Ingeniería Naval

REVISTA TECNICA

ORGANO OFICIAL DE LA ASOCIACION DE INGENIEROS NAVALES

Fundador: **AUREO FERNANDEZ AVILA**, Ingeniero Naval

Director: **JUAN MANUEL TAMAYO ORELLANA**, Ingeniero Naval

AÑO XIX — MADRID, NOVIEMBRE DE 1951 — NÚM. 197

Sumario

Págs.

Aleaciones ligeras en construcción naval, por *Antonio Arévalo Pelluz*, Ing. Naval. 528
Notas sobre aislamiento de corcho en bodegas refrigeradas, por *Juan Fernández de Palencia y Roc*, Ingeniero Naval ... 545
Técnica de los portaaviones en 1950, por *Pierre Barjot*, Vicealmirante ... 548

INFORMACION LEGISLATIVA

Decreto-ley de 26 de octubre de 1951 por el que se crea la Dirección General de Industrias Navales, dependiente del Ministerio de Industria ... 558

INFORMACION PROFESIONAL

El coste del degaste de las camisas ... 560
El alto coste de los barcos ... 560
Destructor propulsado por energía atómica ... 561
Canoas de fibra de vidrio ... 561

Revista de Revistas ... 562

INFORMACION GENERAL

Extranjero.—Alemania podrá producir sin límites ... 579
La competencia en la construcción naval ... 579
Planes para la flota mercante de Alemania oriental ... 579
Japón tiene 145 barcos mercantes ... 579
Los grandes paquebotes norteamericanos ... 579
El supertransatlántico "United States" ... 579
Problemas de construcción naval en el Japón ... 580
Botadura del destructor inglés "Duchess" ... 580
Botadura de los submarinos americanos "SSK 2" y SSK 3" ... 580
Salvamento de un submarino enano alemán en el Ammersee (lago Ammer) ... 580
Declaraciones del Ministro de Defensa italiano ... 580
Cesión de buques americanos a la Marina griega ... 581
Modernización del crucero sueco "Göta Lejon" ... 581
Fragatas rápidas antisubmarinas ... 581
El submarino "Affray" ... 582
Nuevas construcciones para la Marina canadiense ... 582

Nacional.—Asociación de Ingenieros Navales.—IV Congreso de Ingeniería Naval ... 582
Se restaura en vigo un importante cargadero mecánico ... 582
Buques para transporte de emigrantes ... 582
Pruebas de mar y entrega del "Castillo de Montjuich", reconstruído ... 583

Dirección y Administración: Escuela Especial de Ingenieros Navales—Ciudad Universitaria—. Apartado de Correos 457. — Teléfono 23 26 51

Suscripción: Un año para España, Portugal y países hispanoamericanos, 100 ptas. Demás países, 130 ptas.

NOTAS.—No se devuelven los originales. Los autores son directamente responsables de sus trabajos. Se permite la reproducción de nuestros artículos indicando su procedencia.

ALEACIONES LIGERAS EN CONSTRUCCION NAVAL *

POR

ANTONIO AREVALO PELLUZ

INGENIERO NAVAL

1. Introducción.

Se observa una tendencia general en todas las industrias a producir artículos de la mejor calidad a los precios más bajos posible. Esta tendencia se ve reforzada por la escasez de productos, por la competencia, por la elevación de precios de las materias primas y por la subida de los jornales; todo lo cual obliga a construir elementos de la más alta calidad, cuya utilización y explotación económica conduzca a rendimientos óptimos que sirvan de compensación a la penuria de productos y justifiquen las elevadas inversiones necesarias para su adquisición.

Esto se aplica, de manera especial, a la industria naval: la reducción del tonelaje mundial de buques, el progreso de la técnica, las crecientes y nuevas exigencias en los servicios a bordo, unido al alza del coste de construcción, son los factores que más influyen sobre los programas de nuevas construcciones navales de esta postguerra.

La compensación económica ante el aumento de los costes derivados de la subida de precios de los materiales y del incremento de los jornales, así como de la mejora de las instalaciones, sólo puede conseguirse por la elevación del rendimiento de los buques, y, para conseguir esto, la única solución aceptable es la reducción de los pesos no productivos.

Los progresos realizados en este camino desde la primera guerra mundial han sido notables, habiendo contribuído especialmente a ello la introducción y adopción de nuevos sistemas constructivos, el empleo de aceros de alta resistencia, la utilización de la soldadura en la construcción del casco y elementos de la maquinaria, la fabricación de máquinas propulsoras ligeras y extraligeras y la reducción de los consumos específicos de combustible por el mejoramiento del proyecto de la maquinaria.

Constituye, sin duda, una prometedora vía de avance en este sentido la utilización de materiales ligeros, en especial las aleaciones de aluminio en la construcción del casco, de la maquinaria y de gran número de accesorios. La continua aparición de publicaciones tratando este tema en las revistas técnicas de todo el mundo, demuestra claramente el gran interés que este problema despierta en la actualidad en los países de técnica naval avanzada. La inclusión en los últimos reglamentos de las Sociedades de Clasificación de normas preliminares para la aplicación de las aleaciones ligeras en la construcción naval, significa la introducción definitiva de estos materiales en la construcción del casco de los buques.

* Del II Congreso Nacional de Ingeniería y escrito por su autor dos años antes.

Por estas razones, creemos de interés dar a conocer, de la forma más completa posible, dentro de la obligada limitación de tiempo y espacio en una Memoria de esta naturaleza, el estado actual de este problema, concretándolo particularmente a la estructura del casco, por su mayor importancia y por ser la cuestión que se debate en el momento presente.

2. Aleaciones ligeras.

Entre los metales de peso específico reducido, sólo el aluminio y el magnesio poseen propiedades de valor para la técnica; pero este último sólo interesa, en la actualidad, como metal de adición para constituir diversas aleaciones, a causa de sus pobres cualidades mecánicas y físicas, de suerte que, por el presente, únicamente el aluminio reúne características adecuadas para su empleo en construcción naval, tanto en estado puro como formando aleaciones varias. La aportación de determinados metales para constituir las diversas aleaciones del aluminio mejora de manera notable sus características mecánicas y permite su utilización como material de construcción resistente, pudiendo sustituir con ventaja, en muchos casos, al acero.

La obtención industrial del aluminio se hace, en general, por electrolisis de la alúmina, Al_2O_3, que se obtiene del mineral bauxita por refinamiento químico [1]. Puede obtenerse con un grado de pureza del 99,996 por 100, aunque, industrialmente, se usa el aluminio con pureza de 99,5-99,7 por 100 [2].

El Al puro no tiene resistencia mecánica elevada, pues su carga de rotura es $\simeq$ 10 kg mm^2, pero tiene buen alargamiento y una gran resistencia a la corrosión, junto con una alta conductividad eléctrica [3]. Por esta razón, su empleo está indicado en multitud de aplicaciones en las que el ahorro de peso es fundamental y no se precisa resistencia mecánica y en toda clase de instalaciones eléctricas.

Por la adición de otros metales, en especial Cu, Si, Mn, Mg y Zn, se consiguen aleaciones de Al que, según las proporciones y el tratamiento, mejoran notablemente la resistencia, aunque el alargamiento y resistencia a la corrosión se empeoran; pero se obtienen aleaciones que pueden sustituir al acero eficazmente y que son de gran valor para la técnica en general.

Algunas de estas aleaciones, a causa de su estructura cristalina, admiten tratamiento térmico, que puede mejorar aún más sus características mecánicas. Estas son, principalmente, las aleaciones de Al con Cu y Mg, las cuales, además, pueden mejorarse sin tratamiento posterior, sólo por el envejecimiento natural.

Existe en el mercado una gran cantidad de aleaciones de aluminio, habiéndose desarrollado en los países productores una amplia variedad de tipos cuya composición y características, unas veces coincidentes, son en otros casos dispares, debido, probablemente, a distintos criterios de concepción a preferencias particulares, o a prácticas tradicionales. Hasta que no se desarrollaron los modernos métodos de obtención del Al por electrolisis, sus aplicaciones fueron muy limitadas, alcanzándose la plena madurez durante los últimos treinta años, y, muy especialmente, en la última decena. Figuró Alemania en primer término como el país que más atención prestó a estas aleaciones, a consecuencia, sin duda, de ser la nación descubridora del Al [4] y por su interés por nuevos materiales de valor industrial, tanto para las construcciones civiles como para las militares. Sin embargo, los progresos realizados por otras naciones en la industria del Al, principalmente en EE. UU. y en Inglaterra, son tan importantes o mayores, hoy día, como los conseguidos en Alemania. En estos países y en los de una organización industrial fuerte, existen sociedades especiales constituídas para dirigir, estimular y orientar la producción de aleaciones ligeras, de una importancia semejante a la de sus Institutos del Hierro y del Acero, convencidos del elevado valor que en la industria moderna tienen los nuevos materiales ligeros. Aparte de

[1] La bauxita contiene del 55-60 por 100 de Al_2O_3, siendo el resto, aproximadamente, 28 por 100 de óxido de hierro, 4 por 100 de cuarzo y agua.

Como la temperatura de fusión de la arcilla de alúmina es de 3.000° C, se mezcla ésta con criolita (fluoruro de Al y Na 3 NaF Al F_3), siendo la temperatura de fusión de la mezcla de 900° C.

De 4 t de bauxita se obtienen 2 t de alúmina y de ésta 1 t de Al; consumo, 20.000 kWh, aproximadamente.

[2] Impurezas principales Fe, Si y algo de Cu, Zn y Ti. Ver DIN, 1, 712.

[3] A igualdad de peso, la conductividad eléctrica del aluminio es, aproximadamente, dos veces la del Cu. Resistividad eléctrica, 2,6548 microhm . cm; conductividad, 38,16 $\frac{m}{\Omega\, mm}$

[4] En 1827, por Federico Woehler.

las normas particulares de diversas Asociaciones de fabricantes, las organizaciones nacionales de normas han redactado las correspondientes a las aleaciones del aluminio, semejantes a las de los materiales pesados. Las más importantes y completas son las normas DIN y las de la ASTM [5], que serán las que utilizaremos en el curso de esta Memoria.

Las aleaciones de Al—tanto las fundiciones como los laminados—se clasifican, generalmente, en grupos, atendiendo al metal o metales de adición. Los laminados admiten otra clasificación según que sus características mecánicas sean obtenidas por trabajo en frío o por tratamiento térmico.

En los cuadros 1 y 2, que se insertan a continuación, se indican los grupos de aleaciones de Al más importantes.

CUADRO 1.

Clasificación de las aleaciones de Al por grupos, según los componentes básicos [6].

1. Laminados:	Al - Cu - Mg
	Al - Cu - Ni
	Al - Cu
	Al - Mg - Si
	Al - Mg
	Al - Mg - Mn
	Al - Si
	Al - Mn
2. Fundiciones:	Al - Cu
	Al - Zn - Cu
	Al - Cu - Ni
	Al - Si
	Al - Si - Cu
	Al - Si - Mg
	Al - Mg
	Al - Mg - Si

CUADRO 2.

Clasificación de las aleaciones de Al para laminados, según el tratamiento empleado.

1. Endurecidas en frío:	Al - Mg
	Al - Mg - Mn
	Al - Mn
2. Tratadas por calor:	Al - Cu - Mg
	Al - Cu - Ni
	Al - Cu
	Al - Si
	Al - Mg - Si

[5] ASTM. *American Society for Testing Materials.*

[6] Detalles de las proporciones y características más importantes pueden verse en el apéndice 1, donde se reproduce la DIN 1.713. Aleaciones de Aluminio. Clasificación y un resumen de las especificaciones de la ASTM, B 26-37 T, B 85-39 T, B 108-38 T, B 25-38 T, B 79-38 T, B 109-38 T, B 89-36 T y B 78-36 T. Aluminium alloys.

Según las especificaciones de la ASTM, las aleaciones de aluminio para fundiciones se clasifican por las formas de moldeo, bien sea éste de arena, en moldes permanentes o por inyección, de acuerdo con las normas B 26-37 T, B 108-38 T y B 85-39 T, respectivamente.

Las aleaciones fundamentales del primer grupo son las de Al - Cu y Al - Si, con algunas adiciones para mejorar, según los casos, las cualidades del moldeo o las características físicas. A las del segundo grupo, principalmente las de Al - Si, Al - Cu y Al - Cu - Si, se les exige que no sufran contracciones al enfriarse. En cuanto a las del tercer grupo, han de ser muy flúidas y estar libres de contracciones, por lo que se utilizan casi exclusivamente las aleaciones de Al - Si.

