para la Cunard construido por Robert Napier en Govan.

Monta dos mástiles y dos chimeneas. Tiene quilla vertical construida con llantas de 13 pulgadas de ancho y 4,5 pulgadas de espesor, en largos de unos 35 pies, chaflanadas y remachadas. Plancha de quilla interior (quillote o vagra central) de 0,69 pulgadas de espesor. Codaste de 13 pulgadas de anchura y 5 pulgadas de espesor. Soporta el timón en un único pinzote de 8 pulgadas de diámetro.

Las chapas de casco se disponen en dos niveles. Chapas de fondo de 0,94 pulgadas de espesor. Hasta la flotación las chapas son de 0,75 pulgadas de espesor, sobre la flotación de 0,69 pulgadas. Cinta y trancanil son de 0,88 pulgadas.

El casco está dividido en 7 compartimientos estancos. Lleva bodegas al centro con doble fondo y carboneras en los laterales. Las bodegas estancas de 1.100 t., sostendrían el barco a flote en caso de accidente.

Acomodación para 250 pasajeros.

8 botes salvavidas.

La máquina de 950 NHP de Napier, con dos cilindros de 100,5 pulgadas de diámetro y 120 pulgadas de carrera que desarrollan 3600 IHP. Ruedas de 38 pies de diámetro con paletas de 10,5 pies de anchura. Vapor a 20 libras.

Llevaba 8 calderas tubulares de 26.080 pies cuadrados de calentamiento, en 40 hornos con 800 pies cuadrados de parrilla. Consumía 143 tons de carbón por día. Carboneras de 1.640 t. Velocidad de crucero 13 nudos.

En Julio de 1856 cruza el Atlántico a 13,82 nudos, de media. Le concedieron la Blue Riband, que conservó hasta el 1862.

Nota.- Con esa velocidad media obtenida en el cruce del Atlántico, de 13,82 nudos, se estima que la velocidad máxima del *Persia* debió ser del orden de los 15 nudos.

Dimensiones:

Arqueo bruto	3.300 gt.
Arqueo neto	2.079 nt.
Desplazamiento.	5.850 t.
Eslora	398 pies.
Entre perpendiculares	376 pies.
Quilla	350 pies.
Manga	45,3 pies.
Con ruedas	71 pies.
Puntal	29,8 pies.
Calado	20 pies.

Dimensionamiento

Relación de comparación lineal:

$$R = (5000 / 5850)^{1/3} = 0,949$$

Dimensiones para 5000 t.

L = 398' x R = 377'	= 115,2 m.
L _{pp} = 376' x R = 356,8'	= 108,8 m.
B = 45,3' x R = 43'	= 13,1 m.
D = 29,8' x R = 28,3'	= 8,6 m.
T = 20' x R = 19'	= 5,8 m.

7.1.2 REGLAMENTOS NACIONALES E INTERNACIONALES

Reglamentos nacionales

Arqueo bruto²

Se aplica la fórmula inglesa de arqueo de 1854:

$$A = (L - 3/5 M) \times M \times M/2 / 94$$

$$A = (353,8 - 3/5 \times 43) \times 43 \times 21,5 / 94 = 3.225 \text{ gt.}$$

Menor que el modelo, cuyo arqueo bruto es de 3.300 gt.

Francobordo³

Se calcula la altura de varengas:

$$h = (P + M) \times 2/5 = 28,5 \text{ pulg.} = 2,37 \text{ pies}$$

El puntal de bodega será:

$$H_b = 28,3 - 2,37 = 25,9 \text{ pies}$$

Empleando la tabla de la Scala de Liverpool de 1867/1869 para buques de hierro, tendremos que el francobordo correspondiente es:

$$F = 4 \text{ pulgadas} \times \text{pie de bodega} = 103,6'' = 8,63 \text{ pies}$$

Queda ligeramente por encima ($0,67 \text{ pies} = 20 \text{ cm}$) del calado del buque.

Reglamento de Abordajes⁴

De acuerdo con la información de Roldán y Chacón, para cumplir con el Reglamento de Abordajes, el barco debería llevar las siguientes luces:

Luces a llevar encendidas de puesta a salida del sol:

Vapores.

- Luz blanca en tope de trinquete con visibilidad de 10 cuartas por banda y 5 millas de alcance.
- Luz verde a Er. de 10 cuartas de visión y 2 millas de alcance.
- Luz roja a BR de 10 cuartas de visión y 2 millas de alcance.

Llevará pantallas de 3 pies para evitar ver las luces roja y verde desde la otra banda.

Si va remolcando llevará, además, dos luces blancas en trinquete.

Reglamentos internacionales

Reglamentos del Lloyd's Register⁵ y del Register Veritas⁶.

Escantillonado del casco

Para el escantillonado del buque se emplean los Reglamentos del Lloyd's y del Veritas, de 1870 y 1871, capítulos para barcos de hierro.

Numerales del Lloyd's:

N 1.- Puntal de canto alto de quilla a cubierta superior + semimanga + mitad de perímetro de la maestra desde la quilla al canto alto de la traca de cinta.

N 2.- N 1 por la eslora del barco.

N 1 = 94,6

N 2 = 33.753

Relaciones:

L / B = 8,29.

L / D_b = 13,00.

$$L = 376 \times R = 356,8' = 108,8 \text{ m.}$$

$$B = 45,3 \times R = 43' = 13,1 \text{ m.}$$

$$D = 29,8 \times R = 28,3' = 8,6 \text{ m.}$$

$$T = 20 \times R = 19' = 5,8 \text{ m.}$$

Con los numerales entramos en las tablas:

La clara de cuadernas será de 24 pulgadas.

Dimensiones de cuadernas en 3/5 L centro	5 1/2 x 3 1/2 x 9/16
Cuadernas en los extremos	5 1/2 x 3 1/2 x 8/16
Ángulos de refuerzo de cuadernas	3 1/2 x 3 1/2 x 8/16
Espesor varengas	10/16
Espesor mamparos	7/16

Diámetro puntales bodegas	3 1/2
Diámetro puntales cubierta	2 5/8
Quilla	12 x 3
Roda y codaste	11 x 3
Traca de apardura	13/16
Chapas Fondo incluido pantoque	12/16
Chapas Pantoque a cinta	12/16
Traca de cinta	13/16
Tamaño quillotes de línea centro	19 x 14/16
Espesor quilla cajón	10/16
Baos de cubierta superior, quillotes en bodegas	6 1/2x 4 1/2x 9/16
Chapas de trancanil	10/16
Angulos baos en bodegas	4 x 4 x 9/16
Mecha timón	8
Espesor en cubierta superior	6/16
Vástago molinete	4 5/8
Cuerpo molinete	25 1/2
Diámetros de remaches	
Para chapa de 5 a 7/16	5/8
Chapa de 8 a 10/16	3/4
Chapa de 11 a 13/16	7/8
Chapa de 14 a 16/16	1

Todas las dimensiones de las tablas del Reglamento vienen en pulgadas.

Altura de varengas:

-(El puntal de tope de quilla a parte alta de bao en Línea Centro + manga) x 2/5, es la altura de varengas en línea centro, en pulgadas.

$$\text{Altura} = (M + P) \times 2/5 = 2,37 \text{ pies.}$$

Además de los elementos estructurales deducidos anteriormente hay que tener en cuenta que tanto la relación L / B como la L / D_b, son

mayores que las estandar de las tablas, por lo que ha de realizarse un reforzado suplementario.

Lo que se pide en Reglamentos del Register Veritas, en este caso, es:

Al ser la relación de eslora a puntal mayor de 12

- La traca de trancanil en cubierta superior incrementar en ancho o espesor 2/10.
- La traca de trancanil en la cubierta principal, incrementar espesor o ancho en 2/10.
- La traca de cinta y una de pantoque aumentar 1/16.
- Montar llanta con bulbo en los refuerzos longitudinales de ángulos del pantoque bajo.

Por ser la relación de eslora a manga mayor que 8.

- Aumentar traca de cinta 1/16.
- Aumentar espesor de una traca de costado 1/16.
- Una traca de pantoque aumentar 1/16.

Con esto se tendría el escantillonado para el barco de 5.000 t.

Mamparos estancos

De acuerdo con Lloyd's Register, citado ya en capítulo anterior, los mamparos estancos a montar en los buques varían en función de la eslora, con un mínimo de cuatro. Estos cuatro son el mamparo de colisión, los mamparos de proa y popa de la máquina, y el mamparo de popa que en barcos de hélice coincide con el interior de la bocina. Estos eran los mamparos a montar hasta que la eslora de los barcos superara los 280 pies. La tabla ya citada era como sigue.

Eslora menor a 280 pies	4 mamparos.
Más de 280 pies	5 mamparos (otro a proa de la máquina).
Más de 330 pies	6 mamparos (otro a popa de la máquina).
Más de 400 pies	7 mamparos.
Más de 470 pies	8 mamparos.

Más de 540 pies

9 mamparos.

Todos estos mamparos debían llegar a cubierta superior.

Russell, en los barcos que proyectaba, ponía tantos mamparos estancos como veces la eslora superaba a la manga. Esta práctica, normalmente más exigente que los reglamentos, fue seguida por bastantes constructores. En el barco modelo Persia, se siguió este criterio

En el caso de este barco de 5000 tons la eslora dividida por la manga da 8,3.

El número de mamparos a montar según Russell hubiesen sido 8. Según el Lloyd's habrían sido 6.

Según Reglamentos, el espesor de la chapa será el tabulado y se extenderá desde las varengas a la cubierta superior.

Deberán ir remachados entre una doble cuaderna, con reforzado vertical, con ángulos iguales a los ángulos de refuerzo de cuadernas, distanciados no más de 2 pies y 6 pulgadas.

El mamparo irá calafateado en todo su contorno. Llevará una válvula de compuerta cada mamparo, salvo el de proa, y una varilla de sonda por bodega.

Valores de Reglamento para este barco.

Espesor de chapas 7/16 de pulgada.

Ángulos de refuerzo 3 1/2 x 3 1/2 x 8/16 de pulgada.

7.1.3.- EQUIPOS AUXILIARES DE CASCO

Anclas y cadenas⁷

El N 2 del barco estudiado es 33.753.

Se toma de tablas del Lloyd's de 1870, un numeral de 35.200, que es el inmediato superior a 33.753.

Debe llevar:

3 anclas Bowers.

1 ancla Stream.

2 Kedges.

Anclas Bowers (Anclas principales).

38 Cwts de peso (1 Cwts es 1/20 de tonelada, un quintal).

34 5/10 toneladas de prueba según el Almirantazgo.

Ancla Stream (Ancla de espía).

14 1/2 Cwts de peso.

1er ancla Kedges (Anclote).

7 1/4 Cwts de peso.

2^a ancla Kedges (Anclote).

3 1/2 Cwts de peso.

Le corresponde llevar igualmente:

300 brazas de cadena, de 2 pulgadas de espesor, con contrete.

72 toneladas de prueba, según el Almirantazgo.

Molinete⁸.

Según Reglamentos y para un N 2 de 33.753 corresponde un molinete con:

Vástago de hierro de 4 5/8 pulgadas.

Macho de madera de 25 1/2 pulgadas de diámetro.

La potencia del molinete estaba limitada a los dos tercios de la tracción de prueba de la cadena, para evitar roturas de las mismas.

La tensión de prueba de la cadena es en este caso:

$$F = 72 \text{ t.}$$

El máximo tiro del molinete no pasará de:

$$F = 48 \text{ t.}$$

Para mecanizarlo, se necesitarían dos cilindros de vapor a baja presión, normalmente a 8 libras, obtenido mediante válvulas reductoras.

Timón

El timón, en aquella época, estaba formado por un bastidor fundido o forjado cogido a la pieza de popa de codaste mediante pinzotes, unas veces fundidos en compañía del bastidor y otras veces postizos. Las Sociedades no recomendaban que fueran fundidos con el bastidor, son más fáciles de sustituir si van atornillados.

Estos pinzotes irían guiados o apoyados en las hembras que formaban parte del codaste popel.

Se adopta el dispositivo de lenteja de giro (tintero), así como las piezas para trabado del pinzote alto, para evitar la pérdida.

El timón iría forrado con chapa ligera, 6 milímetros de espesor, y relleno de madera. La forma podría ser tipo *Conde de Venadito*⁹, o tipo rectangular, empleado en unidades de la Royal Navy.

El sistema de sujeción sería mediante mecha empernada y enhavetada al eje del timón.

La mecha y eje del timón, tendrían los siguientes diámetros:

Mecha del timón 8 pulgadas según Lloyd's.

Diámetro alto eje 8 pulgadas según Lloyd's.

Diámetro bajo eje 4 1/2 pulgadas según Lloyd's.

Otras dimensiones:

Diámetro de pinzotes 4 7/8 pulgadas según Lloyd's (extrap.).

Área del timón 173 pies cuadrados.

Tope del timón 40°.

El área del timón se ha obtenido de los resultados de unos ensayos (1857-1862) en los buques *Terror*, *Black Prince* y otros. Las pruebas las realizó el Almirantazgo (Almirante Halsted¹⁰).

Los resultados fueron que el área de timón necesaria era de un pie cuadrado por cada 38 del área de deriva. El área de deriva de este barco es de 6588 pies cuadrados. En este caso el área de la pala sería $6588 / 38 = 173$ pies cuadrados.

El accionamiento para este timón será mecánico sin servo. Se empleará el sistema habitualmente empleado por H&W; consta de rueda de timonel, barril del timón y rueda clavada y enchavetada en la mecha.

El barril del timón proporciona una multiplicación de 6. Una rueda de 30 pies clavada y enchavetada en la mecha, daría una multiplicación de 15, en total la multiplicación sería de 90.

A efectos de cálculo suponemos una pala rectangular, de 16 pies de altura y 11 de eslora. Con un calado de 19 pies las dimensiones parecen correctas. Con esta pala calcularemos el par en la mecha del timón.

Robert Napier¹¹, realizó ensayos en canal, y en el buque *Messina*, llegando a las siguientes conclusiones:

$$\text{Par en timón} = P \times L = 1,4 \times A \times G \times V^2 \times \sin 40^\circ.$$

P fuerza transversal en extremo de pala.

L longitud de la pala proyectada a 40°.

A área timón.

G distancia de centro de gravedad a eje de giro.

V velocidad del barco.

a ángulo de giro.

$$L = 11 \cos 40^\circ = 8,90 \text{ pies.}$$

$$A = 173 \text{ pies cuadrados, ya calculados.}$$

$$G = 5,5 \text{ pies.}$$

$$V^2 = 213,2.$$

$$\operatorname{sen} 40^\circ = 0,587.$$

$$P \times 8,9 = 1,4 \times 173 \times 5,5 \times 213,2 \times 0,587 = 166.710 \text{ Libras x pie.}$$

$$P = 18.731 \text{ libras.}$$

Esto supondría que es necesario realizar un par de 1.852 libras pie de esfuerzo en la rueda del timón, para vencer el máximo esfuerzo, obtenido de dividir el máximo par, 166.710 libras x pie, por la multiplicación del mecanismo montado, que es 90.

$$166.710 = 1852 \times 90$$

Si se pretende alcanzar los 40° a la máxima velocidad, se deberán aplicar 463 libras por rueda, con rueda cuádruple. Las ruedas de timón deberían ser de 6 pies de diámetro (multiplicación 3) para absorber la cantidad de esfuerzo calculada. Esto supondría que de haber dos hombres por rueda, deberían realizar 77 libras de esfuerzo cada uno, para alcanzar el máximo ángulo a la máxima velocidad.

$$4 \text{ (ruedas)} \times 3 \text{ (multiplic. rueda)} \times 2 \text{ (hombres)} \times 77 \text{ (libras)} = 1.848 \text{ lbs.}$$

Ruedas triples o cuádruples, no eran raras. En los comienzos de los servomotores a vapor, los capitanes desconectaban los servos en las proximidades de tierra y empleaban estas ruedas múltiples para gobierno manual.

7.1.4.- CARENA

Como carena para este proyecto de barco se elige la de Línea de Ola de J. S. Russell¹² al pensar que era la mejor de las que se manejaban en la época y estar suficientemente probada. Los primeros estudios e implantación de la misma datan de 1834 y siempre fue tenida en la mayor consideración por los profesionales de la época. En 1860 y 1861 Russell, presentó esta carena en sendas intervenciones en el INA, recogidas como Transactions del Instituto, 1860-15 y 1861-12, explicando esta carena con detalle.

Básicamente la carena la forma un cuerpo de entrada que sigue la función coseno de 0 a 180°, para su trazado, según se ve en los dibujos que se acompañan en el capítulo 2. La popa debería ser fina, para gobernar bien, Russell dice que podría tener la forma de una cicloide u otra forma que no sea romba.

En ensayos de canal comparó la resistencia relativa de modelos con línea de ola, con otros correspondientes a barcos de pasaje en servicio, con los siguientes resultados:

Velocidad	Resistencia relativa			
	A	B	C	D
5,68	84	126	166	148
9,69	189	225	241	225

A, corresponde al modelo de Russell.

Se definió por Russell la longitud del cuerpo de entrada y del de salida así como su relación y cuantía, que es la siguiente:

Longitudes de los cuerpos de entrada y salida según velocidades,

Velocidad (sm)	Cuerpo entrada	Cuerpo salida
10 sm	35'	20'
15 sm	95'	68'
16,8 sm (14,6 nm)	122'	87'
20 sm	170'	120'

sm statute mile de 1609 m.
nm nautical mile de 1852 m.

De acuerdo con los datos anteriores el proyecto considerado tendrá un cuerpo de popa de 87 pies, un cuerpo cilíndrico de cilíndrico de 148 pies y un cuerpo de proa de 122 pies.

La forma de los cuerpos y su sistema de trazado va en las láminas que se acompañan en el capítulo 2 citado.

7.1.5.- DATOS DE ESTABILIDAD Y BALANCE

En general se toman formulaciones de Attwood¹³.

Toneladas aproximadas por centímetro de inmersión, según Attwood:

$$Tc = E \times M / 140 = 10,2 \text{ t.}$$

Coeficiente de bloque.

$$\delta = 5080 / 1,025 \times L \times B \times C = 0,60$$

Se han tomado las toneladas del barco modelo, como toneladas largas inglesas de 1016 kg. / tonelada.