Para trabajos de moldería en general, la aleación más usada en EE. UU. es la de Al - Cu, con 8 por 100 de Cu; la adición de Si y Fe mejora sus características de fundición, especialmente la contracción; el maquinado se mejora añadiéndole Zn. Las aleaciones con 4 por 100 de Cu son más débiles, pero admiten tratamiento térmico y son más resistentes a la corrosión. Las de 12 por 100 de Cu son más fuertes que las de 8 por 100 de Cu y de poros más finos; la adición de Mg permite mantener su resistencia y dureza hasta relativamente altas temperaturas, por lo que antes se empleaban en la fabricación de pistones para motores. Las aleaciones de Al - Si reúnen excelentes condiciones de fundición y buena resistencia a la corrosión; no contraen, pero son algo difíciles de maquinar, siendo la más usada la de 5 por 100 de Mg. En Alemania y países continentales la aleación más empleada en trabajos generales en molde de arena es la de Al - Cu - Zn, tanto por sus buenas cualidades de fundición como por las facilidades de maquinado, pero no son resistentes a temperaturas elevadas, a causa del contenido de Zn; tienen alta resistencia y ductilidad, sin necesidad de tratamiento térmico.

Para trabajos de fundición en coquilla, las más extendidas son las aleaciones de Al - Si, Al - Cu y Al - Cu - Si. Su empleo más frecuente es en la fabricación de pistones para motores, por su buen comportamiento a altas temperaturas.

En fundiciones para inyectar, la tendencia actual es hacia el uso casi exclusivo de las aleaciones de Al - Si.

CUADRO 3.

Denominación y propiedades de las aleaciones de aluminio más importantes.

Grupo	Denominación comercial	Resistencia a la tracción kg mm²	Alargamiento en la rotura %	Dureza Brinell kg mm²	Propiedades y aplicaciones
Laminados:					
Al - Cu - Mg	Duraluminio, bonduraludur, heddur, igedur, avional, ulminio.	16-58	15-5	120-150	Alta resistencia; empleo en construcción de aviones; en buquqes deben utilizarse placados.
Al - Cu - Ni	Aleación Y, ihduminio, duraluminio W.	16-42	25-8	100-120	Alta resistencia al calor.
Al - Cu	Lautal, allautal (placado).	16-50	25-2	50-140	Construcción de máquinas.
Al - Mg - Si	Pantal, duraluminio K, Aldry 533, corrofestal, anticorrodal, polit a l, ulmal, legal.	11-42	27-2	30-120	Construcción de automóviles y buques; accesorios y piezas forjadas.
Al - Mg	BS - Seewasser, duranalium, hydronalium, peraluman 7.	19-46	26-8	95-100	Buena resistencia mecánica y a la corrosión, construcción naval, automóviles y aviones, estructura.
Al - Mg - Mn	KS - Seewasser, duranalium, heddenal, peraluman.	16-38	25-2	50-90	Buena resistencia a la corrosión. Construcción naval, automóviles y aviones; revestimientos y alojamientos.
Al - Si	Siluminio.	12-25	25-2	40-80	Buena resistencia a la corrosión; aparatos químicos.
Al - Mn	Mangal, heddal, aluman.	10-25	25-2	40-80	Resistencia a la corrosión como el Al puro, pero más resistencia mecánica.
Fundiciones:					
Al - Cu	Aleación americana.	12-20	4-0,5	60-100	Resistencia al calor; trabajos de fundición en general.
Al - Zn - Cu	Aleación alemana.	12-20	4-0,5	60-100	Buenas cualidades de fundición, escasa resistencia al calor; cárters de motores, cigüeñales y elementos de máquinas.
Al - Si	Siluminio.	17-26	8-3	50-80	Aleación eutéctica con excepcionales cualidades de fundición, libre de tensiones internas; fundición de piezas complicadas; buena soldabilidad.
Al - Mg	Neural, KS - Seewasser, Hydronalium, titan-Seewasser, duranalium.	14-28	8-15	40-90	Resistencia mediana; piezas sometidas a los agentes exteriores.
Al - Si - Mg	Siluminio β.	25-32	4-0,7	80-110	Buenas características mecánicas; piezas importantes de máquinas y motores.
Al - Mg - Si	Pantal 5, polital, anticorrodal.	13-30	3-5	60-100	Mediana resistencia mecánica y a la corrosión; herrajes, válvulas y accesorios.

CUADRO 4.

Características de las principales aleaciones de aluminio para laminados.

Aleación	Estado [1]	Denominación	Carga de rotura kg mm²	Límite de fluencia 0,2 [2] kg mm²	Alargamiento [7] %	Dureza Brinell [8] kg mm²
Alemanas:						
Aluminio 99 %	W	99 W	7-11	—	40-30	15-25
	½ H	99 H ½	10-15	9-11	10-6	25-35
	H	99 H	15-20	14-18	8-4	35-45
Duraluminio	A	681 B	38-42	26-28	18-15	106-118
	H	681 B	45-48	32-34	12-10	119-131
	A	681 Z B	42-44	28-30	18-15	112-124
	H	681 Z B	46-48	36-38	12-10	129-141
	A	DM 31	46-48	32-34	15-12	119-131
	H	DM 31	50-52	40-42	12-10	134-146
Bondur	W	17/65 W	18-22	—	25-15	—
	V	17/65 V	40-44	26-30	23-16	100-125
	V N	17/65 V N	44-50	32-36	15-10	125-145
	W	17/69 W	18-22	—	20-15	50-60
	V	17/69 V	44-48	32-34	18-14	115-130
	V N	17/69 V N	48-54	38-42	14-10	130-150
Aleación Y		Y	36	22	15	—
Lautal	W	14 W	16-22	—	25-15	—
	U	14 U	30-36	16-19	25-15	70-90
	V	14 V	38-42	20-24	25-18	100-120
	V N	14 V N	42-50	30-40	10-2	120-140
Pantal	W	19 W	11-13	—	25-20	30-40
	½ H	19 H ½	16-20	10-14	10-5	40-50
	H	19 H	18-23	16-20	6-4	50-60
	V	19 V	30-35	18-25	15-12	70-95
	V N	19 V N	36-42	33-36	10-2	100-120
Anticorrodal [3]	W	W	11-13	6-7	27-25	30-38
	W	W	15-18	6-7	25-22	28-30
	½ H V	A	25-28	14-18	20-18	70-75
	½ H V	A	25-30	16-20	18-15	65-75
	H V	B	32-36	27-30	14-11	90-100
	H V	B	30-33	25-30	12-10	90-100
	V N	C	36-42	33-38	10-2	100-120
	Ho	H	20-25	12-15	22-18	45-50
Polital	½ H	—	23-26	12-14	23-20	59-71
BS-Seewasser	W	63 W	33-36	15-20	23-20	75-90
	H	63 H	45-55	38-45	6-3	115-135
Duranalium	W	7 W	20-36	15-20	24-18	76-94
	½ H	7 H ½	35-40	25-30	20-15	91-109
	H	7 H	40-44	32-36	9-4	111-129
	W	9 W	38-42	18-22	24-18	86-104
	½ H	9 H ½	40-45	28-32	20-15	101-119
	H	9 H	42-45	35-38	9-4	116-134
Hydronalium [3]	P	H y 5	23-25	9-10	16-22	55-60
	P	H y 7	31-35	15-18	16-22	70-75
	W	H y 7	31-36	15-18	16-22	—
	P	H y 9	36-40	16-19	16-22	80-85
	½ H	H y 9	39-42	27-30	7-12	—
	W	H y 9	36-40	20-22	16-20	—
	F	H y 10	38-42	20-24	12-18	90-95
KS-Seewasser	W	61 W	16-20	8-10	25-15	45-55
	½ H	61 H ½	20-24	12-18	8-4	55-65
	H	61 H	24-32	20-25	5-2	65-75
Siluminio	W	31 W	13-16	6-8	25-15	40-55
	½ H	31 H ½	16-20	12-15	10-2	50-60
	H	31 H	20-25	15-18	5-2	60-80
Mangal						
	W	41 W	9-12	—	30-20	20-25
	½ H	41 H ½	12-18	10-15	15-5	35-45
	H	41 H	18-25	16-20	5-2	45-60

Aleación	Estado [1]	Denominación	Carga de rotura kg mm²	Límite de fluencia 0,2 [2] kg mm²	Alargamiento [7] %	Dureza Brinell [8] kg mm²
Americanas [9]:						
Aluminio puro	O	25	9	3,5	35	23
	½ H		12	10	9	32
	H		17	15	5	44
35	O	35	11	4	30	28
	½ H		15	12	8	40
	H		20	17	4	55
45	O	45	18	7	20	45
	½ H		24	19	9	63
	H		28	24	5	77
52 S	O	52 S	20	10	25	45
	½ H		26	20	10	67
	H		29	25	7	85
56 S	O	56 S	30	13	25	—
	½ H		36	25	10	—
	H		40	32	7	—
17 S (Duraluminio)	O	17 S	18	7	20	45
	T		42	26	20	100
	R T		46	33	13	110
11 S	T 3	11 S	35	30	—	95
14 S	T	14 S	46	36	10	130
18 S	T	18 S	39	25	10	100
24 S	O	24 S	18	7	20	42
	T		48	31	19	105
	R T		49	39	13	116
25 S	T	25 S	39	21	16	100
51 S	O	51 S	11	4	16	100
	W		25	14	24	64
	T		34	28	14	95
A 51 S	W	A 51 S	31	24	14	90
53 S	O	53 S	11	5	25	26
	W		23	14	22	65
			27	23	14	80
61 S	—	61 S	30	25	10	—
	—	61 S	27	25	10	—
Inglesas:						
A. W. 4 A [4]	Laminado	A. W. 4 A	17	—	18	—
A. W. 4 C [5]	Blando	A. W. 4 C	17	—	18	—
	½ H		24	19	5	—
A. W. 5 A [4]		A. W. 5 A	22	9	18	—
A. W. 5 C [5]	Blando	A. W. 5 C	22	11	18	—
	½ H		28	24	5	—
A. W. 6 A [4]		A. W. 6 A	25	13	18	—
A. W. 6 C [5]	Blando	A. W. 6 C	27	13	18	—
	½ H		31	27	5	—
A. W. 10 A [6]		A. W. 10 A	20	11	15	—
A. W. 10 B [6]		A. W. 10 B	28	24	10	—
A. W. 10 D [5]		A. W. 10 D	22	11	15	—
A. W. 10 E [5]		A. W. 10 E	31	24	8	—

[1] Significado: W, recocido; ½ H, semi-duro; H, duro; A, afinado; Ho, homogeneizado; U, no maleable.
En las aleaciones inglesas, el límite de fluencia es medido al esfuerzo $\sigma_{0,1}$.
En las aleaciones de igual denominación, los valores superiores sirven para planchas y los inferiores para perfiles.
[4] Perfiles.
[5] Planchas.
[6] Redondos.
[7] En las aleaciones inglesas y americanas, medido sobre 2 pulgadas; en las alemanas, según la DIN 1.605.
[8] Carga de la bola, $P = 500$ kg.
[9] Denominación según la Aluminium Co. of America.

Por lo que se refiere a las aleaciones de Al para laminados, en particular aquellas de interés en construcción naval, debe considerarse no solamente sus características mecánicas, sino también su resistencia a la corrosión. En general, las aleaciones de Al con Cu ofrecen escasa resistencia a los agentes exteriores, por lo que deben emplearse placadas: las más importantes son las del grupo Al - Cu - Mg, de gran resistencia mecánica. Las aleaciones de Al - Mg, con relativamente alto contenido en Mg, tienen una gran resistencia a la corrosión, junto con buenas características mecánicas, siendo, por consiguiente, las más indicadas para su utilización en construcción naval. Las de Al - Mg - Mn tienen parecidas características. Ambas no admiten tratamiento térmico, siendo afectadas en mayor o menor grado por la temperatura [7].

La denominación comercial de las principales aleaciones de Al, según los grupos de la clasificación de la DIN 1.713, se da en el cuadro número 3, junto con sus características más importantes y sus aplicaciones.

Las cifras de resistencia dependen del estado de la aleación y de las proporciones de los componentes. Los detalles particulares de cada aleación se indican en el cuadro 4, que solamente se refieren a los laminados.

Respecto a los valores del límite de fluencia dados en el cuadro, debe hacerse observar que en estas aleaciones, así como en muchas de las aleaciones de metales no férreos, este límite no está bien destacado en los ensayos de rotura, no existiendo en la curva de deformaciones-esfuerzos (fig. 3) el pico de discontinuidad característico en los ensayos con probetas de acero; se adopta como límite de fluencia, por esto, un esfuerzo convencional correspondiente a una cierta deformación permanente, generalmente el 0,2 por 100 de la longitud original [8].

Las normas preliminares del Lloyd's Register of Shipping para aplicación de las aleaciones ligeras en construcción naval, especifican las características y composición a que deben ajustarse estos materiales, como se resume en el cuadro 5.

CUADRO 5.

Normas del Lloyd's Register of Shipping para aplicación de aleaciones de aluminio en construcción naval.

	Porcentajes máximos admisibles	
	Aleaciones que admiten tratamiento térmico	Aleaciones trabajadas en frío
1. Composición química.		
Cu	0,10	0,10
Mg	1,50	5,50
Fe	0,60	0,75
Si	1,30	0,60
Mn	1,00	1,00
Cr	0,50	0,50
Zn	0,30	0,10
2. Resistencia mecánica.		
$\sigma_{0,1} = 12,6$ kg mm^{-2} (8 tons por sq. in.)		
$\sigma_R = 26,8$ kg mm^{-2} (17 tons por sq. in.)		
$\delta = 10$ por 100 para $= 8$ in.		