Posición aproximada del Centro de carena respecto a flotación (Attwood).

$$(1/10) \times [C/6 + P/ (Tc \times 30)] = 2,62 \text{ m. bajo flotación.}$$

C calado en decímetros.

P desplazamiento en toneladas.

Tc toneladas por centímetro.

Altura metacéntrica.

Según texto de Arquitectura Naval “Teoria del Buque I” de la ETSIN, la fórmula empírica para cálculo de la altura metacéntrica sería:

$$CM = a \times M^2 / C = 2,66 \text{ m.}$$

M manga.

C calado.

a constante, que para mercantes es igual a 0,09.

Para Attwood, a quien se debe esta fórmula empírica, la constante a varía de 0,27 para líneas llenas a 0,25 para líneas finas, en barcos de guerra.

Radio metacéntrico estimado, según Attwood.

Attwood recomienda para barcos de pasaje, que el GM esté comprendido entre 2 y 4 pies. Se adoptan 3 pies = 0,915 m.

Tomando este GM, el par de adrizzamiento para pequeños ángulos, en toneladas métricas, sería:

$$5080 \times 0,915 \times \operatorname{sen} \alpha$$

Estimación del periodo de balance.

Según normativa del USCG/IMO MSC Circular 707 de 1995, el periodo de balance aproximado sería:

$$T = 2CB / (GM)^{1/2}$$

Donde

B es la manga

$$C = 0,373 + 0,023 (B/d) - 0,043 (L/100)$$

d calado

Con esto quedaría:

$$T = 0,756 B / (GM)^{1/2}$$

Con un GM supuesto de 3 pies, recomendado por Attwood, quedaría un periodo de:

$$T = 10,35 \text{ segundos.}$$

Nota.- El cálculo realizado para el periodo de balance es un simple ejercicio, empleando fórmula aproximada de la IMO, del s.XX, y un GM recomendable.

7.1.6.- ESTIMACION DE MOMENTO FLECTOR Y RESISTENCIA LONGITUDINAL

De acuerdo con Watson¹⁴, el momento flector, considerando el barco en una ola de longitud igual a la eslora, 356,8 pies, y una altura de 1/25 de la longitud, 15,04 pies, sería de:

$$M_f = D \times L / 35 = 5.000 \times 356 / 35 = 50.857 \text{ tons x pie.}$$

Mr. Denny en 1892, informa de los resultados de sus cálculos sobre los esfuerzos en un barco tipo sobre una ola de 1/20 de su longitud, considerando que la longitud de ola es igual a la eslora del barco. Lo estudia al rendir viaje, a efectos de combustible.

Uno de los barcos tipo estudiados por Denny es prácticamente igual al del proyecto.

	Denny	Proy. 5.000 tons.
Eslora	350'	356,8'
Manga	44'	43'
Puntal	32'	28,3'
Coef. Bloque	0,56 a 0,78	0,60

Para estos barcos tipo Denny calculó que el máximo esfuerzo por efecto de olas sería de:

$$F = 7,93 \text{ á } 9,76 \text{ tsi.}$$

Por proximidad entre el barco estudiado por Denny y el barco del proyecto, se estima que la carga por momento flector originado por efecto de las olas, en el barco del Proyecto, debe ser muy similar a los calculados por Denny, que habría que confirmar con datos de inercia de la maestra.

Nota.- La información de este apartado es posterior en algunos años, al periodo de estudio considerado.

7.1.7.- ESTIMACIÓN DE POTENCIA

Método de Froude¹⁵.

La resistencia por rozamiento no es proporcional de un buque a otro, aún cuando Froude llegó a formularla con gran exactitud.

En los ensayos que llevo a cabo Froude, demostró que la resistencia por formación de olas es proporcional entre buques y puede ser calculada en un buque, conociendo la de otro semejante.

La aplicación del método de Froude para este caso sería:

- Calcular numéricamente la resistencia de fricción de modelo y del barco en estudio.
- Calcular la resistencia por olas en el modelo, restando la total conocida y la de fricción calculada.
- Calcular por el método de comparación la resistencia por olas del barco estudiado.
- Calcular por suma la resistencia total del barco de 5000 t.

Se empieza calculando la superficie mojada en ambos barcos.

Se toma la fórmula aproximada del libro Resistencia de Buques de Taylor.

$$S = 15,5 (D \times L)^{1/2}$$

D desplazamiento toneladas.

L eslora en pies.

Barco modelo:

$$S = 15,5 \times 1483 = 22.988 \text{ pies cuadrados.}$$

Barco 5000 tons:

$$S = 15,5 \times 1335 = 20.702 \text{ pies cuadrados.}$$

Resistencia de fricción en modelo:

$$R = f S V^n$$

$$n = 1,83.$$

$$f = 0,0097.$$

V Velocidad en nudos.

S Superficie mojada en pies cuadrados.

$$R_1 = 0,0097 \times 22.988 \times 15^{1,83}$$

$$R_1 = 223 \times 142 = 31.666 \text{ lb., en buque modelo.}$$

Velocidad del barco de 5000 tons:

$$V_2 = 15 \times R^{1/2} = 14,6 \text{ nudos.}$$

$$R_2 = 0,0097 \times 20.702 \times 14,6^{1,83}$$

$$R_2 = 201 \times 135 = 27.162 \text{ lb., en barco de 5000 tons}$$

Caballos empleados por resistencia de fricción

Modelo:

$$E_1 = R \times V / 550 = 31.666 \times 25,3 / 550 = 1.458 \text{ HP}$$

Buque de 5.000 tons:

$$E_2 = 27.162 \times 24,6 / 550 = 1.217 \text{ HP}$$

Potencia del modelo:

$$IHP_1 = 3.600 \text{ HP}$$

Suponiendo un rendimiento propulsivo de 0,56 (0,52 a 0,58 según Taylor).

$$EHP_1 = 2.016 \text{ HP}$$

Restándole los 1.458 HP empleado en fricción, por formación de olas el modelo emplearía:

$$E_{w1} = 558 \text{ HP}$$

Aplicando la ley de proporcionalidad:

$$E_{w2} = E_{w1} \times R^3 \times R^{1/2}$$

$$E_{w2} = 558 \times 0,864 \times 0,97 = 467 \text{ HP}$$

Potencia buque de 5000 tons:

$$E_2 = 1.217 \text{ HP de fricción.}$$

$$E_{w2} = 467 \text{ HP de formación de olas.}$$

$$E_{T2} = 1.684 \text{ HP totales.}$$

Suponiendo el mismo rendimiento propulsivo que en modelo, 0,56,

$$IHP_2 = 3.008 \text{ caballos}$$

El resultado parece correcto. Los caballos de fricción parecen un poco altos, o los de formación de olas bajos. Tal vez, por moverse estos barcos lejos de la máxima velocidad económica para su eslora, la potencia por formación de olas sea baja.

La velocidad máxima económica la formula Russell:

$$V_{\max} = L^{1/2} = 19,4 \text{ nudos}$$

Según autores más modernos:

$$V_{\max} = 1,25 \times L^{1/2} = 24,2 \text{ nudos}$$

Estas serian las velocidades, según autores, límites para una navegación económica en barcos con esa eslora. La resistencia por formación de olas en estos barcos, a 15 nudos, lógicamente es baja.

Método de Murray¹⁶.

De no haber dispuesto de la formulación de Froude, considerada como la más exacta, en el cálculo de la potencia, en el s.XIX, se hubieran empleado las fórmulas de Murray, para la obtención de la misma.

Según estas, debemos primero calcular la potencia necesaria en el modelo correspondiente a la nueva velocidad, y aplicar los resultados al barco en proyecto, si difiere el desplazamiento.

Partimos de un modelo de:

5.850 t. de desplazamiento.

3.600 IHP.

15 Nudos de velocidad.

El proyecto estudiado va a ser de:

5.000 tons de desplazamiento.

14,6 Nudos.

Potencia necesaria en el buque modelo para navegar a 14,6 nudos:

$$3.600^{1/3} / \text{IHP}^{1/3} = 15 / 14,6$$

$$\text{IHP} = 3.320 \text{ HP}$$

Dice Murray que si la variación de la potencia dependiera del desplazamiento de una forma lineal, la potencia necesaria en el barco del proyecto sería:

$$\text{IHP}_1 / D_1 = \text{IHP}_2 / D_2$$

$$3.320 / 5.850 = \text{IHP}_2 / 5.000$$

$$\text{IHP}_2 = 2.837 \text{ HP.}$$

Comparando esta nueva potencia, con la obtenida siguiendo el método de Froude, que fueron 3008 HP, el desvío es de un 5,4% en menos.

Advierte que si el consumo de carbón por caballo (eficiencia de la máquina), o la forma de la carena, difieren, o se desconocen por un celo excesivo del constructor a la hora de dar información, la fórmula anterior, empleando el desplazamiento, puede dar una idea comparativa aproximada de los requerimientos de potencia, entre buques. Los resultados no pueden ser exactos al variar en forma diferente potencia y desplazamiento.

Según Murray, la fórmula anterior no puede ser exacta, dado que los caballos efectivos no son proporcionales al desplazamiento, los caballos efectivos son proporcionales al desplazamiento elevado a 2/3 (tonelaje nominal).

Si el modelo ha sido correctamente elegido, o sea que, los barcos son bastante parecidos en formas, el rendimiento de la máquina (consumo de carbón por caballo) se puede estimar que es el mismo y las diferencias de desplazamientos no son grandes, Murray dice que se

sigue la ley de proporción entre la potencia necesaria para una misma velocidad y el tonelaje nominal ($D^{2/3}$).

Con esto quedaría:

$$3.320 / 5.850^{2/3} = IHP_2 / 5.000^{2/3}$$

$$IHP_2 = 2990 \text{ HP.}$$

La potencia obtenida, usando las formulaciones de Murray, 2.990 HP, y las de Froude, 3.008 HP, es prácticamente la misma, la diferencia es un 0,6% en menos.

Coeficientes del Almirantazgo¹⁷.

De emplear para el cálculo de la potencia buscada, el Coeficiente del Almirantazgo de Desplazamiento, C_1 , cuya fórmula es:

$$C_1 = D^{2/3} \times V^3 / IHP$$

Se obtendría el siguiente valor:

$$C_1 = 5.850^{2/3} \times 15^3 / 3.600$$

$$C_1 = 304,374$$

Con esto, la potencia a instalar sería:

$$IHP_2 = 5.000^{2/3} \times 14,6^3 / 304,374.$$

$$IHP_2 = 2.999 \text{ HP.}$$

Prácticamente igual a la obtenida siguiendo el método de Froude.

A la vista de lo anterior, parece que, en este caso, al emplear un modelo suficientemente próximo al barco a proyectar, navegando a velocidades no muy altas, los resultados de potencia que se obtienen con los tres métodos anteriores, son prácticamente los mismos.

Con lo dicho, no se ha pretendido formular ninguna hipótesis, se ha tratado únicamente de comprobar lo que, los autores de las formulaciones anteriores, consideran básico para obtener unos resultados correctos: elegir un modelo lo más parecido posible al barco que se está proyectando.

7.1.8.- PROPULSIÓN POR PALETAS

Cálculo de las ruedas^{18, 19}.

Se estudia para el nuevo barco su propulsión por paletas, igual que en el modelo elegido, sabiendo que el sistema inventado o puesto en marcha a principios del s.XIX, desapareció de los barcos oceánicos hacia el 1870, aunque se siguió usando bastante después en ferries y transbordadores. En remolcadores continuó hasta casi finales del s.XX.

Para cálculo de las ruedas se emplean textos de Robert Murray y de Sennett

Velocidad del buque 14,6 Nudos

Fórmula de la velocidad:

$$V = d_e \times 3,1416 \times r.p.m. \times 60 / 6082 = 14,6 \text{ nudos}$$

d_e es el diámetro efectivo. Es igual al real menos un tercio del ancho de la pala por cada extremo.

Como rpm, se toman 15, que son las de este buque.

$$d_e = 14,6 \times 6.082 / 60 \times 15 \times 3,1416 = 31,40 \text{ pies}$$

Dimensión de las paletas:

De acuerdo con Murray, el área de todas las paletas montadas, en barcos oceánicos, es igual, en pies cuadrados, al número de caballos por un coeficiente que varía entre 2,5 y 3.

Se prueba con 40 paletas por rueda de:

Largo = 8 pies.

Ancho = 13 pies.

$$104 \times 80 = 3.000 \times C.$$

$$C = 2,77 \text{ (entre 2,5 y 3)}$$

Con el ancho de las palas se puede determinar el diámetro real de la rueda:

Diámetro real = diámetro efectivo + 2/3 del ancho de pala.

$$D = 31,4 + 8,58 = 39,98 \text{ pies.}$$

Se toma D = 40 pies.

Número de paletas:

El número de paletas se calcula en base al diámetro de la rueda, las opciones son:

- Igual número de paletas que el diámetro de la rueda en pies.
- Perímetro de la rueda dividido por 3.
- Perímetro de la rueda dividido por 2,5.

En el último caso, las vibraciones pueden bajar, aunque se pueden producir interferencias en el escape del agua.

Según tome una opción u otra, el número de paletas sería:

$$N = 40$$

$$N = \pi \times D / 3 = 42$$

$$N = \pi \times D / 2,5 = 50$$

Se adoptan 40 paletas, igual a las previstas, para evitar interferencias de escapes de agua.

La inmersión de la rueda, recomendada de 2 pies sobre paleta vertical, sería de 10 pies, igual a la mitad del radio. Sennett considera que el máximo rendimiento de las ruedas es a este calado.

Basil Greenhill, en su libro “The first atlantic liners”, página 64, trae la antigua formula de comprobación y calculo de ruedas, que entonces se usaba. Esta era “La velocidad del barco multiplicad por 21 es igual a las revoluciones por minuto multiplicadas por el radio de la rueda”

$$14,6 \times 21 = 15 \times R$$

$$R = 20,4 \text{ pies.}$$

Se ha tomado 20.

Las defensas de costado se construirán suficientemente rígidas, con un puente de proa a popa, como para soportar un cojinete de extremo de eje. Posiblemente bajen más las vibraciones soportando bien el extremo del eje y equilibrando bien el cigüeñal, que aumentando varias paletas por rueda.

Resbalamiento y eficiencia

Se formuló para este tipo de propulsores el resbalamiento y la eficiencia. Los cálculos de los mismos son como siguen:

Velocidad periférica de la rueda v:

$$v = (15 \times 2 \pi / 60) \times r = \pi \times r / 2 = 9,58 \text{ m/s.}$$

Velocidad del buque V:

$$V = 14,6 \text{ nudos} = 7,51 \text{ m/s.}$$

Resbalamiento:

$$Rs = v - V / v = 21,6\%$$

Eficiencia:

$$Ef = V / v = 78,39 \%$$

El resbalamiento es el usual para estos propulsores, que, según textos, es del orden del 20%.

No se disponen de datos de eficiencias standad de ruedas de paletas fijas.

Nota.- Sennett advierte, en este punto, que debido a la gran cantidad de remolinos que forman estos propulsores, los cálculos anteriores pueden no ser muy exactos.

7.1.9 MAQUINARIA

Máquinas²⁰

La máquina elegida estará formada por:

2 Cilindros oscilantes, patente John Penn.

Características seleccionadas.-

90" de diámetro.

108" de carrera.

15 revoluciones por minuto.

20 psi. de vapor (35 psi absolutas).

La potencia será:

$$IHP = A \times C \times rpm \times 2 \times pm / 33.000.$$

$$IHP = 2 \times 6361 \times 9 \times 15 \times 2 \times 35 / 33.000 = 3.642 \text{ HP. Sin utilizar la expansión del vapor.}$$

Limitando el suministro de vapor al 47,32% de la carrera, la potencia obtenida de la máquina sería de:

$$IHP = 3.008 \text{ HP.}$$

Esta máquina trabajará con un límite de expansión (corte de vapor) al 47,32% de la carrera del pistón y una presión media de 14 libras sobre atmósfera.

Calderas²¹

Superficie de calentamiento:

	Pies cuadrados/ IHP	Pies /IHP
<i>Atlantic</i>	16.500 / 2.000	8,25
<i>Asia</i>	17.032/2.400	7,09
<i>Arabia</i>	16.948/2.830	5,98
<i>Persia</i>	26.080/3.600	7,24
<i>Scotia</i>	27.600/4.570	6,03
Media		6,91

Se montarán ocho calderas con 20.785 pies cuadrados de superficie de calefacción.

Parrilla de combustión:

Buque	Pies cuadrados/IHP	Medias
<i>Atlantic</i>	495/2.000	4,04
<i>Asia</i>	417/2.400	5,75
<i>Arabia</i>	642/2.830	4,40
<i>Persia</i>	800/3.600	4,50
<i>Scotia</i>	860/4.570	5,31

Media IHP por pie cuadrado de parrilla 4,80.

Las ocho calderas tendrán $3.008 / 4,80 = 627$ pies cuadrados de parrilla.

Se ha recurrido a tomar unos datos de buques de la misma época, por las variaciones de medias tan fuertes que se produjeron con el cambio de las propias calderas, condensadores, presión de trabajo, etc.

Se montan ocho calderas, al igual que en el buque modelo.

7.1.10.- EQUIPOS AUXILIARES Y DATOS DE LA MÁQUINA

Válvulas de seguridad²²

La sección de estas válvulas viene definida por un paso de media pulgada cuadrada por cada pie cuadrado de parrilla.

El barco del proyecto monta ocho calderas al igual que el buque modelo *Persia*, la superficie de parrilla por caldera será:

$$627 / 8 = 78,37 \text{ pies cuadrados.}$$

La sección de paso de las seguridades será de:

$$1/2 \times 78,37 = 39,1 \text{ pulgadas cuadradas.}$$

En total montará ocho juegos dobles de válvulas de seguridad de ese paso.

Consumo de carbón

Para calcular el consumo de carbón partimos de los siguientes datos:

- Potencia de la máquina 3.008 HP.

- Consumo de vapor²³ por caballo 12 Kg., con expansión simple, equivalen a 26,6 libras de vapor por caballo.
- Rendimiento del carbón²⁴: 8 libras de agua evaporadas por libra de carbón.
- Se emplean toneladas largas de 2.240 libras.

Consumo de carbón por día:

$$3.008 \times 26,6 \times 24 / 8 \times 2.240 = 107,2 \text{ tons por día.}$$

Capacidad de carboneras para viajes a Nueva York.

Distancia aproximada de Liverpool a Nueva York: 3.000 millas
Velocidad media en esa línea 13,6 nudos. Un nudo menos que la velocidad máxima.

Tiempo necesario:

$$3.000 / 13,6 \times 24 = 9,19 \text{ días.}$$

Capacidad de carboneras:

$$9,19 \times 107,2 = 985 \text{ tons de carbón.}$$

Más 40% de reserva: 1.380 toneladas.

Chimenea y escapes

Se montan dos chimeneas entre palos.

Se toma como sección de paso²⁵ de las mismas 1/9 del área de parrilla, en la gama 1/7 a 1/10 empleada habitualmente.

Área de cada chimenea:

$$1/2 \times 627/9 = 34,8 \text{ pies cuadrados.}$$

Con un perfil circular tendrían un diámetro de 6,64 pies.

Se adopta una altura de 4 veces el diámetro (lo usual es de 3 a 6).

Altura igual a 26,6 pies.

Esta altura permitiría evitar el humo sobre cubierta, en condiciones normales de viento. Este asunto es menos importante si el pasaje permanecía habitualmente bajo cubierta.

Si la combustión es correcta, la temperatura de los escapes vendría dada por la fórmula de Sennett²⁶:

$$(T_2 + 461) / (T_1 + 461) = 25 / 12$$

T1 es la temperatura del aire exterior.

T2 es la temperatura de los gases de escape.

Tomando para T1 = 75° F, tendríamos que el valor de T2 sería:

$$T_2 = 1116 - 461 = 655 \text{ F}^{\circ}$$

Condensador y bomba de aire.

En 1855 año en que se construyó el barco modelo *Persia* los condensadores eran de proyección de agua, empleando como refrigerante el agua del mar.

Las características de un condensador²⁷ de este tipo para el barco de 5000 tons en estudio serían:

El volumen del condensador era igual al de uno de los cilindros de la máquina principal.

90" de diámetro.

108" de carrera.

$$V = (\pi \times 2.286^2 / 4) \times 2.743 = 11,25 \text{ m}^3$$

Caudal de agua para refrigeración:

$Q = 25 - 30$ litros de agua x kilogramo de vapor.

Consumo de vapor de máquina de expansión simple.

12 Kg. de vapor por caballo.

Caudal de agua de refrigeración total:

$$Q_t = 27,5 \times 12 \times 3.000 = 990 \text{ m}^3 / \text{hora.}$$

La fórmula para cálculo de la bomba de aire, dimensiona su capacidad en base a un caudal de 100 litros por kilogramo de vapor. De acuerdo con esto tendríamos que:

$$Q_{ba} = 0,1 \times 12 \times 3.000 = 3.600 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Capacidad suficiente para atender la demanda del condensador.

La presión habitual en estos condensadores era de 0,12 á 0,20 atmósferas.

7.1.11.- VELA AUXILIAR

En la época considerada, con una confianza relativa en la bondad del vapor para llegar a puerto, los barcos seguían llevando vela.

Superficie vélica²⁸.

En los barcos a vapor, a partir de 1850, se empezó a montar como vela, la mitad de lo que se hubiera montado en un velero puro.

Superficie vélica como velero:

$$9,13 \times D = 9,13 \times 5.000 = 45.650 \text{ pies cuadrados.}$$

Como buque a vapor con máquina funcionando de forma continua:

$$\frac{1}{2} \times 9,13 \times D = 22.825 \text{ pies cuadrados.}$$

Esta es la superficie adoptada.

Aparejo²⁹.

Llevará tres palos con aparejo de bergantín goleta. El trinquete será de vela cuadra y los otros dos con velas cangrejas.

El llevar el palo trinquete con velas cuadras es también una exigencia del Register Veritas para conceder el permiso de navegación por todo el mundo. De no tenerlo, lo máximo que se hubiera podido conseguir es un permiso para navegación atlántica.

Palos³⁰.

Según fórmulas empíricas de la época, tomadas de Roldán y Chacón, la altura sería:

Palo mayor de 2 a 2,33 de la manga = $43 \times 2 = 86$ pies.

Trinquete, un 15/16 del mayor = $86 \times 15/16 = 80,6$ pies.

Mesana, 3/4 del mayor = $86 \times \frac{3}{4} = 64,5$ pies.

Situación de palos en cubierta

Eslora 356,8 pies.

- Trinquete a 1/8 de la eslora desde proa.

Distancia al codaste $356,8 - 0,125 \times L = 312,20$ pies.

- Mayor a 1/16 de la eslora a popa de la maestra.

Distancia a codaste $178,4 - 0,0625 \times L = 156,10$ pies.

- Mesana a 3/16 de la eslora a proa del codaste.

Distancia al codaste $0,1875 \times L = 66,9$ pies.

Esta situación de palos no es la extrema por proa. Se ha buscado un menor riesgo estructural del barco, montándolos ligeramente más a popa que en otras opciones más rápidas, como por ejemplo las fragatas. Esta disposición adoptada disminuirá los riesgos de rotura del asiento del trinquete y hundirá menos la proa navegando a vela.

Diámetros de palos metálicos

1 pulgada por cada 3 pies de longitud (Register Veritas).

Trinquete $80,6 / 3 = 27$ pulgadas.

Mayor $86 / 3 = 29$ pulgadas.

Mesana $64,5 / 3 = 22$ pulgadas.

De haber sido de madera, el material a montar en los palos, se habría elegido el pino de Carelia o de Riga. (Carrero Blanco y otros).

7.1.12.- HABILITACIÓN

Disposición

En el buque se dispondrán alojamientos para 212 pasajeros, en dos clases. Los camarotes irán situados sobre cubierta principal (bajo la superior). La capacidad y número de los mismos es la que sigue:

- 30 camarotes 1+1, de 1^a Clase.
- 36 camarotes 2+2, de 2^a Clase.
- 1 camarote de mujeres de 1^a, con 4 camas (2+2).
- 1 camarote de mujeres de 2^a, con 4 camas (2+2).

Total 68 camarotes, para pasaje.

El camarote del Capitán se situará junto a los camarotes de Primera Clase, según práctica habitual en la época.

Estarán dispuestos en dos zonas, sobre Cubierta Principal a proa y popa del tambucho.

A proa estarán:

- 30 Camarotes de 1^a (1+1).
- 1 Camarote de Mujeres de 1^a, para 4 personas.
- 1 Camarote para el Capitán.

En la zona de popa se dispondrán:

- 36 Camarotes de 2^a (2+2).
- 1 Camarote de mujeres de 2^a, para 4 personas.

Los camarotes de 1+1, serán de 2,2 metros en eslora, por 3,5 metros en manga, aproximadamente. Los de 2+2, tendrán 2 metros en eslora y la misma manga.

Los camarotes del Capitán y el de Mujeres de 1^a Clase, tendrán una dimensión aproximada de 6,6 x 3,5 m., equivalente a 3 camarotes. El de Mujeres de 2^a clase tendrá un tamaño aproximado de 6 x 3,5 m., equivalente a 3 camarotes. El camarote del capitán dispondrá de cuarto de baño incorporado. El camarote de mujeres dispondrá de cuarto de baño, que también será utilizado por las otras mujeres de la Clase correspondiente, a través de un acceso independiente.

Los camarotes estarán dispuestos en tres filas longitudinales separadas por dos pasillos de 1,20 m de anchura. Los camarotes que dan a costado dispondrán todos de portillo. Se dispondrán en dos compartimientos estancos en proa y dos en popa del tambucho.

En la zona de 1^a se montará 12 camarotes por fila (6+6), en la zona de popa se montarán 13 (6+7). Se precisarán para su montaje unos espacios de 26,4 m de eslora en proa y 26 m. en popa.

La distancia entre mamparos de compartimentado, repartidos uniformemente, es de unos 15 m., aproximadamente.

La máquina seleccionada anteriormente tiene una carrera de pistón de 108" (2,74m), que lógicamente es lo que tiene de volteo la muñequilla

del cigüeñal. Si reducimos el Compartimiento de motores en su parte alta, a partir de la cubierta principal, en 8 metros, quedará un tambucho bastante holgado en eslora (7 m.), para las necesidades del mecanismo de accionamiento de las paletas.

Estos 8 metros obtenidos, al fijar el tamaño del tambucho, se repartirán, mediante bayonetillas estancas, entre los dos compartimientos de proa y los dos de popa, sobre cubierta principal, destinados a camarotes. Con el incremento en eslora adoptado, los compartimientos para camarotes pasaran a tener una eslora de 17 metros, cada uno. Esta eslora disponible, en cada departamento, permitirá el montaje de unos aseos generales, a popa de cada uno de ellos, y dotarles de escaleras de subida, en proa y popa de cada compartimiento. Las escaleras contiguas al mamparo estanco divisorio, accederán a los salones, y las extremas, a cubierta superior, protegidas.

Los compartimientos de los dos grupos de camarotes se comunicarán mediante puertas estancas de accionamiento manual en pasillos, permanentemente abiertas. Se cerrarán, por la tripulación, en emergencias.

La disposición de camarotes sobre Cubierta Principal sería:

ME. Muj.	ME. 3 c. 2+2	ME. 7 c. 2+2	TAMBUCHO	ME. 6 c. 1+1	ME. Cap	ME. Muj.
P	E. am			P	E. am	
6 c. 2+2	7 c. 2+2			6 c. 1+1	6 c. 1+1	
P	E. am			P	E. am	
6 c. 2+2	7 c. 2+2			6 c. 1+1	6 c. 1+1	

Camarotes 2^a

Camarotes 1^a

CUBIERTA PRINCIPAL

Leyenda:

ME	Mamparo estanco de compartimentado.
P E am	Puerta estanca de accionamiento manual.

En la superestructura, sobre cubierta superior se situaran dos espacios destinados a comedor estar, el de 1^a Clase irá a proa del tambucho y el de 2^a a popa del mismo.

Estos comedores tendrán capacidad para los comensales siguientes:

- Comedor de 1^a 70 plazas (6 en exceso, para niños).
- Comedor de 2^a 158 plazas (10 en exceso, para niños).

Si aplicamos la misma relación de superficie por comensal, del *Scotia* de la Cunard, conocido en su época como "The finnest paddle steamer of the Cunard Line", que era de 7,2 pies cuadrados ($0,67 \text{ m}^2$) por comensal, las dimensiones de los comedores en el buque del proyecto serían:

- Comedor proa, 504 pies cuadrados.
- Comedor popa, 1.152 pies cuadrados.

Se comprobó la relación superficie por comensal, obtenida del buque *Scotia*, con la de un buque de cruceros conocido, el *Crown Dynasty*, entregado en 1993.

- Comedor popa 665 m^2 para 450 comensales.

Esto supone $1,48 \text{ m}^2$ por persona, poco más del doble. Se deduce que el dato del *Scotia*, se obtuvo considerando un doble turno en el servicio de comedor. Esta práctica es totalmente usual, en el citado *Crown Dynasty* hay doble turno de comedor.

Se adopta una superficie en comedores, por comensal y turno, de $1,45 \text{ m}^2$ en Primera y $1,30 \text{ m}^2$ en Segunda Clase.

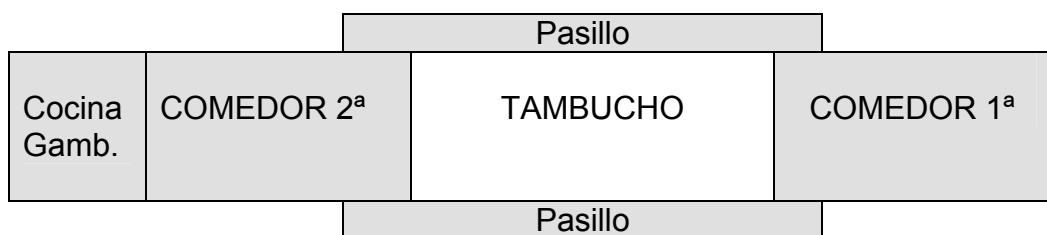
El comedor de Primera Clase funcionará en régimen de un solo turno de comida, mientras que el de Segunda clase funcionara en doble turno. Con estos turnos de servicios, la superficie por comensal adoptada y el número de comensales por Salón, la superficie de estos espacios será de:

- Comedor 1^a Clase $70 \times 1,45 = 101,5 \text{ m}^2$ (18,4 metros de eslora)

- Comedor 2^a Clase $79 \times 1,3 = 102,7 \text{ m}^2$ (18,7 metros en eslora)

La manga de la superestructura calculada es de 5,5 metros.

La planta, fuera de escala, sobre Cubierta Superior sería:



CUBIERTA SUPERIOR

La disposición en alzado del buque, fuera de escala, se muestra en el cuadro siguiente:

			Cocina Gamb.	Salón Com. 2 ^a	T	Salón Com. 1 ^a						
Tripul. Maquin.	B	B	Oficiales Hospital	Camar. 2 ^a Clase	T	Camar. 1 ^a Clase	Equipa B.Sanit	B	B	B	Tripul. Cubier	
Bodega		Bodega		Car	Cald.	Motores		Bodega		Bodega		

ALZADO

Leyenda:

- T Tambucho de máquinas.
Car. Carboneras.
B Troncos de Carga.
Cald. Cámara de Calderas.
Gamb. Gambuzas.
Com Comedor.

La disposición sobre la Cubierta Baja, será como sigue:

- Espacios de bodegas.
- Carboneras.
- Espacio de Calderas.
- Espacio de Motores.
- Espacios de bodegas.

La disposición sobre la Cubierta Principal será de la siguiente forma:

- Alojamientos de la tripulación de máquinas, en popa, bajo Toldilla.
- Alojamiento de Oficiales y Hospital.
- Camarotes de 2^a Clase.
- Espacio de Máquinas (tambucho).
- Camarotes de 1^a Clase.
- Local para equipajes y departamento para bombas sanitarias.
- Alojamientos de tripulación de Cubierta, bajo Castillo.

La disposición sobre cubierta superior será la siguiente:

- Espacio para cocina y gambuzas
- Salón Comedor de 2^a Clase.
- Espacio de Máquinas (tambucho).
- Salón Comedor de 1^a Clase.

Los troncos de carga a bodegas se fijaran en tamaño y posición, de acuerdo con la disposición final del buque. Se dispondrá un tronco por bodega.

Se estudiará la posición de mamparos estancos, en la zona de Máquinas, de acuerdo con los volúmenes de los equipos y las necesidades de espacio para manejo, mantenimiento y reparación de los mismos.

La Cámara de Máquinas y Calderas, estará dividida en dos, y las carboneras se situaran junto a la Cámara de Calderas. La disposición final prevista, por compartimentado y asiento, es: carboneras a popa, Calderas al centro y Motores a proa.

Estructura sobre cubierta superior

Para alojar los Salones Comedor Estar del barco, similares a los montados en el buque *Scotia*, y disponer espacio para la cocina y gambuzas, se construirá una superestructura, sobre cubierta superior, de 8,5 pies de altura y 18 pies de manga. Dicha superestructura conectará con el tambucho de máquinas, por proa y por popa.

Estos dos tramos de superestructura, se unirán mediante dos pasillos cerrados de igual construcción, dispuestos entre el costado (zona de defensas de paletas) y los mamparos laterales del tambucho de máquinas, a efectos de facilitar tráfico y servicios de la tripulación.

El escantillónado de esta superestructura, de acuerdo con Reglamentos³¹, será:

Cuadernas	5 1/2 x 3 1/2 x 9/16
Refuerzo cuadernas (alternas)	3 1/2 x 3 1/2 x 8/16
Traca de cinta	13/16
Chapas de forro	9/16
Baos	6 1/2x 4 1/2x 8/16
Traca de trancanil	10/16
Chapas de cubierta.	6/16
Forro madera techo	4 pulgadas de teca.

Dimensiones en pulgadas.

Se montarán puntales en línea con los situados bajo cubierta superior.

En los mamparos exteriores de superestructura se montaran, en claras alternas, portillos practicables con tapa estanca de 400 mm de luz, operables únicamente por la tripulación.

De estar disponibles en mercado, ventanas similares a las montadas en el buque *Baltic*, que entró en servicio en 1871, se montarán en los costados ventanas de 400 x 700 mm. en claras alternas, en lugar de los portillos citados. Llevarán cristales de 30 mm. de espesor y chapas de defensa externa, que serán situadas y desmontadas por la tripulación.

Servicios de tuberías

Contraincendios.-

Se dispondrá 2 colectores de 3" de diámetro, sobre cubierta superior, por el interior de la superestructura, uno de ellos destinado a los espacios sobre Cubierta Principal y otro a la zona de salones y cocina, sobre la Cubierta Superior.

Se montarán 4 tomas para mangueras de 1 ¼", en cada uno de los departamentos de camarotes de proa y popa. Total 16 tomas.

En el departamento de Hospital y oficiales se montaran 4 tomas más de 1 ¼".

En cocina y gambuzas se dispondrán 6 tomas de 1 ¼".

En los Salones de proa y popa se montaran 6 tomas de 1 ¼" en cada uno de ellos.

Estos colectores se alimentarán de la bomba de contraincendios o de la de lastrado, o de ambas, según necesidades. Estas bombas estarán situadas fuera de la cámara de máquinas.

Servicios sanitarios.-

En relación con estos servicios sanitarios, se dispone de una serie de informaciones, que hacen referencia a los mínimos elementos de higiene a disponer en los barcos que transportaban emigrantes, para el servicio de éstos.

En esta información no figura ningún dato sobre número o disposiciones de los elementos sanitarios a montar, para el servicio de los "pasajeros de camarote", como se les conocía.

Lógicamente, estos servicios variarían bastante, de un barco a otro, en función del estandard de los mismos y el año de construcción de los buques. En los planos de disposición del buque inglés *Arawa*, de 1884, figura el detalle de estos elementos sanitarios montados y se va a tomar como referencia para definir los del buque del actual proyecto. Lo montado en el citado buque corresponde, por fechas, al número y disposición de los elementos sanitarios, en los buques de pasaje de estandard medio, que se podían ver en los últimos años del periodo de estudio considerado.