De la observación de las cifras del cuadro 4 se desprende que se dispone de gran número de aleaciones de Al que poseen características mecánicas comparables a las del acero y, por consiguiente, puede hacerse la sustitución de este material por aquéllas, con notable economía de peso. Sin embargo, ambos materiales difieren,

[7] Las curvas de las figuras 1 y 2 muestran la influencia de la temperatura sobre la resistencia en las aleaciones Al - Mg - Mn, dura, y Al - Mg 9, dura, respectivamente.

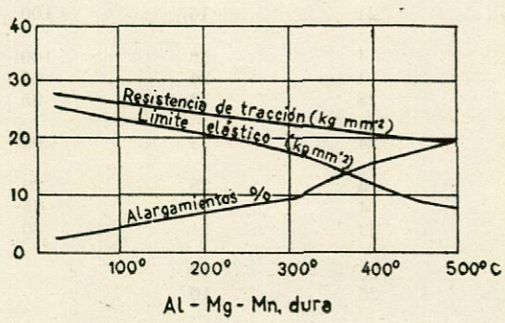


Fig. 1.

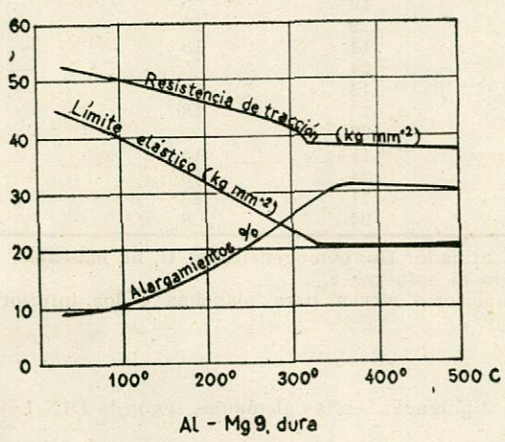


Fig. 2.

[8] Designación, $\sigma_{0,2}$. En Inglaterra se toma $\sigma_{0,1}$.

esencialmente, en un punto que es en el valor del módulo de elasticidad, ya que en las aleaciones de Al vale

$$E_{al} = 650\,000 - 750\,000 \text{ kg cm}^{-2}$$

mientras que en los aceros es

$$E_{ac} = 2\,000\,000 - 2\,200\,000 \text{ kg cm}^{-2}$$

es decir, la relación de los módulos es

$$\frac{E_{al}}{E_{ac}} = \frac{1}{3}, \text{ aproximadamente.}$$

Esto tiene gran importancia por su influencia sobre las deformaciones y sobre las cargas de pandeo; y esta diferencia, además, exige un mayor cuidado en el cálculo de una estructura mixta construída con acero y con una aleación ligera por la diferencia de deformaciones en uno y otro material.

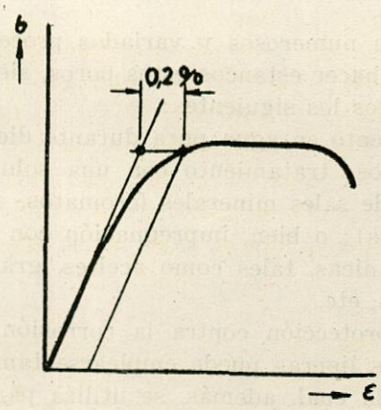


Fig. 3.

La principal dificultad con que se tropezó al principio al tratar de emplear las aleaciones ligeras no fué, como se ve, sus características mecánicas, sino la escasa resistencia a la corrosión de las aleaciones de resistencia mecánica alta, que en ambientes salinos y húmedos tenía aún mayor importancia, siendo ésta la razón por la que en la construcción de buques el empleo de estos materiales se ha retrasado en comparación con otras construcciones.

El Al puro resiste perfectamente la acción de los agentes exteriores a consecuencia de la formación de una finísima capa superficial de óxido, que defiende al resto del material del ataque posterior. La adición de otros metales para formar sus distintas aleaciones empeoran en mayor o menor grado esta cualidad. Con las modernas aleaciones de Al - Mg, el problema se ha resuelto de forma práctica, ya que tienen resistencia a la corrosión comparable, e incluso superior a la del acero. De todos modos, es aconsejable utilizar las aleaciones ligeras adecuadas para construcción naval después de ser sometidas a tratamientos especiales de protección. Estos tratamientos consisten en el recubrimiento de la superficie del material con una capa protectora contra los agentes exteriores. Se utilizan corrientemente tres procedimientos: el placado, la oxidación química y la oxidación electrolítica.

El placado se hace revistiendo el material con una lámina fina de Al puro (u otra aleación resistente libre de Cu) y laminándola junto con la aleación [9].

En el método químico, la capa protectora es óxido de aluminio y se consigue por inmersión de la pieza a proteger en una solución alcalina oxidante, o aplicando una pasta. Normalmente, el baño es una solución acuosa acidulada con adición de carbonato sódico y bicromato sódico. La temperatura del baño es, aproximadamente, de 90-95° C, es decir, la temperatura de vaporización de la solución. El tiempo de la inmersión es variable, bastando cinco-quince minutos para los trabajos normales y algo más en piezas especiales.

En el procedimiento electrolítico la oxidación se obtiene por vía electrolítica, sumergiendo la pieza en el baño y uniéndola al polo +, por lo que se llama al método, también, oxidación anódica. A causa de la eficaz protección que puede alcanzarse con este procedimiento, el campo de aplicación de las aleaciones ligeras y el número de materiales disponibles se amplía extraordinariamente.

Puede emplearse c. c. o c. a. Normalmente la capa de óxido es óxido de Al que, por su naturaleza mineral, no es inflamable y su dureza se aproxima a la del corundo; es de gran resistencia a la acción mecánica y a la corrosión, en especial contra el agua del mar. Otra característica importante para ciertas aplicaciones es su alta capacidad de radiación térmica. El aspecto de la capa es metálico, y sobre Al puro adquiere un brillo bronceado.

El método electrolítico admite diversas variantes, pudiéndose conseguir la tonalidad de

[9] Espesor de la capa ≃ 5 por 100 del total. Se utiliza generalmente sobre las aleaciones del grupo Al - Cu - Mg.

color que se desee sin alterar las propiedades y cualidades de la capa de óxido. Esta característica es de interés evidente para efectos decorativos. El tratamiento posterior de la película superficial de óxido permite incrementar en mayor grado la resistencia a la corrosión a causa de la eliminación de los poros.

Este método ha sido—y es—empleado en gran escala por los ingleses en la construcción de flotadores e hidroaviones, así como por los americanos en la estructura de sus aviones.

El espesor y dureza de la capa de óxido es superior a la de la que se obtiene por el procedimiento químico y, además, puede hacerse variar entre límites más amplios cambiando la clase de corriente, la intensidad o la tensión.

En el sistema alemán "Eloxal" se emplea como baño electrolítico ácido sulfúrico o ácido oxálico con varias sustancias. También se usa en algunos casos el ácido crómico o fosfórico. La tensión de trabajo es de 10-20 V si se utiliza el ácido sulfúrico y de 30-60 V si el oxálico. Los consumos son entonces de 1-2 kWh y de 2-8 kWh por m^2 de superficie tratada, respectivamente.

Se obtiene una capa de Al_2O_3 de un espesor hasta de 0,2 mm [10] íntimamente unida al metal base.

El ácido sulfúrico se utiliza en los casos corrientes para fines industriales normales, mientras que el ácido oxálico es empleado en los casos especiales para perfiles y detalles ornamentales.

Para estas operaciones de oxidación superficial debe someterse al material a un tratamiento previo, al objeto de preparar la superficie a fin de conseguir una adherencia perfecta de la capa de óxido. Los métodos usados son: el decapado químico, el decapado electrolítico y la limpieza mecánica.

En el primero se utiliza una solución alcalina caliente; otras veces se emplean disolventes orgánicos. El método electrolítico sólo se usa en casos muy especiales. La limpieza mecánica puede hacerse según la práctica corriente por cepillado o por el chorro de arena.

La capa de óxido preserva a la aleación contra la corrosión, a no ser que agentes exteriores destruyan esta película, lo cual es posible, porque tanto la oxidación química como la electrolítica da una capa con poros finísimos, por donde puede venir el ataque de la película [11]. Por esta razón, es necesario someter las piezas a un tratamiento posterior, al objeto de eliminar estos poros.

Existen numerosos y variados procedimientos para hacer estancos estos poros, siendo los más usados los siguientes:

Cocimiento en agua pura durante diez-treinta minutos; tratamiento con una solución en caliente de sales minerales (cromatos, acetatos o silicatos); o bien, impregnación con sustancias orgánicas, tales como aceites, grasas, ceras, lacas, etc.

Para protección contra la corrosión de las aleaciones ligeras puede emplearse también la pintura, la cual, además, se utiliza para fines decorativos. Lo más importante en toda pintura es conseguir una gran adherencia de la primera capa y, por ello, la preparación de la superficie juega un papel de la máxima importancia. La caspa de laminación debe hacerse desaparecer totalmente, porque, de lo contrario, al desprenderse con el tiempo o por el trabajo del material, arrastraría consigo a la pintura, descubriendo puntos de ataque. La eliminación de la caspa es muy difícil conseguirla por el rascado o medios similares, siendo lo más eficaz el chorro de arena, el esmerilado y el decapado químico. Para fines industriales corrientes, la práctica general es el chorro de arena [12]. La superficie puede también prepararse con una solución diluída de ácido fosfórico y cuando son de temer condiciones exteriores muy desfavorables, puede utilizarse el cromato de cinc como pigmento en la mano de imprimación y pintura al aluminio encima.

---

[10] Los espesores normales son:

0,02 μ en la oxidación natural.
1-2 μ en la oxidación química.
10-20 μ en la oxidación electrolítica.

Por largo tiempo de inmersión en el baño, utilizando el método químico, pueden obtenerse espesores de hasta 5-6 μ.

En el método electrolítico, en casos especiales, según la clase de la aleación, se puede llegar hasta 50 μ y por procedimientos especiales—refrigeración interior del ánodo—se han llegado en el laboratorio hasta 600 μ de espesor. En este método, además, el espesor es proporcional, dentro de ciertos límites, a la cantidad de corriente producto de la densidad de corriente (A dm^{-2}) por el tiempo (min). Esta proporcionalidad no es constante y va haciéndose más lenta con el tiempo, a causa de la disolución química del óxido en formación, hasta alcanzado un cierto límite, pasado el cual el espesor no aumenta con el tiempo.

[11] La humedad es una de las causas principales de destrucción de esta capa protectora.

[12] Una película anódica hace una excelente base para la pintura.

Debe insistirse sobre la importancia de la adherencia de la primera capa de pintura, porque el más pequeño desperfecto permitirá la entrada del agua o de la humedad hasta la superficie del material y la formación de óxido conduciría al desprendimiento de toda la pintura.

Los peligros de la corrosión se acentúan cuando la aleación se usa en construcción mixta con otros materiales, a causa de los efectos galvánicos [13]. Las pinturas deben ser neutras (libres de Hg y Cu) o pinturas al aluminio; la acción galvánica se combate preferentemente con hojas de cadmio. Las superficies de contacto deben pintarse con cromato de cinc, o bien el acero deberá ser galvanizado.

* * *

La soldadura del aluminio y sus aleaciones puede hacerse sin ninguna dificultad por los medios corrientes, es decir, por presión, resistencia y arco. A causa de la elevada conductividad térmica de las aleaciones ligeras, la cantidad de calor necesaria para la soldadura es grande o el consumo de corriente es también elevado. La soldadura se emplea, preferentemente, para la unión de laminados, pero es también de aplicación en las fundiciones, si bien, en este caso, es necesario en general un calentamiento previo de las piezas que se unen.

La soldadura tiene una estructura cristalina que hace la junta frágil. En las aleaciones que no admiten tratamiento térmico, la pérdida de resistencia es, además, muy grande, y, aunque puede mejorarse en parte por un tratamiento posterior, el alargamiento no se recupera fácilmente, y por esta razón no debe emplearse la soldadura en juntas que hayan de estar sometidas a esfuerzos normales de trabajo.

En las aleaciones tratadas térmicamente, la pérdida de resistencia es menor, pero la estructura del metal depositado hace la junta frágil.

La formación de óxidos de Al obliga, por otro lado, al empleo de fluxes especiales, que son corrosivos, por lo que es necesario su eliminación posterior con cepillo de alambre. Las juntas son siempre porosas.

[13] El Al es más electropositivo que el Fe; por consiguiente, en una construcción mixta de acero y aleación ligera, ésta se destruiría con rapidez, si no se dispone de medios de protección adecuados.

Hoy en día ofrece halagüeñas perspectivas la soldadura con electrodos de tungsteno y arco protegido por gases inertes. El empleo del argón como gas inerte, impidiendo la oxidación y, por consiguiente, el uso de fluxes, es el método que mayor interés despierta en la actualidad.

Hasta que la experiencia que se adquiera y los futuros desarrollos de este sistema permita el uso de la soldadura en las uniones resistentes de las aleaciones ligeras, el medio de unión de éstas más adecuado es el remachado, del cual nos ocuparemos con mayor extensión más adelante al tratar del cálculo de las estructuras de las aleaciones de aluminio.

3. Aplicaciones.

El Al y sus aleaciones se ha utilizado desde hace tiempo en la fabricación de accesorios y partes importantes de máquinas y servicios eléctricos.

En construcción naval, las aplicaciones han sido más limitadas, reduciéndose a la construcción de embarcaciones pequeñas y de recreo, como botes, botes salvavidas, lanchas de inspección, yates, etc. Las limitaciones del tratado de Wáshington sobre los desplazamientos de los buques de guerra, forzó a la mayoría de las marinas a la utilización de aleaciones ligeras en muchas de sus unidades para conseguir ahorros de peso vitales; tal es el caso de los cruceros de 10.000 toneladas y de los acorazados de bolsillo.

Además de en las embarcaciones pequeñas, se han empleado las aleaciones ligeras en construcciones mixtas con cuadernaje de aleaciones ligeras y forro de madera, siguiéndose este sistema, especialmente, en la estructura de las lanchas rápidas. La razón principal de la utilización de la madera en el forro y cubierta de estas embarcaciones reside en su mayor resistencia a las abolladuras y en la evitación de la acción galvánica en el forro. El ahorro de peso en una embarcación de este tipo es de hasta un 20 por 100.

La existencia de nuevas aleaciones altamente resistentes a la corrosión y de elevadas características mecánicas abre amplio campo de aplicación de estos materiales en la construcción naval, que permite su empleo total en la estructura del casco, en muchos elementos de

la maquinaria y en gran variedad de accesorios.

El buque grande integral de aleación ligera no es todavía una realidad, tanto por el aumento de coste como por la falta de experiencia y por ciertas dificultades constuctivas; pero la tendencia actual es hacia la sustitución del acero por aleaciones ligeras en gran mayoría de accesorios, en elementos de máquinas y en las superestructuras.

Entre los accesorios de los buques que están siendo sustituídos por aleaciones ligeras podemos citar los siguientes, entre los más importantes: palos, plumas, instalaciones sanitarias, cocinas, tuberías, puertas, ventanas, portillos, forrados, canales de ventilación, ventiladores, candeleros, tecles, etc.

En la habilitación de camarotes las sustituciones son totales, comprendiendo los mamparos divisorios y los muebles. Las ventajas más apreciables son: no inflamabilidad; aislantes del calor y ruido; posibilidad de trabajos decorativos, sin pintura. Los mamparos están constituídos por chapas de aleaciones ligeras rellenos de material aislante (también de aleaciones ligeras) [14].

En lo que respecta a la estructura del casco, la sustentación más importante se refiere a las superestructuras. Un gran número de grandes buques están construídos con aleaciones ligeras, en especial buques de guerra y buques de pasaje.

La elección de la aleación más conveniente en cada caso depende, en general, de dos factores: de las cargas de trabajo a que haya de estar sometido el material y de la resistencia a la corrosión que se desee.

En fundiciones, la selección no es difícil. Así, para piezas en las que no se requiera grandes resistencias mecánicas ni a la corrosión, se tomará una fundición ordinaria de los grupos Al - Cu y Al - Cu - Zn. Cuando se desean estas dos cualidades puede tomarse el siluminio. En casos de gran resistencia a la corrosión y no tan alta resistencia mecánica, el empleo de las aleaciones de Al - Mg y Al - Mg - Mn, tales como el B S, K S, hydronalium y duranalium parece lo más indicado. Si se quiere un material muy rígido podrá usarse el siluminio β y γ.

Mayores dificultades presenta la elección de los laminados. A falta de criterios definidos, pueden seguirse las siguientes recomendaciones:

Para elementos en los que la resistencia a la corrosión es fundamental y no interesa características mecánicas elevadas, tales como las empleadas en la fabricación de depósitos, tapas, forrados, etc., lo mejor es utilizar Al puro. En muebles, revestimientos, canales de ventilación y mamparos divisorios, pueden emplearse las aleaciones de Al - Mn.

Para elementos estructurales del casco, en los que interesa resistencia a la corrosión adecuada y resistencia mecánica aceptable, es recomendable las aleaciones de Al - Mg, BS, duranalium, hydronalium, 535, 615, A. W. 5, A. W. 6, A. W. 10, etc.

Si el interés primordial es el ahorro de peso, siendo de orden secundario la corrosión, deben emplearse las aleaciones de más alta resistencia mecánica, de 38-42 $kg\,mm^{-2}$ de carga de rotura y de 15-20 por 100 de alargamiento. En aleaciones especiales pueden alcanzarse los 60 $kg\,mm^{-2}$ de rotura a costa de un alargamiento menor, como en el bondur, duraluminio, etcétera.

El uso racional de las aleaciones ligeras como sustitución de los metales pesados, conduce, indudablemente, a ahorro de peso, que puede ser de gran importancia; pero para que esta ventaja sea de positivo interés, el aumento de coste que la utilización de estos materiales supone debe estar compensada por el incremento de beneficios económicos que la utilización de ese peso ahorrado representa o por la reducción de gastos de servicio que puedan derivarse. De no ser así, nada de valor se habría conseguido. El aspecto económico ha de ser estudiado, por consiguiente, con el mayor cuidado al considerar el proyecto de un nuevo buque construído total o parcialmente con aleaciones ligeras. En buques de guerra, esta preocupación puede ser relegada a segundo término ante las ventajas de índole militar que pueden conseguirse.

Los puntos esenciales que habrán de tenerse en cuenta en el análisis del problema son los siguientes: aprovechamiento del peso ahorrado para aumentar el peso de la carga; reducción de las dimensiones, manteniendo el peso de la carga; disminución del desplazamiento, potencia de máquinas y combustible; aumento de potencia y velocidad. Si se trata, como es lo más corriente, de reducción de pesos altos, además

[14] Abundan en el extranjero las casas comerciales que suministran paneles para estos mamparos.

de estos factores podrá considerarse, también, la mejora de la estabilidad; disminución de la manga y desplazamiento, lo cual se suma a los efectos anteriores por su influencia sobre el peso propio y la velocidad o potencia. En buques de guerra se considerará, adicionalmente, las posibles mejoras sobre el armamento militar y la protección.

4. Cálculos de resistencia.

El dimensionamiento y cálculo de los elementos resistentes de una estructura de aleación ligera no ofrece dificultad alguna, conocidas las características mecánicas del material y las cargas exteriores; sin embargo, debemos hacer destacar, nuevamente, por su importancia, la particularidad del valor del módulo de elasticidad de estas aleaciones, que, como dijimos, es, aproximadamente, 1/3 del correspondiente al acero. Al hacer la sustitución de los miembros de acero de la estructura por los equivalentes de aleación ligera, habrá de tenerse en cuenta, además, las deformaciones y las cargas de pandeo; mientras que en una estructura mixta de acero de aleación ligera, en especial trabajando a la flexión, esta desigualdad de módulos hará rebajar los esfuerzos en la parte de la aleación a sólo un tercio aproximadamente de los esfuerzos que se tendrían si toda la estructura fuese de acero, el reparto de tensiones sería distinto y se presentará una discontinuidad en los esfuerzos en la zona de transición de un metal a otro, extremos que merecen ser estudiados con detenimiento, por su interés particular en el caso de un casco de acero con superestructuras de aleaciones ligeras.

Para el cálculo de estructuras de aleaciones ligeras en construcción naval, bien aisladas, bien trabajando conjuntamente con otros miembros de acero, pueden seguirse dos criterios distintos: 1.º, método directo, o sea, determinando los escantillones por el cálculo directo de los esfuerzos, adoptando cargas de trabajo adecuadas; 2.º, método comparativo, o de sustitución de los elementos de acero similares, previa la aceptación de criterios convenientes de equivalencia, al objeto de conseguir iguales índices de seguridad.

El primer procedimiento se seguirá, con preferencia, en el cálculo de miembros sencillos aislados, en pequeñas embarcaciones, en buques de guerra y como sistema de comprobación y análisis de los resultados obtenidos por el segúndo método. Este último está especialmente indicado en buques mercantes, a causa de su sencillez y por obtener la misma resistencia relativa que los reglamentos de las Sociedades de Clasificación exigen.

Método directo.

Para aplicación del método directo es fundamental definir las cargas de trabajo admisibles o, lo que es lo mismo, fijar los coeficientes de seguridad adecuados. Como lo más conveniente es adoptar los mismos factores de seguridad que en los buques de acero, ambos métodos han de dar resultados concordantes.

En construcción naval, donde el ahorro de peso tiene la mayor importancia, se trabaja, en general, con esfuerzos más elevados que en otras construcciones. Los coeficientes de seguridad que se manejan son, consiguientemente, muy reducidos. La carga de rotura del material no tiene aquí significado práctico en la mayoría de los casos, pues al utilizarse grandes tensiones habrá de tomarse en consideración el límite elástico, el cual no deberá sobrepasarse para evitar las deformaciones permanentes de la estructura. Se usa, por consiguiente, en construcción naval como coeficiente de seguridad, la relación

$$\nu = \frac{\sigma_E}{\sigma_{ad}}$$

del límite elástico a la tensión admisible [15], o bien, prácticamente, la relación

$$\nu = \frac{\sigma_s}{\sigma_{ad}}$$

del límite de fluencia a la tensión admisible, o aún

$$\nu = \frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_{ad}} \quad \text{ó} \quad \frac{\sigma_{0,1}}{\sigma_{ad}}$$

según el criterio práctico de la definición del límite de fluencia.

---

[15] En los aceros en que la relación $\frac{\sigma_E}{\sigma_R}$ del límite elástico a la carga de rotura se mantiene constante dentro de ciertos límites, sería lo mismo considerar $\nu = \frac{\sigma_R}{\sigma_{ad}}$, pero en las aleaciones ligeras en que $\frac{\sigma_E}{\sigma_R}$ varía ampliamente, esta definición podría conducir a resultados peligrosos.

El valor de ν oscila entre límites pequeños, según la clase de trabajo y las dimensiones del buque considerado.

En aquellos elementos que sólo en condiciones normales han de estar sometidos a los máximos esfuerzos, tanto por averías como por otras causas excepcionales, se admiten coeficientes de seguridad inferiores a la unidad, por no importar en esos casos que puedan producirse grandes deformaciones permanentes con tal de que la estructura resista sin romperse cumpliendo con su cometido de seguridad para el buque; tal sucede con los mamparos principales, con las cubiertas del doble fondo y con otros elementos. Entonces deberá considerarse la carga de rotura y no el límite de fluencia.

Debe hacerse notar, igualmente, que los valores numéricos de los esfuerzos que se manejan en construcción naval no son los valores reales de los esfuerzos a que trabaja la estructura, sino valores nominales que sirven para fines comparativos en los que se obtienen del análisis de buques en servicio similares y de dimensiones parecidas. Los métodos fundamentales de cálculo son, también, métodos convencionales basados en principios generales de resistencia de materiales, que no representan otra cosa que criterios de cálculo uniformes para determinar cifras comparables. Los coeficientes de seguridad a que aludimos se refieren, desde luego, a los que se deducen de estos esfuerzos nominales aplicando los procedimientos convencionales de cálculo.

El tratamiento directo del problema de dimensionamiento de los elementos resistentes del casco de un buque construído total o parcialmente con materiales ligeros, será enteramente concordante con el que se sigue en buques de acero, con las únicas variaciones que imponga la diferencia de características numéricas.

Resistencia longitudinal.

En los cálculos de resistencia longitudinal se seguirá el método de considerar al buque situado en una ola trocoidal de longitud igual a la eslora del casco y de altura 1/20 de la longitud, en las posiciones de buque en la cresta (quebranto) y buque en el seno (arrufo). La determinación directa de la curva de cargas por diferencia entre la curva de pesos y la curva de empujes no es necesaria, en general, estimándose más conveniente—por unidad de criterio y simplificación de los cálculos—utilizar para el cálculo de los momentos máximos de flexión las fórmulas empíricas usuales, admitiéndose que son válidas las de buques con casco de acero para otros materiales, no obstante las diferencias de peso del casco. Se considera la más adecuada [16] la siguiente:

$$M = \frac{PL}{x} \qquad [1]$$

donde

P = peso del buque, en t.
L = eslora, en m.
x = coeficiente, según el cuadro 6.

CUADRO 6.

Valores del coeficiente x *

Clase del buque	Condición	x
Grandes buques de pasaje	Quebranto	29-30
Grandes buques de carga y pasaje	Quebranto	32-35
Grandes buques de carga	Quebranto	33
Medianos de carga	Quebranto	32
Pequeños de carga	Quebranto	31
Buques de paso del Canal	Quebranto. Arrufo	30
Carboneros	Quebranto	35
Petroleros	Arrufo	40
Buques fluviales	Aguas tranquilas..	18-24

* Según FOERSTER: *Praktischer Stahlschiffbau,* 1930.