El buque *Arawa*, citado, disponía de:

- 21 camarotes de 1^a Clase, para 66 pasajeros.
- 1 camarote de mujeres de 1^a Clase.
- 22 camarotes de 2^a clase, para 72 pasajeros.

Los equipos sanitarios mostrados en plano son los que siguen:

Destino	Baños	Inodor	Mingitor.	Lavab	Lavaman.	Pasa.
Camarote Mujeres 1 ^a	2	2	-	1	-	4
Pasaje 1 ^a As. Gener.	3	5	5	-	-	66
Pasaje 1 ^a en cabinas	-	-	-	32	-	Incl.
Pasaje 2 ^a As. Gener. Hombres	2	3	-	-	-	72
Idem. Mujeres 2 ^a	1	2	-	-	-	Incl.
Pasaje 2 ^a en cabinas	-	-	-	-	24	Incl.

Notas.- 1) Los aseo general de pasaje de 1^a Clase, es para hombres únicamente, al disponer el Camarote de Mujeres de cuarto de baño incorporado. Este último cuarto de baño es empleado, también, por el resto de mujeres de 1^a Clase, a través de otro acceso.

2) La mayor diferencia entre 1^a y 2^a Clase está, en el aspecto de elementos sanitarios, en los lavabos de agua corriente que tienen dentro del camarote los pasajeros de 1^a.

Con estos datos, los porcentajes de baños e inodoros, en el buque Arawa, serían:

El número de baños por pasajero de 1^a es de 5 / 70 (1 / 14).
Este mismo número en 2^a es de 3 / 72 (1 / 24).

El número de inodoros en 1^a Clase es de 7, para 70 pasajeros (1 / 10).
El número de inodoros en 2^a es de 5, para 72 (1 / 14,4).

En base a estos datos, en el proyecto actual, se dispondrían los siguientes elementos:

Destino	Baños	Inodor	Mingitor.	Lavab	Lavamanos	Pasj
As. Muj. 1 ^a en camar.	2	2	-	2	-	4 +
Homb. 1 ^a As. Gener.	3	5	-	2	-	60
Pasaje 1 ^a en cabinas	-	-	-	-	30	Incl.
As.Muj. 2 ^a en camar.	2	4	-	2	-	4 +
Hombr. 2 ^a As. Gener.	4	7	-	2	-	148
Pasaje 2 ^a en cabinas	-	-	-	-	72	Incl.

Notas.-

- 1) Los aseos se dividirán entre los dos compartimientos de cada clase, en total serán cuatro aseos generales, en los espacios de camarotes.
- 2) En el barco, que se está estudiando, no se montarán lavabos con alimentación de agua en camarotes, ni mingitorios, al no

tener constancia de que se montaran habitualmente, en barcos similares al del proyecto.

Equipos sanitarios

En el departamento de bombas sanitarias se dispondrán los siguientes equipos, para el servicio sanitario descrito más arriba:

- Un tanque de agua dulce.
- Un tanque de agua dulce caliente.
- Una bomba de circulación para agua dulce.
- Una bomba de circulación para agua dulce caliente.
- Dos bombas de reserva.
- Una bomba de agua salada.

Los servicios funcionarán de la siguiente forma:

Agua dulce.- Se montará un colector en anillo, bajo cubierta superior, que alimentará los baños y lavabos de 1^a dispuestos.

Una de las bombas montadas tomará el agua del tanque de agua dulce y el retorno del colector será al mismo tanque. Se regulará la presión del servicio mediante válvula situada a la entrada del retorno al tanque.

Este tanque se alimentará del evaporador instalado en el buque y del tanque almacén de agua dulce.

Agua caliente.- Se montará igualmente un colector en anillo, bajo la cubierta superior, que alimente las tomas de los baños y lavabos de 1^a instalados.

Una de las bombas de servicio, tomará el agua caliente del correspondiente tanque y alimentará el colector, que retornará al mismo tanque. La presión en el circuito se regulará, igualmente, con válvula situada en el retorno.

La temperatura del agua en el tanque, que será de 50 á 55° C, se alcanzará mediante serpentín de vapor y doble válvula. Una se

empleará para abrir o cerrar el vapor al serpentín y la otra para regular manualmente el caudal del mismo, a la vista de la temperatura del agua en el tanque, o en el colector.

El tanque de agua caliente se llenará automáticamente mediante válvula de entrada con flotador, desde el tanque de agua dulce. El llenado se hará por gravedad, situando al tanque de agua fría sobre el de caliente.

Se montarán en ambos tanques tuberías de ventilación, que servirán igualmente como rebose de los mismos, descargando al costado del barco. Su sección será igual a dos veces la del colector correspondiente, o la de la sección de la tubería de lleno, la mayor de ellas.

Se dispondrá de dos bombas de reserva de las de servicio. Estarán montadas y entrarán en servicio manualmente por fallo de las primeras. Se alternará el servicio entre ambas.

Agua salada.- Para el servicio de agua salada se empleará una única bomba que aspirará y descargará al mar, alimentando un circuito en anillo, que atenderá las necesidades de los inodoros. La descarga la realizará sobre la flotación, montándose teja en la misma para dirigirla hacia abajo. Se dispondrá macho de cierre junto al costado, que se empleará para regular la presión en el circuito.

Los tres circuitos citados, se regularán a una presión de 1,2 á 1,5 Kg/cm², cuando no haya consumo en los mismos.

La cantidad de vapor, al tanque de agua caliente, se regulará a 55° C, sin consumo de agua.

Ventilación

Espacios de camarotes.- En cada uno de los espacios de camarotes se montaran 2 manguerotes de entrada de aire y 2 de extracción. Los conductos de entrada de aire se dispondrán en los techos de los pasillos de acceso a camarotes, mediante ramales individuales y rejillas regulables atenderá a cada uno de ellos. Los manguerotes de

extracción aspiraran directamente del techo del Compartimiento, en popa, sin conductos de extracción.

No se ha localizado ninguna información de la época para el dimensionamiento de manguerotes y conductos.

Se van a hacer a continuación una serie de supuestos, para intentar tener una idea de los tamaños de manguerotes y conductos necesarios.

1.- El barco navega a 14 nudos.

2.- Para cálculo se considera que el viento reinante se mantiene constante en intensidad y dirección. Por facilidad se considera que siempre es de proa.

3.- Se emplea tabla empírica de Chacón y Roldán, para velocidades y presiones de viento.

4.- Se considera que la pérdida en conductos de entrada queda compensada por la extracción, que no se tendrá en cuenta, en cálculos.

5.- Se calculan las secciones para el Compartimiento con más pasajeros (21 camarotes de 2+2).

6.- Se dimensiona para conseguir 25 m^3 por pasajero y hora, en el compartimiento citado más arriba o, cinco renovaciones de aire por hora, en ese mismo espacio.

7.- Se montarán dos manguerotes de entrada de aire, y dos de extracción, iguales, por Compartimiento.

Compartimiento con más pasaje:

21 camarotes de 2+2 pasajeros.

Las necesidades de aire serían de:

$$A) 84 \times 25 = 2.100 \text{ m}^3 / \text{h.}$$

Para cinco renovaciones:

$$B) 13,1 \times 2,7 \times 17 \times 5 = 3.006 \text{ m}^3 / \text{h.}$$

Se toma la mayor de las dos: $3.000 \text{ m}^3 / \text{h.}$, 1.500 m^3 por manguerote.

Del cuadro de Chacón, tomamos velocidades y presiones de una condición de viento suave: "Viento estable galeno"

Velocidad 4 millas por hora.

Presión en libras por pie cuadrado 0,08.

Sumando velocidades y cambiando unidades tendremos que el viento que llega al manguerote tiene:

Para 18 nudos de viento ($14 + 4$)

Velocidad = $9,25 \text{ m. / seg.}$

Presión = $7,8 \text{ Kg / m}^2$.

La sección necesaria en un manguerote, sin pérdidas sería:

$$S = 1.500 / 9,25 \times 3.600.$$

$$S = 450 \text{ cm}^2$$

Se montarían dos manguerotes de 450 cm^2

Los manguerotes tendrían:

Boca $450 \times 2,5 = 1125 \text{ cm}^2$ ó 38 cm. de diámetro.

Caña 24 cm. de diámetro.

Los conductos rectangulares tienen más pérdida de carga que los circulares. Se estima esta diferencia en un 30%, incluyendo las pérdidas en ramales a camarotes.

Se montarán en los dos pasillos conductos rectangulares de:

40 x 15 cm.

El conducto que más camarotes va a atender serán 11, dando a estas rejillas una sección de 110 cm^2 , la velocidad de salida del aire será:

$$1.500 / 3.600 = 11 \times 110 \times v / 10.000$$

$$v = 3,44 \text{ m / seg.}$$

Velocidad aceptable.

En el más que probable caso, de encontrar vientos con velocidad superior a 4 nudos, se regularan los caudales actuando sobre la válvula de mariposa de los manguerotes.

Espacios públicos.- El procedimiento de cálculo es el mismo, salvo que los caudales a obtener son mayores. El caudal de cálculo será el mayor de:

- A) 25 m^3 por comensal y hora.
- B) 8 renovaciones por hora, de los espacios considerados.

Si el sistema de ventilación estudiado resultara insuficiente en algún espacio, o en alguna circunstancia de tráfico (por ejemplo: transporte de tropas), se recurriría al empleo de dispositivos que permitían aumentar las renovaciones de aire, forzando la extracción. En la época, se empleó la inyección de un chorro de vapor (sistema Edmond), en dirección del flujo, en los manguerotes de extracción para aumentar la velocidad de salida del aire (efecto similar al que produce un Venturi), o conectar el manguerote de extracción a la aspiración de un ventilador, que proporcionaba los mismos resultados.

Hospital.- Los espacios de oficiales y el Hospital estarán aislados, los mamparos divisorios de madera del Hospital, llegarán hasta cubierta superior y se ajustarán, para evitar el paso del aire.

La ventilación de ambos espacios será totalmente independiente.

Se dimensionará la ventilación del espacio de oficiales para conseguir 6 renovaciones de aire por hora y la del Hospital para 4, de tal forma que el flujo de aire entre estos dos espacios sea siempre hacia el Hospital.

Notas.- 1) Al no haber dispuesto de información correspondiente al periodo estudiado, este apartado de Ventilación debe tomarse como un simple ejercicio.

2) Lo que se cita del hospital, se podría considerar algo fuera de época, dado que en el periodo estudiado no se sabía demasiado de la transmisión de enfermedades infecciosas.

Alumbrado

Como se ha dicho, hasta 1882 los barcos no dispusieron de alumbrado eléctrico, el intento de alumbrar los barcos con gas, ensayado el buque *Celtic* en 1872, no funcionó.

El alumbrado en el barco que se está estudiando, como en todos los de la época, sería a base de lámparas de aceite con soporte cardam, para evitar vertidos de aceite en los balances.

Este alumbrado no debió sorprender a nadie, dado que en sus casas, este era el sistema que empleaban.

Protección contraincendios

Como criterios para evitar la propagación del fuego se han empleado los conocidos en la época, esto es, mantener los mamparos estancos en zonas de camarotes, como recomendaba Lundley en 1861, que al

menos proporcionarian una protección A-0, y no perforarlos con conductos de ventilación, tal como recomendaba Russell y llevó a cabo en el *Great Eastern* en 1858.

Se montarán rejillas antillama en los manguerotes de carboneras y pañoles de bebidas y pólvora, según citas de autores de la época.

Materiales en Habilitación

Los mamparos de la época eran de madera entelada, y así continuaron siendo hasta el año 1965, más o menos. De entonces hasta ahora se vienen empleando una serie de mamparos incombustibles, elaborados con diferentes materiales base. Desde el año citado la madera no se emplea en mamparos para pasaje.

Los mamparos de madera empleados recientemente, eran de contrachapado, alistonado o aglomerado. Estas presentaciones de la madera no existieron en la época, utilizándose únicamente tabla de madera maciza.

De acuerdo con el diccionario que incorpora Knowles en su libro, los tableros se cortaban en espesores de 1/2 y 1 pulgada. La mayoría de los tableros actuales son de esas medidas, aunque también se emplean de 2 pulgadas, si se fabrican con lana de roca.

En el barco del proyecto se montaran tableros de madera dura maciza de 1 pulgada en mamparos divisorios, de ½ pulgada para forrar costados y mamparos de compartimentado y de ¼ de pulgada para embonado de techos.

Todas las maderas naturales son combustibles, la diferencia que se puede apreciar entre ellas es que arden más o menos rápido. De las maderas disponibles en la época, se habrían empleado las que arden mas lentamente, que coinciden con las maderas más duras.

Con lo dicho, los tableros se habrían montado, de roble, haya o nogal, en las que se dan estas características citadas más arriba.

Las maderas aceitosas, tales como la teca, el cedro o el iroko, son las menos indicadas.

El recubrimiento menos peligroso, para los tableros, se piensa que debió ser el entelarlos con tejido de lana, dada la lenta combustión de la misma.

Lo mismo se puede aplicar a las moquetas, que serán confeccionadas con la citada lana.

Material a emplear en tuberías de habilitación.- Se emplearán tuberías y válvulas disponibles en comercio, en aquella época.

- Tubos, de 2 y más pulgadas, de latón.
- Hasta 1 ½ pulgadas de diámetro, se empleará tubería de cobre de 1/16 de pulgada de pared.
- Valvulería, de los mismos estandares de la máquina.

7.2.- PROYECTOS ACTUALES.

Reglamentos

Los Reglamentos que hoy se tienen en cuenta al elaborar un proyecto son:

- Sociedades de Clasificación.
- Solas.
- Arqueo.
- Francobordo.

- Abordajes.
- Suez y Panamá, si lleva.
- Del país de bandera, si se precisa.

Carenas empleadas

- Las series de carenas de algún canal de experiencias, ya no se usan.
- Se emplean carenas propias del astillero.
- A estas carenas propias se les hace una comprobación CFD de comportamiento simulado informático en el mar, que da lugar a modificaciones de la carena antes de correr por canal.
- Corridas en canal, que se utilizan también para definir el bulbo.

Estabilidad

Se estudian:

- Centro de carena.
- Metacentro.
- Curvas GZ.
- Condiciones de carga.
- Resistencia longitudinal.
- Estabilidad después de averías.
- Estudios de pesos para la determinación de centro de gravedad.

Cálculo de potencia

- Cálculos de Holtrop. Programa informático de base estadística, para determinar la potencia de remolque, realizados con hélices tipo del propio Canal (Wageningen).
- Remolque en canal montando su propia hélice.
- Ensayos de cavitación en el canal.
- Elección de motor de acuerdo con la potencia requerida mediante catálogos de motores.
- Cálculo de hélices por las casas fabricantes directamente, o a través de suministradores de la planta propulsora completa.

7.3.- BUQUE MODERNO DE 5.000 ton

7.3.1.- LOCALIZACIÓN DE BUQUES SIMILARES.

Para hacerse una idea de cómo habría sido hoy un buque de 5000 tons de desplazamiento, como el estudiado, se ha estado intentando localizar información de barcos recientes, con ese desplazamiento; el detalle del estudio es el que sigue:

Se ha revisado la siguiente información:

- Lista de Barcos del Lloyd's.
- Lista de Barcos del Bureau Veritas.
- Información de barcos de la revista Infomarine.
- Información de barcos de la revista Ingeniería Naval.

En ninguno de los documentos revisados figura el dato del desplazamiento de los buques, por lo que se buscó alguna fórmula que permitiera enlazar desplazamiento y peso muerto, ya que este último dato, si figura en las publicaciones revisadas.

Se encontró la siguiente fórmula en el libro “Teoría del Buque” de D. Carlos Godino:

$$PM = 0,61 \times D.$$

Aplicada al barco moderno a localizar de 5.080 tons de desplazamiento, supone que el nuevo barco debe de tener 3.100 tons de peso muerto.

Empleando el listado de buques del Lloyd's se obtuvo:

	DW	L	L _{pp}	B	D	T	HP	V
Proyecto	3100	115	108	13,1	8,6	5,8	3008	14,6
Amazona	3000	79,3	71,8	14,0	5,70	4,45	2594	10,3
Sea unix	3052	88,6	81,5	13,0	6,08	5,29	2382	14,1
Anastas III	3058	79,9	74,8	14,3	6,35	5,27	2800	13,2
Sea star	3078	89,7	81,5	13,0	6,51	5,28	2300	13,5
Behcet	2999	78,5	71,5	13,0	7,01	5,73	2160	11
Current	3055	79,9	74,5	13,7	6,52	5,33	2319	13
Dawn	3114	86,0	79,8	14,5	6,7	5,55	2450	13
Doua S	3107	81,2	76,5	12,8	7,07	5,86	1850	13
Florida Str	3000	82,1	74,8	14,1	6,51	5,43	2100	11,5
Med 3100	3051	82,8	76,3	13,6	6,49	5,35	2328	12,5

Para verificar el desplazamiento, se comprueba el coeficiente de bloque para alcanzar las 5.080 t.

$$L \times B \times T = 5.551$$

$$5551 \times C_b = 5.080 / 1,026$$

$$C_b = 0,89$$

Muy alto, este coeficiente no corresponde a los barcos localizados. El coeficiente de la fórmula inicial (0,61) es bajo.

Probamos con 0,80:

$$PM = 0,80 \times 5.080 = 4.064 \text{ t.}$$

Se localizaron buques en Lloyd's con un PM igual a 4.064 tons

	DW	L	L _{pp}	B	D	T	HP	V
Proyecto	4064	115	108	13,1	8,6	5,8	3008	14,6
<i>Alexand III</i>	3953	97,5	88,9	15,0	8,46	5,90	3501	14,5
<i>Alhaja</i>	4079	110	100	14,5	8,41	6,5	3000	14,5
<i>Andhika pt</i>	4084	89,9	85,0	18,0	6,0	4,98	2400	12,4
<i>Angelina I</i>	4086	91,5	83,5	14,2	8,62	6,08	4000	14,5
<i>Samudra</i>	4000	102	91	19,5	8,7	6,2	2651	13
<i>Asian R.</i>	4181	101	93	16,6	9,9	6,62	3960	15
<i>Aso Maru</i>	3970	83,3	78,2	16,0	9,81	6,01	3900	14
<i>Aspalindo</i>	3894	93,0	86	13,5	6,91	5,65	1500	11,5
<i>Builder Fton</i>	4067	86,3	80,0	14,0	8,7	6,12	2200	11,5
Med 4064	4034	94,9	87,3	15,7	8,39	6,00	3011	13,3

Comprobamos coeficiente de bloque:

$$L \times B \times T = 8.223$$

$$C_b = 0,60$$

Muy bajo, solo empleado en barcos rápidos, barcos de guerra, etc., no en los barcos seleccionados.