El módulo resistente de la sección del casco se calculará por la expresión

$$W = \frac{J}{e} \qquad [2]$$

incluyendo en el cálculo del momento de inercia J todos los elementos longitudinales continuos que intervengan en la flexión, atendiéndose las siguientes indicaciones: las planchas se medirán de centro a centro de remaches, sin deducción alguna por los orificios del remachado; los elementos intercostales de estructuras continuas no se tomarán en cuenta; las eslo-

[16] En buques de pasaje se puede utilizar la expresión

$$M = 0{,}021964\, L^2 BT \text{ (mt)} \quad \text{ó} \quad M = \frac{0{,}75\, L^2 BT}{(35)^2} \text{ ft. tons}$$

(en unidades inglesas).

Otro método que da gran exactitud, pero que exige mayores cálculos, es el propuesto por el Sr. MURRAY (véase bibliografía), consistente en calcular los momentos máximos en el centro del buque en las condiciones de quebranto y arrufo, descomponiéndoles en el mo-

ras, sobrequillas, vagras y palmejares, sólo se considerarán en el caso de que estén eficazmente unidas al forro por medio de planchas; las quillas macizas y las de balance no entrarán en el cálculo; las planchas dobles continuas sólo se tomarán en un 50 por 100 de su sección. Una superestructura central de longitud superior al 15 por 100 de la eslora del buque se considerará como contribuyendo a la resistencia longitudinal y sus elementos longitudinales deberán incluirse en el cálculo de J.

Si se trata de una construcción mixta, el momento de inercia con el que se operará será un momento virtual del material base, entrando en el cálculo de J las secciones del material secundario multiplicadas por la relación de los módulos de elasticidad del material secundario y principal [17].

Como momento resistente mínimo para casco de acero dulce se tomará el valor

$$W = fBT \quad [3]$$ [18]

del Reglamento internacional de francobordo, donde f es un coeficiente dependiente de la eslora del buque, según las cifras del cuadro 8.

CUADRO 8.

Valores de f.

$\frac{L}{m}$	f	$\frac{L}{m}$	f	$\frac{L}{m}$	f
30,48	3.810	85,34	13.123	140,21	29.951
36,56	4.233	91,44	14.710	146,30	32.067
42,67	4.976	97,54	16.298	152,40	34.396
48,77	5.795	103,63	18.097	158,50	36.725
54,86	6.667	109,73	19.896	164,59	39.053
60,96	7.620	115,82	21.801	170,69	41.487
67,06	8.890	121,92	23.705	176,78	44.027
73,15	10.160	128,02	25.717	182,88	46.567
79,25	11.535	134,11	27.728		

Para otro material distinto de acero dulce, los valores de f deberán multiplicarse por la relación de los valores del límite elástico del acero y del material empleado, para tener iguales factores de seguridad.

En una construcción mixta, si el material principal es el acero, no se hará corrección de f si se emplea el módulo virtual de la sección.

En el fondo del casco, los esfuerzos de flexión deben componerse con los esfuerzos debidos a la presión del agua. En general, sobre todo en buques mercantes, sólo es necesario hacer el cálculo de flexión. Los valores máximos de los esfuerzos corresponden, en la práctica, a las

---

mento en aguas tranquilas y el momento debido al paso de la ola.

El momento en el centro del buque en aguas tranquilas es un momento de quebranto y vale

M_0 = momento del peso de proa (popa) — momento del empuje de proa (popa) $= M_P^{Pr} - M_E^{Pr} = M_P^{PP} - M_E^{PP}$

El momento debido al paso de la ola puede calcularse mediante la fórmula

$$M_1 = 35{,}8757\, bL^3 B \,.\, 10^{-6} \text{ (en unidades métricas).}$$

siendo b un parámetro que depende del coeficiente de bloque, según los valores del cuadro 7.

CUADRO 7.

Valores de b.

δ	Valores de b *	
	Quebranto	Arrufo
0,80	25,0	28,0
0,78	24,25	27,75
0,76	23,55	26,5
0,74	22,85	25,7
0,72	22,10	24,9
0,70	21,35	24,1
0,68	20,65	23,35
0,66	19,90	22,6
0,64	19,20	21,8
0,62	18,45	21,05
0,60	17,75	20,3

* Con buena aproximación puede tomarse

$$b = -4 + 36{,}25\,\delta \text{ (quebranto)}$$
$$b = -3{,}2 + 39\,\delta \text{ (arrufo)}$$

Los momentos de flexión máximos serán

$$M = M_0 + M_1 \text{ (quebranto)}$$
$$M = M_1 - M_0 \text{ (arrufo)}$$

Para facilitar el célculo del momento M_0 en aguas tranquilas, el Sñ. MURRAY sugiere tomar los momentos medios, es decir

$$M_0 = \frac{M_P^{Pr} + M_P^{PP}}{2} - \frac{M_E^{Pr} + M_E^{PP}}{2} = M_E^m - M_P^m$$

dando para el momento total del peso del casco—supuesto un reparto trapezoidal—el valor 0,2229 PL, y para el momento medio del empuje

$$M_E^m = \frac{P}{2} \times \text{(distancia media de los centros de empuje a proa y popa)} = \frac{P}{2} \,.\, \frac{l}{m} \text{ con } lm = (0{,}165\,\delta + 0{,}074)\,L$$

[17] $$\frac{E_{madera}}{E_{acero}} = 0{,}04$$

$$\frac{E_{aleacion\ ligera}}{E_{acero}} = \frac{1}{3}$$

[18] Las áreas se medirán en mm² y las distancias en m.

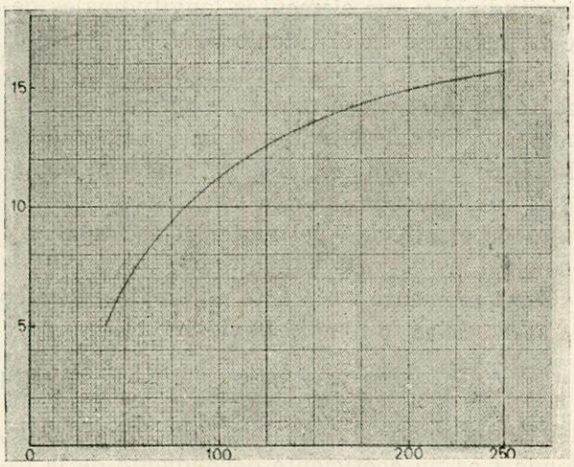


Fig. 4.

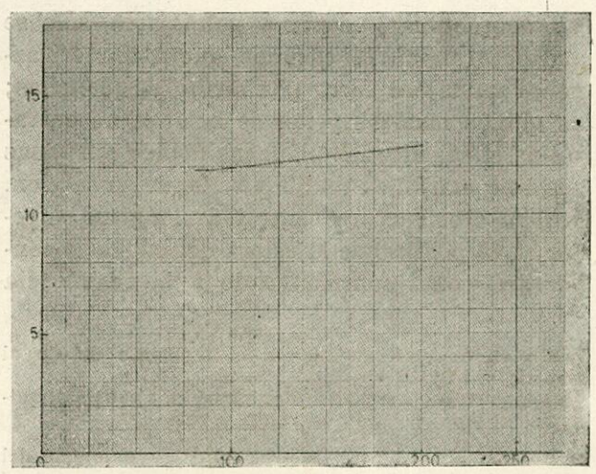


Fig. 5.

fibras cargadas a tracción en la cubierta superior, en la zona del tercio central del buque. Los esfuerzos de tracción y compresión en las fibras inferiores no sobrepasan, normalmente, el 75-80 por 100 de los superiores.

Para calcular los esfuerzos debidos a la presión de agua en el fondo, se tomará como carga de agua el calado máximo de verano más la altura de la cresta de la ola sobre la flotación en aguas tranquilas, o bien, aproximadamente, $T + \frac{L}{40}$.

Como valores tipos de las tensiones máximas admisibles debidas a la flexión longitudinal del casco, se pueden tomar los valores que se representan en las curvas [19] de las figuras 4 y 5, que se refieren a buques mercantes y de guerra, respectivamente

$$\sigma = 2{,}34 \sqrt[3]{L} \text{ kg mm}^{-2} \qquad [4]$$

o bien se utilizarán las fórmulas siguientes:

$$\sigma = 7{,}875 \left(1 + \frac{L}{304{,}8}\right) \text{ kg mm}^{-2} \qquad [5]$$

$$\sigma = 5 + 0{,}05\, L \text{ kg mm}^{-2} \qquad [6]$$

CUADRO 9.

Valores de σ.

$\frac{L}{m}$	I Buques de guerra (fig. 5) kg mm²	BUQUES MERCANTES II (fig. 4) kg mm²	III $\sigma = 2{,}34\sqrt{L}$ kg mm²	IV $\sigma = 7{,}875 (1 + \frac{L}{304{,}8})$ kg mm²	V $\sigma = 5{,}005\, L$ kg mm²
40	—	5,1	8,0	8,9	—
50	—	6,6	8,6	9,2	—
60	—	8,0	9,2	9,4	8,0
70	—	9,0	9,6	9,7	8,5
80	11,8	9,9	10,1	9,9	9,0
90	11,8	10,6	10,5	10,2	9,5
100	11,9	11,2	10,9	10,5	10,0
110	12,0	11,8	11,2	10,7	10,5
120	12,1	12,3	11,5	11,0	11,0
130	12,2	12,8	11,8	11,2	11,5
140	12,3	13,1	12,1	11,5	12,0
150	12,4	13,6	12,4	11,8	12,5
160	12,5	14,0	12,7	12,0	13,0
170	12,6	14,2	13,0	12,3	13,5
180	12,7	14,5	13,2	12,5	14,0
190	12,8	14,8	13,5	12,8	14,5
200	12,9	15,0	13,7	13,1	15,0
210	—	15,1	13,9	13,3	—
220	—	15,2	14,1	13,6	—
230	—	15,3	14,3	13,8	—
240	—	15,5	14,5	14,1	—
250	—	15,6	14,7	14,4	—

[19] Según JOHOW-FOERSTER, *Hilfsbuch für den Schiffbau*, 1928.

que son las aceptadas corrientemente para buques mercantes de acero y que para apreciar sus valores relativos se dan en forma tabulada en el cuadro 9.

De estos valores se podrá deducir el factor de seguridad

$$\nu = \frac{\sigma_s}{\sigma_{ad}}$$

más conveniente en cada caso, aplicable a cualquier material. Tomando para el acero $\sigma_s = 23$ kg mm² obtenemos los valores de ν del cuadro 10.

CUADRO 10.

Valores de ν.

L / m	Buques de guerra I	Buques mercantes II	III	IV	V
40	—	4,51	2,88	2,58	—
50	—	3,49	2,67	2,50	—
60	—	2,88	2,50	2,45	2,88
70	—	2,56	2,40	2,37	2,71
80	1,95	2,32	2,28	2,32	2,56
90	1,95	2,17	2,19	2,25	2,42
100	1,93	2,05	2,11	2,19	2,30
110	1,92	1,95	2,05	2,15	2,19
120	1,90	1,87	2,00	2,09	2,09
130	1,89	1,80	1,95	2,05	2,00
140	1,87	1,76	1,90	2,00	1,92
150	1,85	1,69	1,85	1,95	1,84
160	1,84	1,64	1,81	1,92	1,77
170	1,83	1,62	1,77	1,87	1,70
180	1,81	1,59	1,74	1,84	1,64
190	1,80	1,55	1,70	1,80	1,59
200	1,78	1,53	1,68	1,76	1,53
210	—	1,52	1,65	1,73	—
220	—	1,51	1,63	1,69	—
230	—	1,50	1,61	1,67	—
240	—	1,48	1,59	1,63	—
250	—	1,47	1,56	1,60	—

De gran interés en los cálculos de resistencia longitudinal es la determinación de los esfuerzos de compresión en la cubierta superior, pues, aunque son, en general, inferiores a los de tracción, deben ser considerados con la mayor atención, a causa de los peligros del pandeo.

Según las teorías sobre el pandeo de estructuras, los esfuerzos críticos dependen, solamente, del módulo de elasticidad del material y de la forma y proporciones de sus elementos, siendo la expresión general de los esfuerzos críticos de pandeo

$$\sigma = E\,\varphi$$

donde φ es una función homogénea de las dimensiones características de la estructura que se considera. Por consiguiente, en construcciones geométricamente semejantes, los esfuerzos a que se presenta el pandeo serán proporcionales, teóricamente, a los valores del módulo de elasticidad de los materiales empleados en las mismas.

Esto es válido si el pandeo se presenta con esfuerzos inferiores al límite elástico (en rigor, inferiores al límite de proporcionalidad σ_p), pues, por encima de éste, el módulo de elasticidad no puede seguir siendo considerado como constante.

De acuerdo con esto, con esfuerzos inferiores al límite elástico, el pandeo de planchas de aleaciones ligeras debería ocurrir con esfuerzos de compresión 1/3 de los correspondientes a planchas de acero de las mismas dimensiones, o de igual relación clara: espesor:

$$= l : s$$

Las experiencias directas realizadas con planchas de diferentes dimensiones y con varias aleaciones ligeras de aplicación en construcción naval, como las llevadas a cabo por el señor MUCKLE [20], conducen a resultados no del todo conformes con estas previsiones.