Para evitar una repetición del proceso en demasía, se intenta localizar información de barcos actuales en navieras y sacar una media moderna del coeficiente peso muerto a desplazamiento para definir el barco con más seguridad.

Se localizan 10 barcos de los empleados por CLH y Naviera Pinillos con el siguiente resultado:

Relación PM/D_{esp.} Información CLH y Naviera Pinillos.

Tipo	PM	D	PM/D
Petrolero	46273	55904	0,82
Petrolero	33115	43945	0,75
Ro-Ro	12200	20172	0,60
Petrolero	37224	45974	0,80
Petrolero	29815	38172	0,78
Container	4724	7590	0,62
Container	18643	27245	0,68
Petrolero	37114	45974	0,80
Container	18155	25800	0,70
Container	18864	28848	0,65
Media			0,72

Con el coeficiente localizado la fórmula inicial quedaría:

$$PM = 0,72 \times D = 3.657 \text{ tons de peso muerto.}$$

Recurriendo, de nuevo, al listado de barcos del Lloyd's, tendremos:

	DW	L	L _{pp}	B	D	T	HP	V
Proyecto	3657	115	108	13,1	8,6	5,8	3008	14,6
<i>Hua San</i>	3769	97,6	89,9	17,2	7,85	5,21	2900	12
<i>Hua Yun</i>	3674	89,9	82,5	14,6	7,40	5,61	3300	13
<i>Hawang Y</i>	3457	90	84	13,8	6,85	5,53	2400	12,5
<i>Sainkaya</i>	3499	84,2	76,7	14,5	6,41	5,29	2160	13
<i>Keumyang</i>	3712	94,5	88,0	14,0	7,0	5,69	2678	12,6
<i>Iguela</i>	3716	86,2	80,0	14,4	6,35	5,81	3200	13,7
<i>Ilhyunjung</i>	3729	80	75	14,5	6,5	5,31	1714	11,2
<i>Illinks</i>	3580	102	93,0	14,0	6,89	5,89	2900	13,5
<i>Kinko M</i>	3511	88,8	82,0	12,6	6,61	5,71	2400	12
<i>Kencana</i>	3566	91,9	84,0	14,0	6,91	5,65	2000	10,5
Med 3657	3621	90,5	83,5	14,4	6,88	5,57	2565	12,4

En este caso el coeficiente de bloque medio es 0,72, previamente seleccionado, que es un valor, en estos barcos, normal.

Se adopta como peso muerto correspondiente a 5080 tons de desplazamiento, en un buque actual, el de 3657 t.

La fórmula utilizada inicialmente, queda:

$$PM = 0,72 \times D.$$

7.3.2.- COMPARACION

Recogiendo la información en otra tabla tendríamos:

	DW	L _{pp}	B	L/B	C _b	Lx B xT.	D _{esp}
Buq. actual	3621	83,5	14,4	5,79	0,722	6962	5029
Proyecto	3657	108	13,1	8,24	0,6	8205	5080

Con los barcos igualados en desplazamiento, se observan las siguientes diferencias:

- Eslora del buque moderno, menor en 25 metros, 23% menos.

- Manga del buque moderno, mayor en 1,3 metros, 10% más.
- Relación eslora a manga, menor en moderno 5,79, en el proyecto 8,24.
- Coeficiente de bloque, mayor en el moderno, 0,72, en el proyecto 0,6.
- Velocidad, menor en el moderno, 2,2 nudos, 15% menos.
- Potencia, menor en el moderno 446 HP, 15% menos.

Se ve que:

- Las carenas son totalmente diferentes.
- Se ha vuelto a carenas muy anteriores a la Belfast Bottom.
- Ha aumentado la capacidad de carga.
- Las carenas anteriores eran más rápidas.
- El tráfico de los barcos modernos de este tamaño puede ser de cabotaje o de trayectos cortos, a tenor de la velocidad.
- Se trata de dos barcos de 5000 tons de desplazamiento que difieren en el resto de parámetros. Son dos barcos diferentes.

Comparación de potencias y velocidades.

El barco del Proyecto, lleva motor de 3008 HP para andar 14,6 nudos.

El barco moderno, lleva instalados de media 2565 Hp para andar 12,4 nudos.

La velocidad, tal como se define en el listado del Lloyd's, corresponde al empleo del 85% de la potencia instalada, o sea, los barcos

modernos emplean 2180 HP para alcanzar la velocidad media de 12,4 nudos.

Empleando la fórmula, aproximada, de los cubos de Murray se obtendrá:

$$V_2^3 / V_1^3 = HP_2 / HP_1$$

$$V_2 = 14,6 \text{ nudos}$$

$$V_1 = 12,4 \text{ nudos}$$

$$HP_1 = 2.180 \text{ HP}$$

$$HP_2 = 3.557 \text{ HP.}$$

A efectos comparativos, navegando el barco del proyecto y el moderno a 14,6 nudos, el de proyecto emplearía 3.008HP y el moderno necesitaría 3.557 HP, un 18% más. Como se dice más arriba, la carena del proyecto es más rápida.

Nota.- Lo que se denomina buque moderno es, como se ha visto, producto de medias estadísticas, realizado para analizar la comparación entre barcos de diferentes épocas. No es un proyecto de un barco moderno, propiamente dicho.

7.4 BIBLIOGRAFIA, ANALISIS Y COMENTARIOS

BIBLIOGRAFIA

En cuanto al proyecto inicial realizado, se ha pretendido confeccionarlo con las fuentes más completas para la época, más claras y sobre todo las que contienen una información más aceptada y que en algunos casos ha pervivido hasta nuestros días.

Los autores de donde se ha tomado la mayor parte de la información para este proyecto preliminar han sido:

Attwod. Arquitectura Naval 1871.

Taylor. Resistance of Ships 1893

Froude. Tomado de Taylor, Attwood y varias Transactions INA.

Lloyd's Register. Reglas 1870.

Bureau Veritas. Reglas 1871.

Russell. Transactions INA 1860 – 1861.

Robert Murray. A Treatise on Marine Enginers 1869.

R Sennett The Marine Steam Engine 1882.

H Philip Spratton Transatlantic Paddle Steamers 1951.

ANALISIS Y COMENTARIOS

Para la realización del proyecto se ha empleado la formulación obtenida en cada capítulo.

Se han elegido las ruedas de paletas, al igual que las montaba el modelo, ya que dieron buen resultado mientras se emplearon.

Se ha empleado para calcular la potencia los métodos de Froude, Murray y los Coeficientes del Almirantazgo, habiéndose obtenido los mismos resultados, prácticamente.

Se han elegido, para la maquinaria, los pistones oscilantes por la ingeniosidad de la idea y por que es el que menos piezas móviles tiene y, en consecuencia, menos rozamientos. El tamaño de los pistones se fabricaba en el periodo citado.

Como carena se ha elegido la de Russell, por entender que es la más estudiada, la que se montó en más barcos de pasaje y la que mejor rendimiento dio.

Se ha empleado el Lloyd's para el escantillonado y el Veritas para el reforzado complementario, por exceso de dimensiones.

Se han montado los mamparos estancos que recomienda Russell, dos más que por Reglamento.

Se han puesto molinete y anclas según Reglamentos y en el cálculo de la multiplicación del timón, se ha tomado la idea de una rueda clavada en la mecha utilizada por H&W.

El condensador se ha tomado de proyección, igual al que debió llevar el buque modelo *Persia*, dado su año de construcción.

El aparejo de Bergantín goleta elegido, era muy empleado por los barcos a vapor y vela, ademas de ser uno de los requeridos por el Veritas, para no limitar el alcance de sus Certificados.

Se han realizado cálculos, para otros equipos y componentes, para los que se disponía de las formulaciones correspondientes.

CAPITULO 8

COMENTARIOS AL ESTUDIO Y CONCLUSIONES

- 8.1 Comentarios finales.**
- 8.2 Aportaciones al estudio.**
- 8.3 Conclusiones.**

8.1 COMENTARIOS FINALES.

Después de haber completado la investigación y análisis de los temas objeto de este trabajo, y haberlos dejado recogidos en los capítulos anteriores, se quieren mencionar algunos otros asuntos, que se analizarán de una forma separada, según los siguientes criterios:

- Asuntos en relación con la ingeniería naval de la época y los logros que más llamaron la atención.
- Algunos aspectos del legado de la época.
- Caminos de investigación que siguen abiertos.
- Detalles y aportaciones propias al estudio.

Se entiende que lo que se va a tratar podría ayudar a conocer mejor el entorno en que sucedió lo que se ha ido citando, las realizaciones y el papel que los ingenieros navales tuvieron, un muestrario de la gran contribución que recibimos de ellos, así como una reseña de lo aportado.

Se van a citar también varios temas, que iniciados o no en aquel entonces, continúan abiertos, o que se considera interesante el que fueran abordados por la ingeniería naval de hoy.

En estos comentarios finales, aparecen algunos aspectos no citados en el estudio, por entender que no estaban en relación directa con lo que se estaba tratando.

8.1.1.- TEMAS EN RELACION CON LA INGENIERIA NAVAL

Se dan algunos ejemplos de la actuación, de sus logros, de su inventiva y del papel que jugaron estos profesionales, durante el periodo estudiado.

-Uno de los temas que más llamó la atención, estudiando los textos conseguidos, fue el que el Lloyd's Register, presentó su Reglamento de 1870, en fase de elaboración, en el Instituto de Ingenieros Navales Inglés (INA), según se lee en las Transactions del INA, para conocimiento de los ingenieros, su discusión y correcciones, si procedían.

Resulta impensable que el prestigio, fuera de toda duda, del Instituto de Ingenieros Navales inglés, fuera tal, que le llevara a participar en la presentación, al menos, de las nuevas Reglas del Lloyd's.

-Al estudiar las disponibilidades de información de los ingenieros proyectistas de la época, se aprecia la gran cantidad de formulación empírica manejada.

Se piensa que la mejor validación de la misma se obtuvo con los barcos que con esta se fabricaron y con la mejora sorprendente de los mismos, en tan corto espacio de tiempo.

-La Escuela Francesa de Ingeniería Naval, dirigida por Dupuy de Lôme a mediados del s.XIX, estableció un plan de estudios, en el que varios cursos estaban divididos en semestres. En el primero de estos, se estudiaban teóricamente un grupo de conocimientos de la profesión, que luego se practicaban, durante el segundo semestre del mismo año, en astilleros. El sistema francés, sirvió de modelo para la Escuela Inglesa de Ingenieros Navales, tras la visita que realizó a la francesa, el ingeniero inglés John Scott Russell¹.

Es posible que el abundante manejo de experiencias empíricas formuladas, esté en relación con estos planes de estudios que entonces se seguían.

-Se ha podido comprobar que ingenieros como Russell, uno de los mejores ingenieros de carenas, que patentó una en 1834, en 1854 estaba fabricando maquinaria propulsora, y que uno de los mejores fabricantes de maquinaria, Maudsley, diseño una carena que patentó y que tuvo un excelente comportamiento.

-Una de las cosas que se acaba teniendo presente, al ir conociendo los logros de los ingenieros de la época, es la ausencia de barreras técnicas con que trabajaron. El conseguir variar la posición de las palas de la hélice, desde la cámara de máquinas, con dispositivos que hoy se siguen empleando, o sacar la hélice del agua, con el mecanismo que inventaron al efecto, son dos simples muestras de que la mejora era siempre posible.

-Russell decía en clase a sus alumnos, que no se pusieran a inventar nada, antes de consultar en la Oficina de Patentes, lo que ya estaba inventado.

-También se ha tenido un mayor conocimiento, del trabajo desarrollado en el campo de la elaboración de teorías y su posterior demostración, de ingenieros tan notables como Froude, Russell, Airy, Barnes y muchos más. En ellos se unieron un profundo conocimiento de los temas abordados y una intuición en la elección de modelos y enfoque en la dirección del estudio, a cada cual más admirable y envidiable.

-Otro punto, que no deja de sorprender, es como los primeros Constructores de cascos de hierro, fueron capaces de fabricar chapas, ángulos, perfiles de bulbo o barras para puentes, empleando las bolas de hierro de 30 a 40 kilos que les suministraban, sirviéndose de unos hornos de taller y unas herramientas de golpe. La técnica empleada para conseguirlo, se considera, por casi desconocida, como una de las tareas más difíciles y enigmáticas, de la construcción de los cascos de entonces.

-Al estudiar los sistemas de izado de las hélices², que empleaban para oponer menos resistencia al avance, cuando los barcos navegaban solo a vela, se ha pensado que los componentes de la máquina estaban sobredimensionados, de acuerdo con los criterios actuales. La forma de conexión entre el trozo de eje que quedaba en la máquina y el que acompañaba a la hélice, era un simple ranurado, con forma

similar al de la cabeza de un gran tornillo en uno de los extremos y la figura inversa en el otro. La resistencia del eje a la cizalla, así dividido, pasaba de la que tenía el eje íntegro, al esfuerzo que soportara el machón del encastre. Si eje hubiera estado ajustado en dimensiones, el encastre, indudablemente, hubiera partido en muy poco tiempo.

A pesar de que los esfuerzos reglamentariamente exigidos entonces, para los materiales en que se fabrican algunas piezas, no eran los que actualmente se piden, no deja de llamar la atención que los diámetros de ejes o cigüeñales que se empleaban en máquinas con 1.800 HP, sean similares a los que hoy se emplean en motores de 20.000 HP, ó más.

Los fabricantes de maquinaria afirmaban emplear coeficientes de seguridad más altos, que los que se usaban en la fabricación de los cascos. En los casos en los que estos coeficientes se conocen, no les faltaba razón, así en las chapas de calderas empleaban un coeficiente de seguridad de 7, mientras que en los estays de las propias calderas, empleaban el de 11.

-Unido a esto, los ingenieros franceses llegaron a asociar ciertas averías graves, al número de horas o de kilómetros de funcionamiento de los motores. Consecuencia de lo esto, establecieron en Marina una especie de mantenimiento preventivo, que consistía en cambiar ciertas piezas de importancia, como ejes y cigüeñales, cuando habían rodado las horas estimadas, evitando así averías más caras, peligrosas e irreparables, en muchos casos. En los trenes utilizaron el mismo criterio. Esta práctica, hoy, está bastante generalizada, aunque no alcance a ejes y cigüeñales.

-La preparación de los ingenieros de aquel periodo fue muy buena, y bastante universal, en cualquiera de los aspectos de la construcción naval.

-El peso que los ingenieros navales, individualmente, o constituidos en asociaciones, tuvieron en todos los aspectos tecnológicos de la Construcción Naval, puede que fuera mayor que el que ahora se tiene. Las máximas modernas de trabajar en equipo, las practicaron en cualquiera de los ámbitos técnicos de la profesión.

8.1.2.-ALGUNOS LEGADOS DE LA EPOCA.

No se debe acabar este estudio sin recordar la gran cantidad de elementos, ideas, materiales, etc., que la actual construcción naval emplea, o ha empleado hasta hace muy poco, y que tuvieron su origen en el s.XIX.

Sirvan como ejemplo, los que se citan a continuación:

- La optimización de formas de carenas en canal, que se cita en informaciones de Knowles de 1822, fue iniciada en la década de 1790 y continuó en el s.XIX.
- La elaboración de un modelo del barco³, a una buena escala, que permitía el alisado de formas y representar en el mismo todos los detalles de tracas, chapas, uniones, costuras, formas en finos, siluetas de cuadernas y baos, etc., ya se empleó en el s.XIX. Las actuales presentaciones en pantalla de ordenador, de lo mismo, aparecieron unos 130 años después.
- En el s.XIX, los barcos se acabaron construyendo según unos Reglamentos, pudiendo así disponer de unos Certificados de una Sociedad de Clasificación, que terminaron siendo necesarios para conseguir un flete.
- Para mantener esos Certificados, los barcos debieron pasar, de acuerdo con lo que se pedía en Reglamentos del s.XIX, unos reconocimientos periódicos de diferente intensidad, que hace poco se conocían como paso de la anual o de la cuatrienal. Esta última se conocía también como “paso de la letra”.
- Los elementos estructurales que deben cambiarse en estos reconocimientos, por haber perdido una cierta cantidad de su espesor, ya figuraba en los Reglamentos de 1870.
- El arqueo, internacionalmente admitido, y su unidad de medida se dio a conocer en 1854.

- Las luces rojas, blancas y verdes, que montan los barcos en la actualidad para evitar abordajes nocturnos, son obligatorias en los barcos con propulsión mecánica desde 1848.
- El francobordo conceptual y su tabulación inicial es del s.XIX.
- Muchos de los conceptos y fórmulas, que hoy se emplean para estudiar la estabilidad de los buques, son las que se empleaban en el s.XIX para lo mismo.
- Las predicciones y comprobaciones, de los cálculos de potencia en canal, comenzaron a realizarse durante el siglo XIX.
- El sistema de andamios⁴ que entonces se empleaba, que se montaba completo antes de empezar el barco y se desmontaba para botarle, es un ejemplo de lo que hoy, por muy diferentes motivos, cuesta conseguir.
- Los sistemas de construcción de casco, con estructura longitudinal⁵ o mixta, se empezaron a emplear en esa época.
- El orden en la fijación de las chapas remachadas a la estructura del barco, evitando deformaciones, hoy figuran en los libros de soldadura bajo el concepto de secuencia de ejecución.
- El hierro, y mas tarde el acero, ya debían cumplir unos mínimos mecánicos predeterminados, para ser certificados por las Sociedades. Solo estos materiales, previamente identificados por sellos, podían emplearse en la construcción de barcos.
- El hierro que se empleaba en cadenas y anclas, en aquella época, era el de calidad 2, más resistente que el normal. Hoy, algunas Sociedades conocen al material a emplear para esos cometidos, superior en características al normal, como calidad U2. En la actualidad se cita también en Reglamentos otro acero aun mejor, al que se denomina como calidad U3, para estas mismas y otras aplicaciones especiales.

- Al final de la década de 1890, Walton informa de que años antes se ha comenzado a emplear el níquel, como elemento de aleación del acero, habiéndose conseguido mejorar notablemente las características mecánicas y la resistencia a la corrosión del mismo. Por el alto precio de ese elemento, se comenzó a usar solo en componentes de calderas y otras aplicaciones especiales. El níquel es el elemento básico del acero inoxidable actual.
- La protección contra la corrosión de chapas de hierro, mediante pintado o piezas de zinc, ya la comenzaron a emplear los constructores de aquella época.
- Se comenzó también a realizar entonces la prefabricación⁶, dentro de taller, de los elementos de más difícil, o más costosa, unión en grada. Las limitaciones de las grúas, no permitieron ir más lejos.
- Los agujeros, largos y diámetros de remaches, distancias entre los mismos, avellanados, cuantía de solapes y pruebas de aceptación de los mismos, se estandarizaron⁷.
- Lo mismo sucedió con chapas, ángulos, bulbos, puntales, medias cañas y demás productos siderúrgicos, durante el periodo considerado⁸.
- Se emplearon timones colgados del codaste, compensados, suspendidos y articulados.
- El uso de cabrestantes y chigres de carga, accionados mecánicamente, tuvo su origen entonces. También los usados para la maniobra de velas.
- Los servomotores de timón y molinetes de accionamiento mecánico, son de entonces.
- Las puertas estancas de compartimentado⁹, accionadas a distancia, ya eran obligadas en 1870.

- El servicio de aspiración de sentinelas, que se montaba en aquellos barcos, era bastante parecido al actual.
- Las seguridades de calderas, son de aquel tiempo.
- Se empleaba en las calderas un dispositivo de seguridad¹⁰, que consistía en unos tapones de plomo, que se fundían con el fuego y las despresurizaban. Hoy las botellas de aire de arranque, montan un tapón fusible que es exactamente lo mismo, para funcionar por igual motivo.
- Los reductores y los cojinetes de empuje, se empezaron a montar en aquellos barcos.
- Las hélices¹¹, similares a las actuales, son de 1843.
- Las hélices de paso variable¹², ya citadas, son una patente de mediados del s.XIX.
- Se adelantó la idea de las hélices transversales de popa¹³ y de proa¹⁴, más de 100 años.
- Se solucionó la compensación de los compases magnéticos, por procedimientos que continúan en uso.
- Se dispusieron los primeros motores en V¹⁵ (entonces invertida), en 1840.
- Los actuales pistones de émbolo buzo¹⁶, que datan de entonces, se llamaron de tronco.
- La disposición de los actuales motores de dos tiempos¹⁷, es de aquella época, se conoció como de pistones invertidos o de pilón.
- Los cojinetes de guayacán, hasta hace poco tiempo en uso, fueron empleados por primera vez por John Penn, en sus motores.

- Las calderas de tubos de agua, hoy en uso, se empezaron a emplear en 1881.
- La presurización actual de las cámaras de calderas¹⁸ es de finales del periodo estudiado.
- La propulsión Ruthven, por chorro de agua, vuelta a emplear hace unos pocos años en los fast-ferries, se ensayó, por primera vez, en 1843.
- Los botes insumergibles y autoadrizantes¹⁹ los patentó Guppy, a principio de la década de 1840.
- Los tanques estructurales para lastrado, ya se usaban en 1852.
- El metal antifricción²⁰ ya se conocía y se empleaba entonces.
- Muchas de las ideas sobre seguridad y salvamento del s.XIX, han llegado hasta hoy, convenientemente actualizadas.

La lista no es exhaustiva, la herencia fue muy grande y el camino trazado está ahí, dispuesto para seguir avanzando.

Los humanistas acostumbran conocer al s.XVIII, como Siglo de las Luces. En los barcos, se puede decir sin ningún temor a equivocarse, que el Siglo de las Luces fue el s.XIX.

Se suele decir, y se tiene como cierto, que en años de guerras, es cuando más se avanza tecnológicamente. En este campo y en este siglo, no fue así. Afortunadamente, parece que hubo más ingenio que desavenencias.

8.1.3.- OTROS CAMINOS DE INVESTIGACION.

Como producto de lo realizado en este estudio, se han ido viendo una serie de temas que no se llegaron a tratar, al entender que eran motivo para estudios más específicos. Algun otro, que no planteó problemas en la época, va igualmente a ser citado.

Es posible que la recomendación de Russell a sus alumnos para que no inventasen lo inventado, se debiera tener en cuenta en lo que sigue. Se piden disculpas anticipadas al no disponer del listado de lo que todo el mundo conoce.

-Dado los casi siempre imprevisibles resultados de los fenómenos de corrosión, no extrañaría el que pudiera resultar de aplicación, en la actualidad, el estudio y conocimiento del origen real de cualquier causa de corrosión, muy importante en barcos con materiales especiales, y que posiblemente no esté tan resuelta a día de hoy, como se acostumbra a decir. El aluminio y el acero inoxidable, cada vez más empleados, plantean problemas más graves que el acero común.

Los actuales técnicos son químicos, deberían ser ingenieros navales.

-El caso del antifouling, que de haberse resuelto en su día, habría evitado tener que llegar a forrar los cascos de hierro con madera y esta con cobre, es un ejemplo antiguo de lo útil que hubiera sido disponer de unos mayores conocimientos de pintura, por parte de la ingeniería naval.

Este campo, hoy en manos de químicos, se estima que debería estar en las de equipos en que interviniieran ingenieros navales y químicos. Investigar todos los productos que hoy se están empleando en astilleros, que incluso resultan de difícil aplicación en un laboratorio y devolver un poco de racionalidad a los sistemas de pintado actuales, es casi un deber de la ingeniería naval.

-De la habilitación de los barcos de pasaje, al igual que de la pintura, no se puede decir que esté en manos de ingenieros navales, en este caso está en las de arquitectos y decoradores. En este apartado de la construcción naval, la necesidad de los conocimientos de la estructura resistente, que los ingenieros navales tienen, está fuera de toda duda. El ahorro de tiempo, dinero y discrepancias, que se puede conseguir con su intervención, se puede asegurar que justifica sobradamente el que la habilitación esté en manos de ingenieros o que al menos, sea filtrada por estos, desde la fase de anteproyecto de la misma.

-Los sistemas de tuberías de los barcos de pasaje, pueden llegar a ser muy complicados y debe cuidarse la cumplimentación de todos los Reglamentos, incluidos los sanitarios, que intervienen en su disposición.

Los expertos actuales, en reglamentación de sanidad para buques de pasaje, prácticamente obligatoria en la zona del Caribe, son capitanes de la marina mercante nórdicos jubilados. De ser ingenieros navales, estos expertos, la ayuda podría ser mucho mayor, al poder aportar soluciones constructivas válidas.

-Llamó la atención que el barco más antiguo que se trata en el primer capítulo, el *Clyde* de 1841, fuera uno de los 14 que se encargaron iguales. No parece que prosperara la idea de la igualdad.

Hoy se habla de la necesidad de no pocos barcos para cabotaje europeo.

Se piensa que un estudio conjunto con armadores, puertos y sociedades de clasificación, debería dar lugar a definir y proyectar uno, máximo dos, barcos por tamaño, que cubrieran todas las necesidades que se plantean.

Si el estudio se complementa con las reducciones en precios y plazos que esto llevaría consigo, además del incremento de seguridad obtenible, puede que se acabaran olvidando, o minimizando, los "modelos exclusivos" actuales.

Se insiste en la necesidad de la presencia de ingenieros navales en todos los temas comentados, que en la actualidad es mínima o casi inexistente. Se puede afirmar, por experiencias vividas, que el ingeniero naval está sobradamente preparado para ser un muy buen especialista en los mismos y que mejorarían, en todos los casos, los resultados actuales. Los asuntos citados nunca debieron ser tan ajenos a la profesión, como lo son hoy en día.

8.2 DETALLES Y APORTACIONES AL ESTUDIO

Para poder llevar a cabo, los trabajos, inicialmente previstos, de localización, evaluación, e incorporación de resultados al estudio que se ha estado realizado, fue preciso, en algunos casos, analizar e

interpretar una serie de asuntos que no se podían asumir, tal como se habían localizado. A veces se pensó que podían ser errores, pero si se presentaban varias veces, se intentó conocer la razón de lo encontrado.

Otras veces, pocas, no se localizó la información que se precisaba y hubo que componerla.

Las más de las veces, fue preciso calcular valores que se precisaba conocer, para cifrar lo tratado.

A esto es a lo que se refiere el título del epígrafe. Se lista una muestra de temas aportados, la mayoría ya citados. Estos son:

- Se han detectado varios barcos, en los que la velocidad media de cruce del Atlántico, supera a la velocidad en pruebas²¹. Ejemplo el *Persia*.

Puede que los datos sean erróneos, o puede que se introdujera algún cambio para conseguir más velocidad, con el barco en servicio.

Estudiado el tema, se localizaron las Especificaciones para Construcción de Motores del Almirantazgo, en las que parece haber una posible explicación.

Se dice en éstas, que “en las pruebas de los buques, debe comprobarse velocidad, vacío, presión y rpm de la máquina, así como que la máquina ha funcionado al 100% de la potencia disponible. De no ser así, el constructor, sin coste adicional, ajustará presiones y revoluciones hasta que se emplee el total de la potencia instalada”.

El aumento de presiones, vacío o rpm, llevaría a aumentos de velocidad. Estos ajustes debieron realizarse, en algunos casos, después de las pruebas; posiblemente con los barcos en servicio.

- La clara de cuadernas debió aumentar en los Reglamentos de 1870, en relación con los anteriores. Barcos de hierro anteriores a ese año, llevaban 20 pulgadas, incluso 10, de clara²², cuando por tamaño, en el Reglamento de 1870, les hubiera correspondido 24.

Las cuadernas en madera, que Jorge Juan estimó en 1771, que debían medir 16 x 16 ½ pulgadas²³ en un navío grande (185-195 pies de eslora) y que de acuerdo con el Reglamento del Veritas para

bucos de madera de 1871, extrapolando, debían ser de unas 12 x 12 pulgadas para un buque de 5000 t. de desplazamiento, debieron dejar visible poca madera de forro.

Según el Reglamento del Veritas para buques de madera de 1871, la clara de varengas de un buque de madera es de 1/7 de la manga, 6 pies en el buque del proyecto realizado. La clara de cuadernas debe ser de 1/2 a 1/3 de la clara de varengas, que resulta ser de 2 á 3 pies. De tomar, para un barco reforzado 2 pies de clara, resultaría que el 50% del forro estaría cubierto con las cuadernas. Es posible que la menor distancia inicial de claras en barcos de hierro, estuviera en relación con lo anterior.

-Se localizaron varios de los arqueos empleados en la época.

Se estudiaron los arqueos franceses²⁴, españoles²⁵ e ingleses²⁶, de principios de la época estudiada, y la verdad es que no tenían parecido ni conversión fácil. Incluso el pie de Burgos, oficial en España, difería del inglés. Sobraban razones para intentar unificarlos. Los pagos por derechos de puerto, y las contrataciones de fletes entre diferentes países, debieron salir muy beneficiadas con la adopción de uno generalmente aceptado.

- Se elaboró una teoría, sobre la posible causa de corrosión de tubos de calderas, que quedó explicada en el texto.

-Se han obtenidos resultados parejos en potencia, usando tres métodos diferentes de cálculo.

Se piensa que antes de que Froude, diera a conocer sus resultados, más científicos para realizar estos cálculos, otros ingenieros ya darían estimaciones muy fiables.

-Se ha realizado un apartado en el proyecto, correspondiente a asuntos de Habilitación²⁷, tratando de situarse en la época del estudio, intentando completar la escasez de información localizada en estos temas.

-Se han localizado máquinas, herramientas y útiles similares a los empleados en la época.

Máquinas punzonadoras.
Taladradoras.
Martillos de remachado y retacado.
Restos del accionamiento de máquinas en taller.
Chapas perforadas por remachado.
Bridas roscadas.
Sufrideras.
Manguillas de plomo.
Manómetros.
Válvulas de seguridad.
Niveles de calderas.
Etc.

-Se dieron las razones que se entiende que llevaron a que los antifouling de la época no tuvieran éxito. Se debe reconocer que con mas datos de los que entonces tenían.

-Se realizo una pequeña estadística de siniestros de buques, con una muestra de 143 de ellos, de la que resultó que 62 de los mismos se habían perdido (43,3%). El dato es realmente sorprendente e inesperado.

-Para la realización del proyecto se realizaron los cálculos y estudios necesarios. Esto es:

Cálculos de arqueo.
Cálculo de Francobordo
Escantillonado del buque.
Anclas, Cadenas y Molinete.
Cálculos de timón y maniobra del mismo.
Datos de estabilidad y balance.
Estimación potencia.
Cálculo de ruedas de paletas.
Cálculo de máquinas y calderas.
Cálculo de seguridades de vapor.
Cálculo de consumos de carbón.
Tamaños de chimenea y temperatura de humos.
Dimensiones de condensador y bomba de aire.
Cálculo de velas y palos.
Disposición de habilitación y detalles de la misma.

Cálculo de estructura sobre cubierta, para ubicación de salones.
Definir servicios sanitarios y sistemas de tuberías.
Definir y disponer las bombas y equipos sanitarios necesarios.
Estudio de ventilación de camarotes y otros espacios.
Confeccionar una pequeña memoria de materiales de habilitación.
Localizar buque moderno de 5.000 t. y compararlo con el de proyecto.

8.3 CONCLUSIONES

Se concluye este escrito con unas breves consideraciones finales sobre lo realizado.

Todos los temas inicialmente objeto de este estudio, han sido abordados con bastante amplitud, utilizando para ello la adecuada información de la época conseguida.

Se puede decir, que con la investigación realizada sobre la Tecnología Constructiva de los Barcos de Pasaje de Mediados del s.XIX, se han localizado y presentado un buen número de conocimientos sobre el tema.

Lo realizado, se ha ajustado al tratamiento global del tema previsto y ha quedado facilitado, en bastantes aspectos, el conocimiento de los barcos que se construyeron en aquel periodo, así como el gran legado recibido, que era lo que realmente se pretendía.

GRABADOS Y FOTOGRAFIAS

INDICE Y REFERENCIAS DE ORIGEN.

Pág. 8.- **Greenhill, Basil.** FIRST ATLANTIC LINERS.
Ed. Conway Maritime Press. London 1997.

Pág. 9.- **Martínez – Hidalgo.** LA MAR, LOS BUQUES Y EL ARTE.
Ed. Silex. Madrid 1997.

Pág. 11.- **Greenhill, Basil.** FIRST ATLANTIC LINERS.
Ed. Conway Maritime Press. London 1997.

Pág. 18.- **Greenhill, Basil.** FIRST ATLANTIC LINERS.
Ed. Conway Maritime Press. London 1997.

- Pág. 19.- **Griffiths, Denis.** BRUNEL'S SHIPS.
Ed. CHATHAM PUBLISHING. London 1999.
- Pág. 20.- **Spratt, H. Philip.** TRANSATLANTIC PADDEL STEAMERS.
Ed. BROWN, SON & FERGUSON, LIMITED. Glasgow 1951
- Pág. 24.- **Greenhill, Basil.** FIRST ATLANTIC LINERS.
Ed. Conway Maritime Press. London 1997.
- Pág. 25.- **Griffiths, Denis.** BRUNEL'S SHIPS.
Ed. CHATHAM PUBLISHING. London 1999.
- Pág. 30.- **Griffiths, Denis.** BRUNEL'S SHIPS.
Ed. CHATHAM PUBLISHING. London 1999.
- Pág. 38.- **Griffiths, Denis.** BRUNEL'S SHIPS.
Ed. CHATHAM PUBLISHING. London 1999.
- Pág. 45.- **MUSEO MARITIMO DE BARCELONA**
Primera información sobre Compañía Trasatlántica
- Pág. 59.- **REGLAMENTO LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING PARA
HIERRO Y MADERA DE 1870**
- Pág. 62.- **Thearle, Samuel. J. P.** SHIPBUILDING IN IRON AND
STEEL.
Ed. WILLIAM COLLINS, SONS, & COMPANY, LIMITED.
London & Glasgow 1886
- Pág. 69.- **Walton, Thomas.** STEEL SHIPS.
Ed. CHARLES GRIFFIN & COMPANY, LIMITED.
London 1904.
- Pág. 80.- **Russell. John Scott** CARENA TIPO OLA. 1860-15 y
1861-12. INA.
- Pág. 81.- **Russell. John Scott.** CARENA TIPO OLA. 1860-15 y
1861-12. INA.

- Pág. 82.- **Russell, John Scott** CARENA TIPO OLA. 1860-15 y 1861-12. INA.
- Pág. 83.- **Boune, John**. Formas de barcos. Transactions INA 1867-03.
- Pág. 84.- **Lamport, Charles**. CARENA EN U. TRANSACTIONS 1865-09 INA
- Pág. 86.- **Maudsley, Joseph**. MEJORAS EN LA FORMA DE LOS BARCOS. 1860-03 INA.
- Pág. 89.- **Knowles, John**. NAVAL ARCHITECTURE
Ed. W. Simpkin and R. Marshall. London 1822
- Pág. 93.- **Attwood, E.L.** Traducción Goity, J. BUQUES DE GUERRA.
ARQUITECTURA NAVAL
Ed. Imp. de Pedro Ortega. Barcelona 1911
- Pág. 120.- **Greenhill, Basil**. FIRST ATLANTIC LINERS.
Ed. Conway Maritime Press. London 1997.
- Pág. 124.- **Taylor, Almirante D. W.** RESISTANCE OF SHIPS AND SCREW PROPULSION
Ed. THE MACMILLAN COMPANY. New York 1910
- Pág. 138.- **LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING**
Barcos raros del s.XIX.
- Pág. 145.- **Murray, Robert** A TREATISE ON MARINE ENGINES AND STEAM VESSELS
Ed. CROSBY LOCKWOOD & CO. London 1878.
- Pág. 146.- **Sennett, Ricard**. MARINE STEAM ENGINE .
Ed. LONGMANS, GREEN AND CO. London 1885
- Pág. 147.- **McCluskie, Tom**. HARLAND & WOLFF.
Ed. Conway Maritime Press. London 1998.