En los ensayos del señor MUCKLE con planchas de la aleación A. W. 6 en estado semiduro, de iguales dimensiones y en las mismas condiciones que las de acero experimentadas por el doctor MONTGOMERIE, llega a resultados que pueden expresarse por medio de la fórmula [21]

$$\sigma = \frac{61{,}425}{1 + \frac{L}{370}\left(\frac{l}{5}\right)^2} \text{ kg mm}^{-2} \qquad [7]$$

de estructura distinta que la del Dr. MONTGOMERIE [22]

$$\sigma_{ac} = \frac{28{,}35}{1 + \frac{1}{950}\left(\frac{l}{5}\right)^2} \text{ kg mm}^{-2} \qquad [8]$$

[20] W. MUCKLE: "Resistance to buckling of light-alloys plates". Nort-East Coast Institution of Engineers and Shipbuilders, March, 1948.

[21] $$\sigma = \frac{39}{1 + \frac{1}{370}\left(\frac{l}{5}\right)^2} \text{ tons per sq in.}$$

[22] $$\sigma = \frac{18}{1 + \frac{1}{950}\left(\frac{l}{5}\right)^2} \text{ tons per sq in.}$$

para el acero, que sólo se corresponde para valores elevados de la relación $\frac{l}{s}$ como se pone de manifiesto por las cifras del cuadro 11.

CUADRO 11.

$\frac{l}{s}$	σ_{ac} (Montgomerie) kg mm²	$\frac{1}{3}\sigma_{ac}$ kg mm²	σ_{al} (Muckle) kg mm²
40	16,97	5,66	11,54
50	14,24	4,75	7,92
60	12,01	4,00	5,72
70	10,18	3,39	4,31
80	8,72	2,91	3,25
90	7,45	2,49	2,68
100	6,55	2,18	2,19

Con aleaciones en estado blando, los valores de los esfuerzos críticos de pandeo son muy inferiores a los obtenidos con las aleaciones en estado semiduro, como consecuencia de presentarse el pandeo con esfuerzos superiores al límite elástico, si bien, para valores altos de la relación $\frac{l}{s}$, los resultados son coincidentes, prácticamente. Una fórmula aproximada para los esfuerzos críticos en este caso es [23]

$$\sigma = \frac{10{,}08}{1 + \frac{1}{4410}\left(\frac{l}{5}\right)^2} \text{ kg mm}^{-2} \qquad [9]$$

[23] $$\sigma = \frac{6{,}4}{1 + \frac{1}{4410}\left(\frac{l}{5}\right)^2} \text{ tons per sq in.}$$

(Se continuará.)

ACLARACION

El notable trabajo de los Ingenieros Jefes del "Genie Maritime", señores H. de Leiris y H. Dutilleul, titulado *Estudio experimental del campo de las tensiones en una cuaderna empotrada que soporta un forro sometido a la presión de un flúido,* que apareció en nuestro número anterior, forma parte de los que fueron leídos en la Sesión de 1950 en la Association Technique Marittime et Aeronautique, de París; omisión en que involuntariamente se incurrió y que queda subsanada con esta nota.

NOTAS SOBRE AISLAMIENTO DE CORCHO EN BODEGAS REFRIGERADAS

POR

JUAN FERNANDEZ DE PALENCIA Y ROC

INGENIERO NAVAL

Generalmente, muchos de los fracasos de bodegas refrigeradas en los barcos se deben muchas veces a querer ahorrar espesores de aislamiento y por tanto coste mal entendido, pues esta falta de aislamiento hace perder cierta cantidad de frigorías que para poder compensar hace falta aumentar la potencia frigorífica con el aumento de coste subsiguiente y además las condensaciones que se producen por falta de aislamiento deterioran peligrosamente la estructura metálica y el aislamiento de las bodegas. Por tanto, creemos que se debe tener especial cuidado al fijar los espesores de aislamiento, y con este fin hemos preparado unas notas que pueden ser de alguna utilidad en el proyecto de una bodega refrigerada.

Hemos hecho un estudio sobre el corcho en placas aglomerado; indicando en el gráfico I unas curvas en las que en función de una diferencia de temperatura y un espesor de corcho determinado, da el paso de calorías/horas/m² a través del aislamiento,; hemos señalado, por medio de las rectas AA' y BB', tres zonas: Buena, regular y mala, que indica si el espesor es adecuado para la diferencia de temperaturas que se propone alcanzar.

Las curvas se han trazado de la siguiente forma: el coeficiente de transmisión del corcho aglomerado de buena calidad es $K = 0{,}05$ cal/m/m²/h/°C., el espesor de aislamiento de corcho puede calcularse por la fórmula

$$e = \frac{(T' - T) \cdot 0{,}05}{C} \text{ metros,}$$

donde

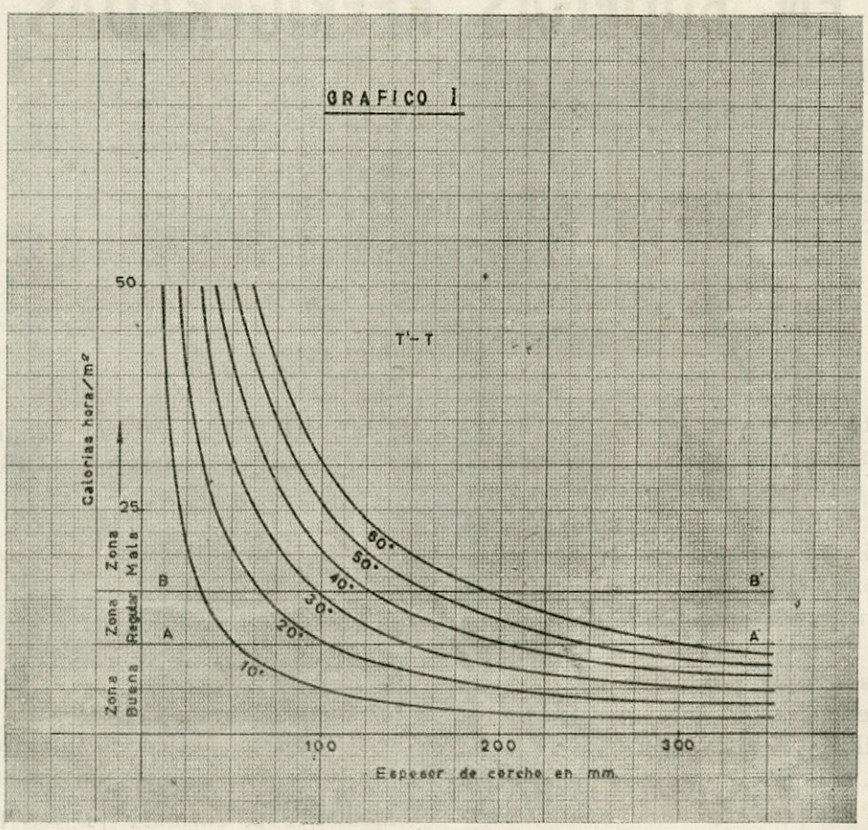
T' = Temperatura exterior.
T = Temperatura de régimen de la cámara.
C = Entrada de calorías por m²/h/°C.
e = Espesor de aislamiento en metros.

Mediante la fórmula [1] se han dibujado unas series de curvas para diversos valores de $(T' - T)$; se han trazado las rectas AA' y BB' que definen de acuerdo con la información que tenemos de varias casas especialistas en aislamientos, las zonas en las que el paso de calorías a través del aislamiento puede aceptarse como bueno, regular o malo; por tanto, un aislamiento se puede considerar como bueno siempre que el punto que defina el mismo en lo que respecta a espesor y $(T' - T)$ sobre la curva correspondiente esté por debajo de la recta AA'; la zona entre AA' y BB' puede algunas veces aceptarse por índole de costo o disminución de volumen en la bodega y por encima de BB' el aislamiento es malo.

Como en el proyecto del aislamiento es esen-

cial conocer el coste, hemos preparado el gráfico II y II bis, en el que en función del espesor del aislamiento (corcho) figuran las pesetas totales de materiales y jornales (*) para diversos metros cuadrados de aislamiento total; se ha preparado el coste con arreglo a los metros cuadrados totales de aislamiento, porque éste es distinto según el tamaño de los barcos dentro del mismo espesor de aislamiento, debido a las cuadernas, refuerzos, esloras, etc.; por esto, para el cálculo de estas curvas, se ha estudiado el coste para diversos espesores del aislamiento total de bodegas de tipo normal, desde 500 m² a 10.000 m² de superficie total.

Estos dos gráficos creemos pueden ser de utilidad para el cálculo del coste y espesores de aislamiento, en el proyecto de una bodega refrigerada, puesto que entrando en el gráfico I con un coeficiente de transmisión de aislamiento, fijado de antemano, y considerando la curva de diferencia de temperaturas calculadas teniendo en cuenta la temperatura exterior e interior de la bodega en régimen, se tiene en las abscisas el espesor de corcho necesario. Pero a veces se fija un coeficiente de transmisión quizá algo elevado por evitar coste excesivo en el aislamiento, aun a costa de los perjuicios que, indicados anteriormente, pueden acarrear. Para poder saber con gran aproximación lo que supone un aumento de aislamiento en el coste, es adecuado el gráfico II y II bis, pues entrando con el espesor de corcho en las curvas donde se indican los metros cuadrados de superficie total de bodega, nos da en las ordenadas el coste total del aislamiento; de esta forma se puede llegar a una apreciación justa del coeficiente de transmisión cuya fijación de antemano es esencial para un buen proyecto de cámara o bodega refrigerada.



(*) En los materiales se ha tenido en cuenta además del corcho, la madera, tornillos, papel y demás materiales para el forrado de una bodega; en lo que respecta a jornales, se ha calculado a base de 12,60 pesetas jornal hora; en éste van incluídos las cargas sociales y gastos generales. Para los precios de materiales se han tomado los que regían en julio de 1951.

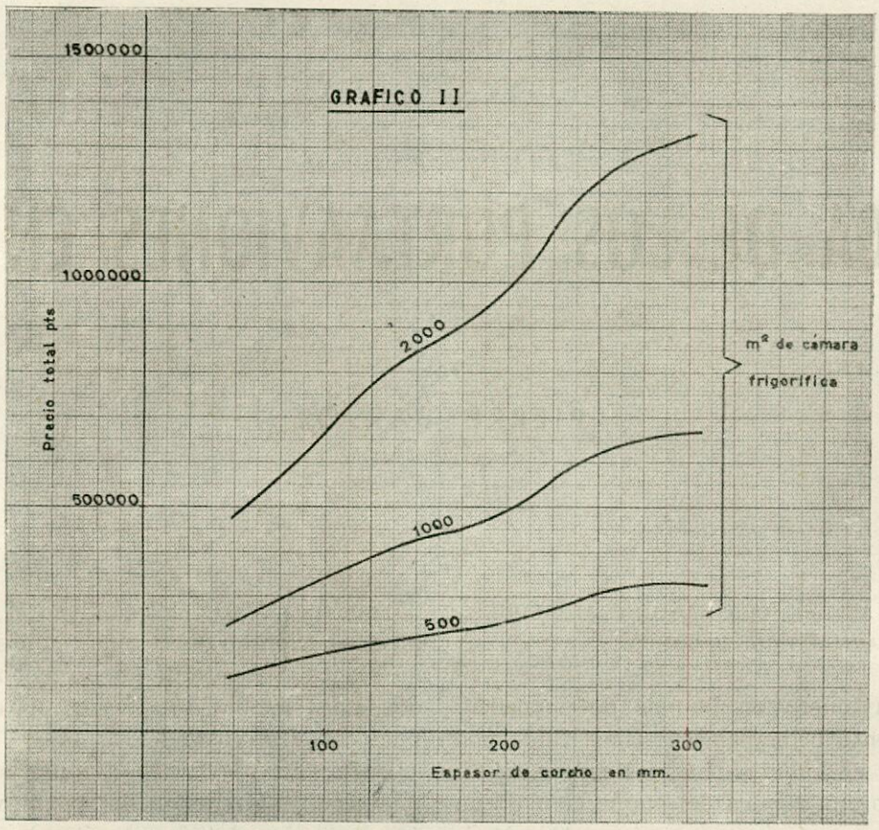


GRAFICO II
1500000
1000000
500000
Precio total pts
2000
1000
500
m² de cámara
frigorífica
100
200
300
Espesor de corcho en mm.