Pág. 158.- **Taylor, Almirante D. W.** RESISTANCE OF SHIPS AND SCREW PROPULSION
Ed. THE MACMILLAN COMPANY. New York 1910

Pág. 178.- **Walton, Thomas.** STEEL SHIPS.
Ed. CHARLES GRIFFIN & COMPANY, LIMITED.
London 1904.

Pág. 187.- **Russell, John Scott** SISTEMA LONGITUDINAL
1862 16 INA

Pág. 189.- **Attwood, E.L.** Traducción Goity, J. BUQUES DE GUERRA. ARQUITECTURA NAVAL
Ed. Imp. de Pedro Ortega. Barcelona 1911

Pág. 191.- **Thearle, Samuel. J. P.** SHIPBUILDING IN IRON AND STEEL.
Ed. WILLIAM COLLINS, SONS, & COMPANY, LIMITED.
London & Glasgow 1886

Pág. 195.- **Thearle, Samuel. J. P.** SHIPBUILDING IN IRON AND STEEL.
Ed. WILLIAM COLLINS, SONS, & COMPANY, LIMITED.
London & Glasgow 1886

Pág. 197.- **Walton, Thomas.** STEEL SHIPS.
Ed. CHARLES GRIFFIN & COMPANY, LIMITED.
London 1904.

Pág. 198.- Fotografía del autor.

Pág. 199.- Fotografía del autor.

Pág. 200.- Fotografía del autor.

Pág. 210.- **Fernández Flórez, Ignacio.** EL ASTILLERO DE FERROL.
Ed. Establecimiento Tipográfico de R. PITA. Ferrol 1887.

Pág. 215.- Fotografía del autor.

- Pág. 216.- Cedida por Sr. Lorente, de UNL.
- Pág. 217.- Fotografía del autor.
- Pág. 219.- **Attwood, E.L.** Traducción Goity, J. BUQUES DE GUERRA. ARQUITECTURA NAVAL
Ed. Imp. de Pedro Ortega. Barcelona 1911
- Pág. 224.- **Lumley, Henrry.** TIMONES ARTICULADOS 1864 13 INA
- Pág. 226.- **Attwood, E.L.** Traducción Goity, J. BUQUES DE GUERRA. ARQUITECTURA NAVAL
Ed. Imp. de Pedro Ortega. Barcelona 1911
- Pág. 228.- **Dejust, J.** MACHINES A VAPEUR ET MACHINES TERMODINAMIQUES DIVERSES.
Ed. V^{ve} Ch. DUNOD.Paris 1899
- Pág. 230.- **Walton, Thomas.** STEEL SHIPS.
Ed. CHARLES GRIFFIN & COMPANY, LIMITED.
London 1904.
- Pág. 253.- **Greenhill, Basil.** FIRST ATLANTIC LINERS.
Ed. Conway Maritime Press. London 1997.
- Pág. 254.- **Greenhill, Basil.** FIRST ATLANTIC LINERS.
Ed. Conway Maritime Press. London 1997.
- Pág. 256.- **Greenhill, Basil.** FIRST ATLANTIC LINERS.
Ed. Conway Maritime Press. London 1997.
- Pág. 257.- **Caralp, Henry.** CHAUDIERS & MACHINES DE LA MARINE DE GUERRE.
Ed. Agustin CHALLAMEL. Paris 1896
- Pág. 270.- **Greenhill, Basil.** FIRST ATLANTIC LINERS.
Ed. Conway Maritime Press. London 1997.
- Pág. 280.- Gravado de la Exposición de Burdeos de 1907.

- Pág. 282.- **Murray, Robert**. A TREATISE ON MARINE ENGINES AND STEAM VESSELS
Ed. CROSBY LOCKWOOD & CO. London 1878.
- Pág. 283.- **Sennett, Ricard**. MARINE STEAM ENGINE .
Ed. LONGMANS, GREEN AND CO. London 1885
- Pág. 284.- **Sennett, Ricard**. MARINE STEAM ENGINE .
Ed. LONGMANS, GREEN AND CO. London 1885
- Pág. 285.- **Sennett, Ricard**. MARINE STEAM ENGINE .
Ed. LONGMANS, GREEN AND CO. London 1885
- Pág. 293.- **Sennett, Ricard**. MARINE STEAM ENGINE .
Ed. LONGMANS, GREEN AND CO. London 1885
- Pág. 295.- **Greenhill, Basil**. FIRST ATLANTIC LINERS.
Ed. Conway Maritime Press. London 1997.
- Pág. 311.- **Caralp, Henry**. CHAUDIERS & MACHINES DE LA MARINE DE GUERRE.
Ed. Agustin CHALLAMEL. Paris 1896
- Pág. 312.- Fotograffía del autor.
- Pág. 334.- **McCluskie, Tom**. HARLAND & WOLFF.
Ed. Conway Maritime Press. London 1998.
- Pág. 336.- **Spratt, H. Philip**. TRANSATLANTIC PADDEL STEAMERS.
Ed. BROWN, SON & FERGUSON, LIMITED.
Glasgow 1951
- Pág. 337.- **MUSEO MARITIMO DE BARCELONA**
Primera información sobre Compañía Trasatlántica
- Pág. 338.- **MUSEO MARITIMO DE BARCELONA**
Primera información sobre Compañía Trasatlántica
- Pág. 341.- **MUSEO MARITIMO DE BARCELONA**
Primera información sobre Compañía Trasatlántica

Pág. 344.- **Llorca, Carlos.** LOS BARCOS DE LA EMIGRACION
Ed. C. Llorca. Alicante 1992.

Pág. 376.- **ARCHIVO COMPAÑÍA P&O**
Información de características dimensionales y maquinaria
de los 125 primeros barcos de la Compañía.

Pág. 379.- **Bourchier, Oficial de Marina.** ARTEFACTOS FLOTANTES
1869-12 INA

Pág. 380.- **McCluskie, Tom.** HARLAND & WOLFF.
Ed. Conway Maritime Press. London 1998.

Pág. 392.- **Walton, Thomas.** STEEL SHIPS.
Ed. CHARLES GRIFFIN & COMPANY, LIMITED.
London 1904.

Pág. 393.- **Greenhill, Basil.** FIRST ATLANTIC LINERS.
Ed. Conway Maritime Press. London 1997.

Pág. 399.- **Greenhill, Basil.** FIRST ATLANTIC LINERS.
Ed. Conway Maritime Press. London 1997.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA CON REFERENCIAS EN TEXTO

NOTAS CAPITULO 1

- 1.- **Knowles, John.** NAVAL ARCHITECTURE London 1822.
Tabla A, Folio 1.
 - 2.- **Griffiths, Denis.** BRUNEL'S SHIPS. London 1999. pp. 53-61.
 - 3.- **Griffiths, Denis.** BRUNEL'S SHIPS. London 1999. pp. 53-57.
 - 4.- **McCluskie, Tom.** HARLAND & WOLFF. London 1998. p.111.
 - 5.- **Sennett, Ricard.** MARINE STEAM ENGINE . London 1885. p1.
 - 6.- **Spratt, H. Philip.** TRANSATLANTIC PADDEL STEAMERS.
Glasgow 1951. pp. 42-43.
-
- 7.- **American Society of Marine Engineers (ASME).** S. S. GREAT BRITAIN1984.

- 8.- **Spratt, H. Philip.** TRANSATLANTIC PADDEL STEAMERS. Glasgow 1951. pp. 51-52.
- 9.- **Spratt, H. Philip.** TRANSATLANTIC PADDEL STEAMERS. Glasgow 1951. pp. 56-57.
- 10.- **Spratt, H. Philip.** TRANSATLANTIC PADDEL STEAMERS. Glasgow 1951 pp. 58-59.
- 11.- **Griffiths, Denis.** BRUNEL'S SHIPS. London 1999. pp. 137-153.
- 12.- **MUSEO MARITIMO DE BARCELONA.** Primera información sobre Compañía Trasatlántica

NOTAS CAPITULO 2

- 1.- **Walton, Thomas.** STEEL SHIPS. London 1904. pp. 51-106.
- 2.- **Acta Parlamentaria** 1854.
- 3.- **Garay Unibaso, Francisco.** CORREOS MARITIMOS ESPAÑOLES. Bilbao 1987-1996 pp. 19-23.
- 4.- **Knowles, John.** NAVAL ARCHITECTURE London 1822. pp. 142-161.
- 5.- **Russell. John Scott** CARENA TIPO OLA. 1860 y 1861 INA.
- 6.- **McCluskie, Tom.** HARLAND & WOLFF. London 1998. p13.
- 7.- **Knowles, John.** NAVAL ARCHITECTURE London 1822. pp. 128-141.
- 8.- **Roldán, Miguel y Chacón, Francisco** CARTILLA DE CONSTRUCCION Y MANEJO DE LOS BUQUES. Madrid 1831-1863 pp. 8-17.
- 9.- **Attwood, E.L.** (Prologo 1871). Traducción Goity, J. BUQUES DE GUERRA. ARQUITECTURA NAVAL Barcelona 1911. pp. 201-262.
- 10.- **Knowles, John.** NAVAL ARCHITECTURE London 1822. pp. 84-88.
- 11.- **Murray, Robert** A TREATISE ON MARINE ENGINES London 1869. pp. 114-ss.
- 12.- **Attwood, E.L.** (Prologo 1871). Traducción Goity, J. BUQUES DE GUERRA. ARQUITECTURA NAVAL. Barcelona 1911. pp. 293-294.

- 13.- **Murray, Robert** A TREATISE ON MARINE ENGINES London 1869. pp. 129-132.

- 14.- **Sennett, Ricard.** MARINE STEAM ENGINE . London 1885
pp. 431-443.
- 15.- **Cal, Antonio.** TEORIA DEL BUQUE. Ferrol 1902. pp. 284-286.
- 16.- **Sennett, Ricard.** MARINE STEAM ENGINE . London 1885.
pp. 444-473.
- 17.- **Bertin, L. E.** MACHINES MARINES Paris 1899 pp. 357 y ss.
- 18.- **Cal, Antonio.** TEORIA DEL BUQUE. Ferrol 1902. pp. 286-290.
- 19.- **Taylor, Almirante D. W.** RESISTANCE OF SHIPS AND SCREW PROPULSION New York 1910. pp. 62-ss.
- 20.- **Sennett, Ricard.** MARINE STEAM ENGINE . London 1885.
pp. 393-396.

NOTAS CAPITULO 3

- 1.- **Thearle, Samuel.** SHIPBUILDING IN IRON AND STEEL. London & Glasgow 1886 p 7-11.
- 2.- **Walton, Thomas.** STEEL SHIPS. London 1904 pp. 1-17.
- 3.- **Airy, Astrónomo Real.** SOBRE MAGNETISMO 1860 INA.
- 4.- **Fernández Flórez, Ignacio.** EL ASTILLERO DE FERROL. Ferrol 1887
- 5.- Experiencias del autor.
- 6.- Autores siguientes en Transactions INA.
- **Airy, Astrónomo Real** HELICE TRANSVERSAL DE POPA 1864 INA
- **Barnaby.** ENSAYOS REALES Y ENSAYOS CON MODELOS.
TIMÓN ARTICULADO. HELICE TRANSVERSAL DE PROA 1863 INA
- **Belcher.** TIMONES COMPENSADOS 1870 INA
- **Gumpel.** ENSAYOS TIMONES EN BUQUES DE GUERRA 1870 INA.
- **Halsted, Almirante.** ENSAYOS DE TIMÓN 1864 INA
- **Lumley, H.** TIMONES ARTICULADOS 1864 INA
- **Napier, R.** PRUEBAS TIMÓN 1864 INA
- 7.- **Attwood, E.L.** (Prologo 1871). Traducción Goity, J. BUQUES DE GUERRA. ARQUITECTURA NAVAL Barcelona 1911. pp. 93-109
- 8.- **Inglefield, Oficial R.N.** SERVOMOTOR HIDRAULICO. 1869 INA

- 9.- **Dejust, J.** MACHINES A VAPEUR ET MACHINES TERMODINAMIQUES DIVERSES Paris 1899 pp. 435-437.
- 10.- **Halsted, Almirante.** ENSAYOS DE TIMÓN 1864 INA
- 11.- **MUSEO NAVAL DE MADRID.** Información sobre cruceros de Ferrol 1888
- 12.- **Attwood, E.L.** (Prologo 1871). Traducción Goity, J. BUQUES DE GUERRA. ARQUITECTURA NAVAL Barcelona 1911. pp. 110 - ss.
- 13.- **Sennett, Ricard.** MARINE STEAM ENGINE . London 1885 pp. 516-529
- 14.- **Sennett, Ricard** . MARINE STEAM ENGINE . London 1885 p 547.
- 15.- **Attwood, E.L.** (Prologo 1871). Traducción Goity, J. BUQUES DE GUERRA. ARQUITECTURA NAVAL Barcelona 1911. pp. 127-ss.
- 16.- **Walton, Thomas.** STEEL SHIPS. London 1904 . pp. 256-259.
- 17.- **Murray, Robert** A TREATISE ON MARINE ENGINES London 1869. pp. 40-41.
- 18.- **Caralp, Henry.** CHAUDIERS & MACHINES DE LA MARINE DE GUERRE. Paris 1896. p218.

NOTAS CAPITULO 4

- 1.- **Greenhill, Basil.** FIRST ATLANTIC LINERS. London 1997. pp. 25-26.
- 2.- **Murray, Roberton** A TREATISE ON MARINE ENGINES London 1869. pp. 33-ss.
- 3.- **Sennett, Ricard.** MARINE STEAM ENGINE . London 1885. pp. 45-ss.
- 4.- **Demoulin, Maurice.** PAQUEBOTS A GRANDE VITESSE. Paris 1887. pp. 104-118.
- 5.- **Caralp, Henry.** CHAUDIERS & MACHINES DE LA MARINE DE GUERRE. Paris 1896. pp. 47-ss.
- 6.- **Dejust, J.** MACHINES A VAPEUR ET MACHINES TERMODINAMIQUES DIVERSES. Paris 1899. pp. 4-19.
- 7.- **Selwyn.** COMBUSTIBLE LIQUIDO. 1870 INA
- 8.- **Sennett, Ricard.** MARINE STEAM ENGINE. London 1885.

- pp. 1-ss.
- 9.- **Murray, Robert** A TREATISE ON MARINE ENGINES. London 1869. pp. 1-32.
- 10.- **Sennett, Ricard** MARINE STEAM ENGINE . London 1885.
pp. 18-23.
- 11.- **Allen, E.** DOBLE EXPANSIÓN. PRESENTACIÓN Y
RESULTADOS. 1868 INA
- 12.- **Sennett, Ricard** MARINE STEAM ENGINE . London 1885.
pp. 269-270.
- 13.- **Murray, Roberton** A TREATISE ON MARINE ENGINES. London 1869. pp. 55-ss.
- 14.- **Sennett, Ricard.** MARINE STEAM ENGINE. London 1885.
pp. 110-ss.
- 15.- **Murray, Robert** A TREATISE ON MARINE ENGINES. London 1869. pp. 26-ss.
- 16.- **Bertin, L. E.** MACHINES MARINES. Paris 1899. pp. 448 y ss.
- 17.- **Sennett, Ricard.** MARINE STEAM ENGINE . London 1885.
pp. 304-ss.
- 18.- **Murray, Robert** A TREATISE ON MARINE ENGINES. London 1869. pp. 31-32.
- 19.- **Haswell** Transactions INA 1869.
- 20.- **Sennett, Ricard.** MARINE STEAM ENGINE. London 1885.
pp. 538-570.
- 21.- **Caralp, Henry.** CHAUDIERS & MACHINES DE LA MARINE DE
GUERRE. Paris 1896. pp. 168-172.

NOTAS CAPITULO 5

- 1.- **Llorca, Carlos.** LOS BARCOS DE LA EMIGRACION. Alicante 1992. p 53.
- 2.- **Mazaudier, M.** GUIDE PRACTIQUE D'ARCHITECTURE NAVALE . Toulon 1835. pp. 476-477.
- 3.- **NATIONAL MARITIME MUSEUM.**
Planos de habilitación de *Great Britain* (1840)
- 4.- **NATIONAL MARITIME MUSEUM.**
Planos de habilitación del *Great Eastern* (1858)

- 5.- **McCluskie, Tom.** HARLAND & WOLFF 1998.
- 6.- **Illustrated London News.** THE NEW CUNARD SCOTIA Articulo del 22 / 03 / 1862.
- 7.- **MUSEO MARITIMO DE BARCELONA.** Primera información sobre Compañía Trasatlántica.
- 8.- **Llorca, Carlos.** LOS BARCOS DE LA EMIGRACION Alicante 1992.
- Garay Unibaso, Francisco.** CORREOS MARITIMOS ESPAÑOLES Bilbao 1987-1996
- 9.- **PARLAMENTO INGLÉS.** Acta1855 sobre transporte de pasajeros.

NOTAS CAPITULO 6

- 1.- **Medina, Pedro de.** REGIMIENTO DE NAVEGACION. Sevilla 1563. Libro I, Cap. 1º, p 1.
- 2.- **Rundell.** SOBRE MAGNETISMO 1866 INA.
- 3.- **Grantham.** HUNDIMIENTO LONDON Y AMALIA 1866 INA.
- 4.- **ARCHIVO COMPAÑÍA P&O.** Por gentileza del Historiador de la Compañía P&O. Mr. Stephen Rawson.
- 5.- **MUSEO MARITIMO DE BARCELONA.** Primera información sobre Compañía Trasatlántica.
- 6.- **Garay Unibaso, Francisco.** CORREOS MARITIMOS ESPAÑOLES. Bilbao 1987-1996. p-23.
- 7.- **Greenhill, Basil.** FIRST ATLANTIC LINERS. London 1997. p 135.
- 8.- **Roldán, Miguel y Chacón, Francisco** CARTILLA DE CONSTRUCCION Y MANEJO DE LOS BUQUES. Madrid 1831-1863. pp. 376-377.
- 9.- **PARLAMENTO INGLÉS.** Actas de 1848 y 1858.
- 10.- **Roldán, Miguel y Chacón, Francisco** CARTILLA DE CONSTRUCCION Y MANEJO DE LOS BUQUES. Madrid 1831-1863. pp. 378-379.