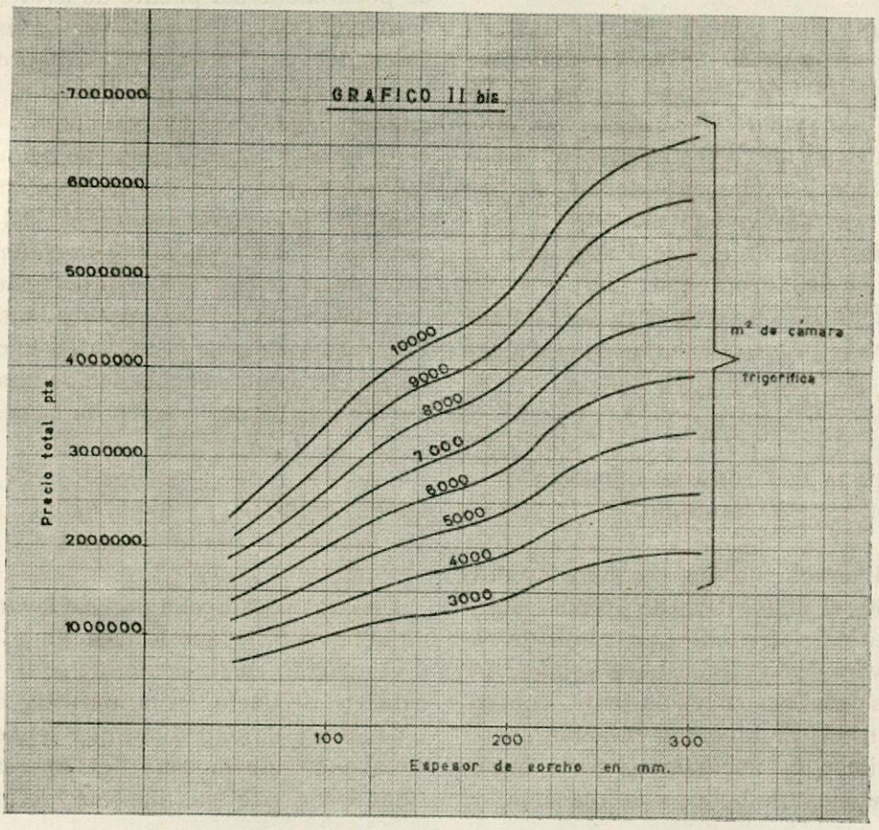


GRAFICO II bis
7000000
6000000
5000000
4000000
3000000
2000000
1000000
Precio total pts
10000
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
m² de cámara
frigorífica
100
200
300
Espesor de corcho en mm.

TECNICA DE LOS PORTAAVIONES EN 1950

POR

PIERRE BARJOT

VICEALMIRANTE

Del buque armado con cañones al buque armado con aviones.

Los portaaviones son buques de superficie cuyo armamento principal está constituído por aviones. Así, el buque armado aparece en el siglo XX como una réplica del buque armado de cañones, cuyo nacimiento se remonta al siglo XVI.

Lo mismo que los buques de vela del siglo XVIII se armaron de 30, 60 y 80 cañones, se ve hoy al portaaviones armarse, según los tipos, de 30, 50, 100 aviones.

La eficacia del portaaviones es esencialmente dinámica, no depende solamente del número de aviones que lleva; es función del número máximo que pueda poner en el aire. La rapidez de concentración en las operaciones aéreas es el principio esencial. La pieza maestra de esta rapidez reside en la prontitud de las operaciones de "despegue" y "toma de cubierta".

Una cadencia de "toma de cubierta" de treinta segundos.

Según los diversos ensayos escalonados desde 1919 a 1930, el dispositivo de "toma" puesto hoy a punto es el frenado por cables de retención transversales y frenos hidráulicos. La presentación se efectúa en vuelo lento, con todos los dispositivos de hipersustentación armados. Este régimen de vuelo lento varía según los tipos de aviones (de hélice o de reacción, de 65 nudos a 100). Colocándose el portaaviones proa al viento, debe tener sobre su cubierta un viento aparente de por lo menos 25 a 30 nudos. La velocidad relativa en el "enganche" es, pues, de 40 a 70 nudos.

Para "anavear", los aviones se colocan en un circuito alrededor del portaaviones. Desde una pequeña plataforma situada en la esquina de popa-babor del puente de aviación, el oficial encargado del "anaveado" los guía por las señales de sus "raquetas". La aproximación se hace en viraje para que pueda el piloto ver al citado oficial. Por sus "raquetas", el citado oficial representa una especie de maqueta viva que refleja la posición del avión con relación al circulito de aproximación ideal. El piloto es así conducido hacia los cables de retención hidráulicos de la cubierta que prenden en el gancho de cola del avión. El desenrollamiento del cable frena y detiene el avión en unos 30 metros. La deceleración es del orden de una vez y media a dos veces la aceleración de la pesantez.

Importancia de la barrera de detención de maniobra rápida.

Una vez posado el avión, se levanta el gancho de detención, lo que le desprende de los cables y el aparato rueda a motor hacia la zona de la cubierta de vuelo, en la que debe ser aparcado. La barrera de detención que separa la zona de "anaveage" de la zona de "aparcado" es abatida desde que ha quedado asegurado el en-

ganche del avión. El avión posado debe franquearla justamente antes de que se pose el avión siguiente. La barrera que ha vuelto a elevarse para el "naveado" siguiente debe volver a bajarse de nuevo para dejar pasar al avión siguiente a la zona de "aparcado".

Al mismo tiempo que pasa al "aparcado", el avión posado replega él mismo sus alas hacia

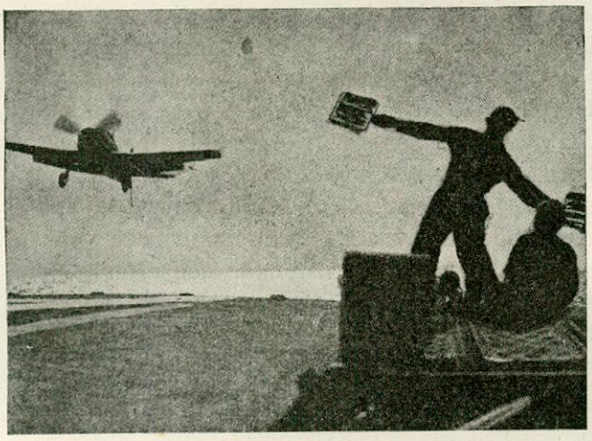


Foto 1.ª El oficial de "anaveado" con sus "raquetas".

arriba. En los "Helldiver" y aviones siguientes, la maniobra la efectúa el piloto. Los aviones se siguen así a una cadencia que — con personal bien entrenado—puede llegar a treinta segundos. Cada treinta segundos se renuevan las siguientes operaciones: aproximación, enganche, desprendimiento del gancho, abatimiento de la barrera, plegado de las alas y aparcado a proa de la barrera.

Cadencia de despegue de quince segundos.

La cadencia de los despegues es del orden de quince segundos. Forzando velocidad, el buque se pone proa al viento para el despegue. Con 35 nudos de viento sobre cubierta, el despegue directo no necesita más que unos 20 metros para un avión de hélice. Para obtener despegues aún más cortos, se utiliza una catapulta especial llamada acelerador, que permite por medio de una simple eslinga, y de un sencillo gancho, lanzar los aviones rodando sobre sus ruedas en unos 30 metros.

El carro de la catapulta se desplaza por debajo de la cubierta, de tal manera que la cubierta de vuelo quede siempre despejada para los despegues directos.

El catapultado permite efectuar dos lanzamientos por minuto; por consiguiente, con dos catapultas el portaaviones puede poner en el aire un avión cada quince segundos, lo mismo que con el despegue directo.

Aparcado comprimido de los aviones sobre la cubierta antes del despegue.

Todos los aviones que puedan operar son previamente aparcados sobre la popa de la cubierta. Con el dispositivo de plegado automático de las alas, el número de aviones apartados llega a 35 en un portaaviones tipo "Arromanches", y a 60 en un portaaviones americano de la clase "Essex". En operaciones, el portaaviones tiene la cubierta enteramente llena de aviones. Los 6 a 10 primeros aviones son catapultados. Tan pronto se hayan despejado 120 metros de la cubierta de vuelo, los despegues directos empiezan a una cadencia de quince segundos. Los aviones desplegan sus alas en el mismo momento en que ellos se lanzan para el despegue.

En fin, se pueden prever las salidas única-

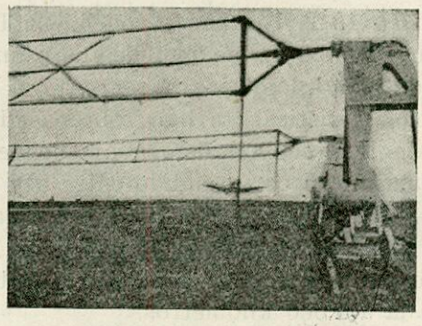


Foto 2.ª Barreras de detención.

mente por catapulta, de tal manera que se mantenga enteramente libre la cubierta para el "anaveado".

Rapidez de la concentración aérea permitida por los portaaviones.

En resumen, la cadencia de los "despegues" es de quince segundos, y la del "anaveado" de treinta segundos.

El portaaviones moderno puede así realizar la concentración aérea en el mar. La concentración es, en efecto, esencial, en las operaciones aeronavales, principalmente en las operaciones

contra tierra. El buque armado de aviones debe poder "operar" con el máximo de aviones, lo mismo que el buque armado de cañones está previsto para poder disparar en combate con toda su artillería.

Gracias a estos dispositivos, grupos de tres y cuatro portaaviones han podido, en el transcurso de la guerra del Pacífico, poner en operaciones de 300 a 400 aviones cada uno, y en varios portaaviones hasta 1.000 aviones y más. El ataque a Tokio, por ejemplo, de 16 de febrero de 1945, efectuado por los portaaviones del almirante Mitscher, puso en línea 1.072 aviones. Una semejante concentración aérea es posible en plazos inferiores a los que exigirían aviones de base terrestre.

El mejoramiento de las características de los aviones embarcados modernos.

El portaaviones ha sufrido perfeccionamientos considerables a partir de 1942, tanto en las características de los aviones como en su armamento.

Los "S. B. D.", en servicio en la guerra del Pacífico en 1942, pesaban 5 toneladas. Podían llevar una bomba de media tonelada a una distancia de 500 kilómetros y regresar a bordo. Estas características se han sobrepasado ampliamente. El tonelaje de los aviones embarcados está ahora comprendido entre 5 y 10 toneladas. He aquí la progresión americana:

— Los "Helldivers" de 1945 llevan 1 tonelada a 1.000 kilómetros.
— Los "Skyraiders" de 1948 llevan 2 toneladas a 1.200 kilómetros.
— Los "Mauler" de 1949 llevan 3 toneladas a 1.500 kilómetros.
— Los "Skysharks" de 1950, análogos a los "Skyraiders", pero mucho más rápidos (turbo-propulsores de 5.500 CV).
— Los "A. J. I." de 1951 tomarán 5 toneladas (la bomba atómica) a 2.000 kilómetros.

Los "A. J. I." son trimotores (dos motores de hélice y un turbo-reactor en la cola) y alcanzan un tonelaje excepcional de 25 toneladas. Ellos no son utilizables más que en portaaviones de 25.000 toneladas de la clase "Coral Sea". Las pruebas se efectuaron en octubre de 1950.

A estos aviones de ataque se añaden los aviones especializados antisubmarinos, que hoy se han transformado en aparatos de un tonelaje próximo a las 10 toneladas (caso del "Grumman Guardian" A. F. 1).

Por su parte, los aviones de caza han pasado del peso de 3 ½ toneladas de los "Seafire III" a 5 ½ toneladas de los "Seafury" y a cerca de 5 toneladas para los "F. 6 F." (Hellcat"), para llegar a 8 ½ toneladas con los bimotores "Sea-Hornet".

Finalmente, es esencial subrayar que en el transcurso de los cinco últimos años se ha producido una evolución considerable en el armamento del avión ligero: el bombardero en picado de 1940 se ha fusionado con el caza, y el avión torpedero se ha transformado en caza-bombardero armado de cohetes y generalizado desde 1945.

Generalización de los aviones de ataque monoplaza armados de cohetes.

Después de 1944, el cohete de 127 mm. es el arma principal del avión de los portaaviones americanos. El "Skyraider" lleva normalmente 12.

En Corea, el cohete de 300 mm., que pesa 580 kilogramos, ha entrado en escena. Es el "Tiny-Tim". Dos verdaderos proyectiles de 300 pueden ser lanzados a boca de jarro por un avión de 6 toneladas con unas probabilidades de impacto muy superiores a las del cañón (la guerra de Corea acaba de dar un nuevo ejemplo de eficacia). Los "Corsair" puede llevar cada uno dos "Tiny-Tim" y 8 cohetes de 127 mm. Gracias a estos proyectiles, los "aviones de ataque" son monoplazas derivados del avión de caza. Por esto el avión embarcado se ha transformado en un notable avión de precisión de altas características.

Aun con el ataque de torpedos, se necesitan características elevadas. El Westland "Wyvern" de la Marina inglesa, de turbo-propulsor, es un caza equipado como torpedero. Se le llama "torpedo-fighter" o "strike-fighter".

La superioridad del avión embarcado, en cuanto a precisión, proviene de su velocidad, de su maniobralidad, de su compacidad y de la precisión en el impacto. Recordemos que ella ha

sido obtenida por el hecho de que el avión embarcado está de antemano aligerado del peso de un radio de acción superfluo, como lo demuestra el siguiente cuadro, del peso de combustible de un avión embarcado con relación a un avión terrestre:

	Tonelaje — *Toneladas*	Peso del combustible — *Tonelaje*	Horas de vuelo en crucero
a) Aviones de portaviones:			
Grumman F. 6 F./5 "Hellcat"	5,5	14 %	4 h. a 400 km.-h.
Vought F. A. U./5 "Corsair"	6	19 %	6 h. a 500 km.-h.
Martin A. M. 1/1 "Mauler"	10	26 %	6 h. a 400 km.-h.
b) Aviones con base en tierra:			
Lockheed P. 2 V. "Neptune"	26	33 %	15 h. a 300 km.-h.
Convair B. 36 D.	140	65 %	20 h. a 400 km.-h.