NOTAS CAPITULO 7

- 1.- **Spratt, H. Philip.** TRANSATLANTIC PADDEL STEAMERS. Glasgow 1951. pp. 56-57.
- 2.- **PARLAMENTO INGLÉS.** Acta Parlamentaria 1854.
- 3.- **Rundell.** FRANCOBORDO DE LIVERPOOL 1870 INA
- 4.- **Roldán, Miguel y Chacón, Francisco** CARTILLA DE CONSTRUCCION Y MANEJO DE LOS BUQUES. Madrid 1831-1863 pp. 378-379.
- 5.- **REGLAMENTO LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING PARA HIERRO Y MADERA DE 1870.**
- 6.- **REGLAMENTO REGISTER VERITAS PARA BUQUES DE HIERRO 1871.**
- 7.- **REGLAMENTO LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING PARA HIERRO Y MADERA DE 1870.**
- 8.- **REGLAMENTO LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING PARA HIERRO Y MADERA DE 1870.**
- 9.- **MUSEO NAVAL DE MADRID.** Información sobre cruceros de Ferrol 1888.
- 10.- **Halsted, Almirante.** ENSAYOS DE TIMÓN 1864 INA
- 11.- **Napier, R.** PRUEBAS TIMÓN 1864 INA
- 12.- **Russell. John Scott** CARENA TIPO OLA. 1860 y 1861 INA
- 13.- **Attwood, E.L.** Traducción Goity, J. BUQUES DE GUERRA. ARQUITECTURA NAVAL Barcelona 1911. pp. 206-ss.
- 14.- **Walton, Thomas.** STEEL SHIPS. London 1904. p 100.
- 15.- **Taylor, Almirante D. W.** RESISTANCE OF SHIPS AND SCREW PROPULSION. New York 1910. pp. 151-ss.
- 16.- **Murray, Robert** A TREATISE ON MARINE ENGINES London 1869. pp. 119-124.
- 17.- **Taylor, Almirante D. W.** RESISTANCE OF SHIPS AND SCREW PROPULSION. New York 1910. pp. 142-146.
- 18.- **Murray, Robert** A TREATISE ON MARINE ENGINES London 1869. pp. 129-132.
- 19.- **Sennett, Ricard.** MARINE STEAM ENGINE . London 1885 pp. 431-443.
- 20.- **Murray, Robert** A TREATISE ON MARINE ENGINES London 1869. p 16.
- 21.- **Spratt, H. Philip.** TRANSATLANTIC PADDEL STEAMERS. Glasgow 1951. p 75. Tabla IV.

- 22.- **Sennett, Ricard.** MARINE STEAM ENGINE . London 1885.
pp. 110-118.
- 23.- **Bertin, L. E.** MACHINES MARINES Paris 1899. pp. 36-37.
- 24.- **Murray, Robert** A TREATISE ON MARINE ENGINES London 1869. p 40.
- 25.- **Sennett, Ricard.** MARINE STEAM ENGINE . London 1885
pp. 102-105.
- 26.- **Sennett, Ricard.** MARINE STEAM ENGINE . London 1885. p 59.
- 27.- **Bertin, L. E.** MACHINES MARINES Paris 1899. p 453.
- 28.- **Greenhill, Basil.** FIRST ATLANTIC LINERS. London 1997. p 25.
- 29.- **REGLAMENTO REGISTER VERITAS PARA BUQUES DE HIERRO 1871.**
- 30.- **Roldán, Miguel y Chacón, Francisco** CARTILLA DE CONSTRUCCION Y MANEJO DE LOS BUQUES. Madrid 1831-1863.
pp. 86-89.
- 31.- **REGLAMENTO LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING PARA HIERRO Y MADERA DE 1870.**

NOTAS CAPITULO 8

- 1.- **Russell, John Scott** Transactions INA 1863.
- 2.- **Sennett, Ricard.** MARINE STEAM ENGINE. London 1885.
pp. 463-464
- 3.- **Thearle, Samuel.** SHIPBUILDING IN IRON AND STEEL. London & Glasgow 1886. pp. 14-15.
- 4.- **Thearle, Samuel.** SHIPBUILDING IN IRON AND STEEL. London & Glasgow 1886. pp. 25-26.
- 5.- **Russell, John Scott** SISTEMA LONGITUDINAL 1862 INA.
- 6.- **Thearle, Samuel.** SHIPBUILDING IN IRON AND STEEL. London & Glasgow 1886. pp. 47-48.
- 7.- **REGLAMENTO LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING PARA HIERRO Y MADERA DE 1870.**
REGLAMENTO REGISTER VERITAS PARA BUQUES DE HIERRO 1871.
- 8.- **Walton, Thomas.** STEEL SHIPS. London 1904. p18.

- 9.- **Attwood, E.L.** Traducción Goity, J. BUQUES DE GUERRA. ARQUITECTURA NAVAL. Barcelona 1911. pp. 74-79.
- 10.- **Murray, Robert** A TREATISE ON MARINE ENGINES. London 1869. p 68.
- 11.- **Griffiths, Denis.** BRUNEL'S SHIPS. London 1999. pp. 40-49.
- 12.- **Sennett, Ricard.** MARINE STEAM ENGINE . London 1885 p 464.
- 13.- **Airy, Astrónomo Real** HELICE TRANSVERSAL DE POPA 1864 INA.
- 14.- **Barnaby.** ENSAYOS REALES Y ENSAYOS CON MODELOS. TIMÓN ARTICULADO. HELICE TRANSVERSAL DE PROA 1863 INA.
- 15.- **Griffiths, Denis.** BRUNEL'S SHIPS. London 1999. pg 78.
- 16.- **Murray, Robert** A TREATISE ON MARINE ENGINES London 1869. p 14.
- 17.- **Sennett, Ricard.** MARINE STEAM ENGINE . London 1885 pp. 19-22.
- 18.- **Sennett, Ricard.** MARINE STEAM ENGINE . London 1885. p 67.
- 19.- **Griffiths, Denis.** BRUNEL'S SHIPS. London 1999. pg 131.
- 20.- **Sennett, Ricard.** MARINE STEAM ENGINE . London 1885 p 324.
- 21.- **Spratt, H. Philip.** TRANSATLANTIC PADDEL STEAMERS. Glasgow 1951. p 56.
- 22.- **Spratt, H. Philip.** TRANSATLANTIC PADDEL STEAMERS. Glasgow 1951. p 56.
- 23.- **Juan, Jorge.** EXAMEN MARITIMO Madrid 1771. p 342.
- 24.- **Gyou, E.** TEORIE DU NAVIRE. Paris 1887. pp. 81-87.
- 25.- **Monjó, Juan.** CURSO METODICO DE ARQUITECTURA NAVAL. Barcelona 1856 pp. 41-46.
- 26.- **Knowles, John.** NAVAL ARCHITECTURE London 1822. Pp 210-220.
- 27.- Experiencias del autor.

BIBLIOGRAFIA GENERAL

Airy, Astrónomo Real. SOBRE MAGNETISMO 1860-08 INA

Airy Astrónomo Real HELICE TRANSVERSAL DE POPA 1864 08
INA

Allen, E. DOBLE EXPANSIÓN. PRESENTACIÓN Y RESULTADOS
1868-06 INA

American Society of Marine Engineers (ASME). S. S. GREAT
BRITAIN. Hiistoric Landmark. New York 25/09/1984.

ARCHIVO COMPAÑÍA P&O

Por gentileza del Historiador de la Compañía P&O Mr. Stephen Rawson.

Información de características dimensionales y maquinaria de los 125 primeros barcos de la Compañía.

Attwood, E.L. Traducción Goity, J. BUQUES DE GUERRA.
ARQUITECTURA NAVAL
Ed. Imp. de Pedro Ortega. Barcelona 1911

Barnaby. ENSAYOS REALES Y ENSAYOS CON MODELOS. TIMÓN ARTICULADO. HELICE TRANSVERSAL DE PROA 1863 05 INA

Barnaby. PENDULO EQUIVALENTE A PERIODO DE BALANCE 1867-02 INA

Belcher. TIMONES COMPENSADOS 1870-21 INA

Bertin, L. E. MACHINES MARINES
Ed. E. Bernard. Paris 1899

Bourchier, Oficial de Marina. ARTEFACTOS FLOTANTES 1869 -12 INA

Cal, Antonio. TEORIA DEL BUQUE.
Ed. Imp. de El Correo Gallego, Ferrol 1902.

Caralp, Henry. CHAUDIERS & MACHINES DE LA MARINE DE GUERRE.
Ed. Agustin CHALLAMEL. Paris 1896

Cunningham, Almirante H D P. SOBRE LA SIMPLIFICACIÓN DEL APAREJO EN BARCOS DE VAPOR. 1862-11 INA

Dejust, J. MACHINES A VAPEUR ET MACHINES TERMODINAMIQUES DIVERSES.
Ed. V^e Ch. DUNOD. Paris 1899

Demoulin, Maurice. PAQUEBOTS A GRANDE VITESSE.
Ed. LIBRAIRIE HACHETTE ET C^{le}. Paris 1887.

Dirección de Hidrografía. DERROTERO DE LAS ANTILLAS Y DE LAS COSTAS DE ESTADOS UNIDOS.
Ed. IMPRENTA NACIONAL. Madrid 1858.

Dudgeon J&W:(Astilleros). PARÁMETROS DE BARCOS. 1865-22
INA

Echegaray, Rafael G. EL ASTILLERO DE SAN MARTIN
Ed. ASTILLEROS DEL ATLANTICO S.A. Santander 1979.

Fairbairn, Willians DIMENSIONES EXTREMAS EN BUQUES
1866-03 INA

Fernández Flórez, Ignacio. EL ASTILLERO DE FERROL.
Ed. Establecimiento Tipográfico de R. PITA. Ferrol 1887.

Fernández Navarrete, Martín. HISTORIA DE LA NAUTICA Y DE LAS CIENCIAS MATEMATICAS.
Ed. REAL ACADEMIA DE LA HISTORIA. Madrid 1846.

Flimm, J. FABRICACIONES METALICAS SIN ARRANQUE DE VIRUTA.
Ed. Ediciones URMO. Bilbao 1966.

Flimm. J. CONSTRUCCIONES METALICAS REMACHADAS Y SOLDADAS
Ed. Ediciones URMO. Bilbao 1966.

Franzen, Anders. EL VASA. NAVIO DE GUERRA.
Ed. NORSTEDTS FACKBOKSAVDELNING. Estocolmo 1966

Froude. PERIODO DE BALANCE 1865-18 INA

Fyfe, Charles F. A. STEAMSHIP COEFICIENTS. SPEED AND POWERS.
Ed. E & F SPON, Limited. London 1920.
Ed. SPON & CHAMBERLAIN. New York 1920.

Garay Unibaso, Francisco Fernando. CORREOS MARITIMOS ESPAÑOLES
Ed. Mensajero. Bilbao 1987-1996

Grantham. HUNDIMIENTO LONDON Y AMALIA 1866-04 INA

Greenhill, Basil. FIRST ATLANTIC LINERS.
Ed. Conway Maritime Press. London 1997.

Griffiths, Denis. BRUNEL'S SHIPS.
Ed. CHATHAM PUBLISHING. London 1999.

Gumpel. ENSAYOS TIMONES EN BUQUES DE GUERRA 1870-20
INA.

Gyou, E. TEORIE DU NAVIRE
Ed. Berger-Levrault. Paris 1887.

Halsted, Almirante. ENSAYOS DE TIMÓN 1864 09 INA

Haswell. ELECCION ANCLAS Y CADENAS 1866 23 INA

Haswell. "GRUPOS DE EMERGENCIA". 1869-15 INA

Illustrated London News. THE NEW CUNARD SCOTIA Articulo del
22 / 03 / 1862

Inglefield, Oficial R.N. SERVOMOTOR HIDRAULICO. 1869 07 INA

Juan, Jorge. EXAMEN MARITIMO
Imprenta de D. FRANCISCO MANUEL DE MENA. Madrid 1771

Knowles, John. NAVAL ARCHITECTURE
Ed. W. Simpkin and R. Marshall. London 1822

Lamport, Charles. CARENA EN U. 1865-09 INA

Llorca, Carlos. LOS BARCOS DE LA EMIGRACION
Ed. C. Llorca. Alicante 1992.

Loon, H. van. HISTORIA DE LA NAVEGACION
Ed. LUIS MIRACLE. Barcelona 1936

Lumley, Henrry. TIMONES ARTICULADOS 1864 13 INA

LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING
Barcos extraños del s.XIX.

Mac Farlane Gray, John. TRANSMISIÓN DE RUEDA A TIMÓN 1869-08 INA

Maddock, Melvin. LOS GRANDES TRASATLANTICOS
Ed. Ediciones Folio S.A. Barcelona 1996.

Mazaudier, M. GUIDE PRACTIQUE D'ARCHITECTURE NAVALE .
Ed. BELLUE, LIBRAIRE-EDITEUR. Toulon 1835.

McCluskie, Tom. HARLAND & WOLFF.
Ed. Conway Maritime Press. London 1998.

Medina, Pedro de. REGIMIENTO DE NAVEGACION
Impreso en Sevilla 1563.

Mitzlaff, Gustav. FRANCOBORDO, PROPUESTAS DE
MODIFICACIÓN ALEMANAS 1872-07 INA.

Mollet Pages, Salvador. DESVIO DE LA AGUJA MAGNETICA
ESTABLECIMIENTO TIPOGRAFICO DE E. BOTA. Manila 1892.

Monjó, Juan. CURSO METODICO DE ARQUITECTURA NAVAL.
IMPRENTA DE JOSE TAULO. Barcelona 1856.

Murray, Robert A TREATISE ON MARINE ENGINES AND STEAM
VESSELS
Ed. CROSBY LOCKWOOD & CO. London 1878.

MUSEO MARITIMO DE BARCELONA
Primera información sobre Compañía Trasatlántica

MUSEO NAVAL DE MADRID
Información sobre cruceros de Ferrol 1888

Napier, R. PRUEBAS TIMÓN 186410 INA

NATIONAL MARITIME MUSEUM
Planos de habilitación de *Great Britain* (1840)
Planos de habilitación del *Great Eastern* (1858)

PARLAMENTO INGLÉS
Actas 1854 sobre marina mercante
Acta 1852-55 sobre transporte de pasajeros

Pollard, J. et Didebout, A. TEORIE DU NAVIRE
Ed. GAUTHIER-VILLARS ET FILS, IMPRESEURS-LIBRAIRES
Paris 1890

Real Liga Naval Española HISTORIA DE LAS CUATRO MARINAS
ESPAÑOLAS.
Ed. Silex Ediciones S.L. Madrid 2003.

Reed, Sir Edward J. STABILITY OF SHIPS.
Ed. Charles Griffin and Company. London 1885.

Reeds RESBALAMIENTO NEGATIVO. RESULTADO DE LAS PRUEBAS LLEVADAS A CABO EN BUQUES DE GUERRA. 1866-14 INA

REGLAMENTO LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING PARA HIERRO Y MADERA DE 1870

REGLAMENTO REGISTER VERITAS PARA BUQUES DE HIERRO 1871

REGLAMENTO REGISTER VERITAS PARA BUQUES DE MADERA 1871

Renard, Leon. LAS MARAVILLAS DEL ARTE NAVAL
Ed. LIBRERIE DE L. HACHETTE. Paris 1866

Roldán, Miguel y Chacón, Francisco CARTILLA DE CONSTRUCCION Y MANEJO DE LOS BUQUES.
IMPRENTA DE TON FORTANET Madrid 1877.

Rundell. FRANCOBORDO DE LIVERPOOL 1870-04 INA

Rundell. SOBRE MAGNETISMO 1866-20 INA

Russell. John Scott CARENA TIPO OLA. 1860-15 y 1861-12. INA.

Russell, John Scott SISTEMA LONGITUDINAL 1862 16 INA

Russell, John Scott FORMACION DE LOS INGENIEROS NAVALES EN INGLATERRA Y EN FRANCIA 1863 12 INA.

Selwyn. COMBUSTIBLE LIQUIDO. 1870-15 INA

Sennett, Ricard. MARINE STEAM ENGINE .
Ed. LONGMANS, GREEN AND CO. London 1885

Spratt, H. Philip. TRANSATLANTIC PADDEL STEAMERS.
Ed. BROWN, SON & FERGUSON, LIMITED. Glasgow 1951

Taylor, Almirante D. W. RESISTANCE OF SHIPS AND SCREW PROPULSION
Ed. THE MACMILLAN COMPANY. New York 1910

Thearle, Samuel. J. P. SHIPBUILDING IN IRON AND STEEL.
Ed. WILLIAM COLLINS, SONS, & COMPANY, LIMITED.
London & Glasgow 1886

TRANSACTIONS INA 1860-1872

Conferencias anuales del Instituto de Ingenieros Navales Inglés,
situadas por autor e indicadas con INA

Tyler, Frank. HISTORIA DE LA NAVEGACIÓN A VELA
Ed. ULTRAMAR EDITORES, S.A. Barcelona 2000

Universidad de Mareantes VOCABULARIO MARITIMO
Imprenta Castellana y Latina de los Herederos de Thomas López de Haro. Sevilla 1722

Vallarino, Baltasar. ARTE DE APAREJAR Y MANIOBRAS DE LOS BUQUES.
Imprenta de D. JOSE FELIX PALACIOS Madrid 1842.

Walton, Thomas. STEEL SHIPS.
Ed. CHARLES GRIFFIN & COMPANY, LIMITED. London 1904.

Wye Williams, Charles. ESTUDIO DE COMBUSTIÓN DE
DIFERENTES CARBONES EN BUQUES, PARÁMETROS 1862-12
INA