EL AVIÓN EMBARCADO ES MÁS LIGERO QUE EL AVIÓN COSTERO.

Se ha dicho que el avión embarcado era de características inferiores al avión terrestre. Esto es inexacto desde 1942. Como lo indica el siguiente cuadro, el peso de los dispositivos para el "anaveado" representa, como máximo, un 3 por 100 del tonelaje para un avión de hélice y un 6 por 100 para un avión de reacción.

SUPLEMENTO DE PESO	Avión de hélice (Sea-Fury) — *Kilos*	Avión de reacción (Sea-Hawk) — *Kilos*	Porcentajes de peso necesario para el "anaveado"	
Alas:				
Dispositivo de plegado (automático)	75	77,5	Relacionaremos estos pesos a un supuesto tonelaje de 5 tons.	
Dispositivos de "sustentación" suplementarios	—	75		
Aumento de superficie "portante"	—	18		
Reforzado	13	15,5		
Total parcial	88	186		
Fuselaje:				
Gancho de cola	12	28		
Puntas del "Jato"	11	14		
Reforzado	10	21		
Total parcial	33	63		
Tren:				
Absorción	8	26	Para el avión de hélice.	Para el avión de reacción.
Reforzado	10	12		
Total parcial	18	38		
TOTALES	139	287	2,8 %	5,7 %

Ahora bien, una hora de vuelo representa, aproximadamente, un

— 5 por 100 del tonelaje para el caza de hélice.

— 15 por 100 a 20 por 100 para el avión de reacción.

Se ve que en los dos casos el peso del citado dispositivo del "anaveado" y "despegue" es muy inferior al suplemento de peso que debería llevar si despegase de un aeródromo costero para alcanzar la zona de operaciones en la mar y volver a su base terrestre.

Relacionado a la masa de combustible consumido, el peso del dispositivo de "anaveado" de los aviones de portaaviones representa menos de una hora de vuelo para los aviones de

hélice y apenas veinte o treinta minutos de vuelo para un avión de reacción.

Conclusión. Si se opera a más de media hora de vuelo de un aeródromo terrestre, el avión embarcado es más ligero que el avión terrestre.

El "anaveado" de los cazas de reacción.

La adaptación del avión de reacción, comenzada en los portaaviones en 1945, se ha terminado en 1950 en la Marina americana y en la Marina británica.

Las velocidades de aproximación son un poco más altas, alrededor de los 100 nudos. El viento aparente debe ser de 35 nudos, lo que exige una velocidad un poco más alta a los portaaviones.

Estos aviones de reacción se acomodan muy bien al sistema de "anaveado" con los cables de los aviones de hélice. Sin embargo, se ha realizado una "barrera" especial para los trenes triciclos, la barrera "Davis". Está formada por una tira de nylón que precede a un cable de acero y que se levanta después del paso de la rueda de proa y se engancha en las patas de las ruedas traseras.

El "anaveado" de los aviones de reacción no es una cuestión de eslora de cubierta. Es, ante todo, una cuestión de frenado.

Los frenos actuales del "Arromanches" permiten el "anaveado" en condiciones de viento del orden de 30 nudos a aviones de 5 a 7 toneladas a la velocidad de 75 a 85 nudos, y para aviones de 4 a 5 toneladas a velocidades de 90 nudos. Sin duda, la velocidad de aproximación de estos aviones de reacción es bastante alta. Alcanza de 105 a 110 nudos para los "Sea-Hawk" de los "Panther", pero para otros, como los "Vampire", es de 90 nudos, lo que no excede a la velocidad de presentación de ciertos aviones de hélice como el "Sea-Fury".

La velocidad y el peso condicionan el esfuerzo que deben soportar los frenos, y los esfuerzos más considerables se traducen por un desenrollamiento más acentuado de los cables de frenado o por hacer sufrir una mayor deceleración a la estructura del avión.

Con los actuales aviones ("Hellcat" y "Helldiver"), los cables del "Arromanches" están regulados para alargarse sobre la cubierta de 30 a 35 metros, de tal manera que den una aceleración de 1,5 g. de promedio. Estos frenos serán modificados para obtener un alargamiento de 40 a 45 metros, de tal manera que el avión que se presente a una velocidad más alta, sufra con el frenado la misma deceleración de 1,5 g.

En los portaaviones americanos de la clase "Essex" pueden "anavear" aviones F. 9 F. "Panther", que pesan 7 toneladas y que se presentan con una velocidad de deceleración del orden de 2 g.

El equipo radar de los portaaviones.

El portaaviones no solamente es una plataforma de la aviación. Sin el radar no se hubiese transformado en lo que hoy es: una base aérea móvil "inteligente". Una red electrónica perfeccionada le permite "sostener" en el aire sus propios aviones y estar advertido de todos los movimientos de los aviones enemigos.

Los primeros radares de 1941, cuya antena debía ser apuntada, exigían una manipulación constante para encontrar el azimut de cada blanco. El lóbulo de las ondas emitidas debía permanecer relativamente grande para permitir explorar en el horizonte o en el cielo.

Hoy el portaaviones está dotado de radares de antenas giratorias de movimiento continuo, cuyo haz puede ser apretado por un proyector para obtener mayor precisión, mientras que todos los objetos detectados pueden estar representados simultáneamente en el campo de un panorama circular. El azimut de cada objeto detectado es así precisado periódicamente a intervalos regulares y además la imagen queda mantenida de una manera continua por la pantalla fosforescente del panorama. Las posiciones de todos los raids son así tenidas al día. El comandante puede concentrar su atención sobre los blancos que le interesan sin arriesgarse a perder de vista la situación general. El, por tanto, nunca será sorprendido. Esto en un círculo de 100 millas de radio. En resumen, una plataforma electrónica muy extensa soporta todo el dispositivo aéreo y le da su eficacia.

Sin esta infraestructura electrónica los combatientes aéreos en la mar serían como niños perdidos, y su eficacia sería de reducido rendimiento. Hasta estos últimos tiempos, el sistema radar de los portaaviones presentaba fallos a baja altura, pues los lóbulos de los radares no podían alcanzar a los aviones en vuelo rasante por el hecho de la curvatura de la tierra. En efecto, una antena radar montada sobre un palo de 25 mts. de altura envía un lóbulo que tan-

gentea el horizonte a 10 millas náuticas. Un avión en vuelo rasante puede, pues, colocarse en este ángulo muerto más allá de esta distancia.

La Marina americana ha remediado este defecto con aviones-radar especiales llamados "Early Warning", es decir, aviones de alerta-radar. Son aviones de detección ligados al portaaviones.

Esto consiste en colocar el lóbulo de las emisiones a una altura relativamente elevada de varios centenares de metros. A esta altitud el lóbulo radar tangentea el horizonte a 80 ó 100 millas náuticas. Con la distancia del avión al portaaviones, las distancias de detección de los aviones son aumentadas.

El radar de los aviones embarcados.

Los radares corrientemente empleados son del tipo proyector "axial" y se montan bajo las alas como una bomba. El tipo AN-APS-4, para la búsqueda de los snorkel, equipa los "Firefly" británicos y los SB. 2 C., que acaba de recibir la Marina francesa de la Marina americana. El tipo AN-APS-6, para la caza nocturna, está montado sobre los "Corsair".

Estos radares emiten un haz estrecho de ondas centimétricas (3 cm.) y que barre a la cadencia de dos segundos un ángulo de 75° a cada lado del eje y 30° hacia abajo. El eco del horizonte representa sobre la pantalla la altitud del avión. Un avisador de lámpara previene al observador o al piloto cuándo se recibe un eco, al objeto de evitar una molesta observación continua, lo que permite además utilizar estos radares sobre aviones monoplazas.

Los aviones antisubmarinos especializados y los aviones Early Warning como el "Douglas-Skyraider" AD. 2 y el "Grummann-Guardian" AF. 2, están dotados de un radar tipo "panorámico" de antena giratoria dispuesta en un domo ventral de 1,20 metros de diámetro, lo que da a estos aviones su particular silueta. Este radar exige una observación continua del "Plan Position Indicador" (P. P. I.) y, por consiguiente, necesitan un radarista distinto del piloto, lo mismo que a bordo de los buques.

Los aviones bimotores antisubmarinos.

Los aviones antisubmarinos se hacen cada vez más pesados a causa de su equipo radar, cada vez más voluminoso y potente. Además de los monomotores "Fairy 17", "Blackburn YRA" y "Grummann-Guardian", se ha previsto para la lucha antisubmarina a bimotores lentos "Short SB. 3" y "Grumann" especial, cuyo tonelaje será del mismo orden (9,5 toneladas), y que podrán "anavear" sobre pequeños portaaviones. La ventaja del bimotor es la de dejar más sitio en el fuselaje para los aparatos electrónicos de detección de los Snorkel.

Las operaciones de noche sobre los portaaviones y el empleo de la caza en las veinticuatro horas.

Contrariamente a una opinión corriente, las operaciones de noche, aun con noches muy oscuras, son posibles con los aviones modernos. Desde 1945 la flota americana había construído una serie de aviones especializados en operaciones nocturnas: la división "Saratoga-Enterprise". El "anaveado" debe hacerse en plena oscuridad "black-out". Estas operaciones nocturnas exigen instalaciones no visibles desde el exterior y un equipo electrónico muy avanzado, tanto sobre los aviones como sobre la "plataforma". El avión tiene una pequeña lámpara sobre la cruz, además de sus luces de extremidades de alas, y el "oficial de anaveado" está vestido con una combinación fluorescente.

Pruebas de "anaveado" de noche se efectuaron el 28 de febrero de 1950 a bordo del portaaviones americano "Valley Forge" (8 pilotos efectuaron cada uno 25 "anaveados" nocturnos sobre "F. 9 F. Panther"). El primer "anaveado" de noche de un avión de reacción fué efectuado por el comandante Lanham.

Aviones especiales de caza nocturna biplazas son además ensayados en la Marina americana: los "Douglas Sky-Knight F. D. 3" (llamados cazas para "todo tiempo").

En fin, el 19 de junio de 1950 los "Sea-Vampire" han "anaveado" de noche sobre el "Theseus", portaaviones británico idéntico al "Arremanches".

Con relación a los cazas de día, los cazas nocturnos son un poco pesados por su equipo electrónico, necesario para la misión en la oscuridad y para poder operar en condiciones meteorológicas difíciles. Pero todos estos problemas están ahora resueltos.

En resumen, por los resultados adquiridos en

1950, se ha demostrado que después de los aviones de hélices los aviones de reacción pueden "anavear" de noche. La combinación del empleo de la caza aérea y de la caza nocturna de hélice o de reacción permite asegurar una defensa aérea en la mar durante las veinticuatro horas. Es decir, como dicen los americanos: "all around the clock".

La aviación embarcada opera por grupos aéreos "Air Groups".

Numéricamente, los portaaviones modernos llevan, según su tonelaje, de 30 a 100 aviones.

Tácticamente, las formaciones aéreas embarcadas están organizadas en "grupos aéreos" ("air groups"). Cada grupo aéreo está constituído por dos a cinco escuadrillas o flotillas (de 30 a 80 ó 90 aparatos). Estas flotillas están mezcladas, según su misión, en flotillas de caza, de ataque o de acción antisubmarina, y operan bajo las órdenes de un jefe de grupo aéreo.

Por ejemplo, un portaaviones del tipo americano "Essex" puede llevar o bien un "grupo aéreo" de 5 flotillas destinadas al ataque (strikes) o bien un "grupo combinado de caza antisubmarina" (2 escuadrillas) y de caza aérea (3 escuadrillas de día y de noche).

El avión de velocidad sónica puede "anavear".

Si el primer "anaveado" de un avión de reacción se remonta a unos cinco años ("anaveado" de un "Sea-Vampire" sobre el "Ocean" el 5 de diciembre de 1945), se trataba de un avión de velocidad subsónica (número de Mach = 0,7). Son el "Sea-Attacker", el "Banshee" y el "Panther" se aumentaron las velocidades (número de Mach de 0,82 para el "Sea-Attacker"). Una nueva etapa se franqueó el "Ilustration" de un avión de ala en flecha, el "Supermarine 510", cuya velocidad alcanza las velocidades sónicas (número de Mach próximo a 1). El sistema clásico de aproximación y frenado por cables de frenos hidráulicos permanece valedero para los aviones de velocidades sónicas y con el tren de aterrizaje clásico lo mismo que con el tren triciclo.

¿Se mantendrá el sistema de frenado por cables?

En 1948 se efectuaron pruebas en Inglaterra a bordo del "Warrior" (portaaviones similar al "Arromanches") para el aterrizaje de aviones de reacción sobre cubierta flexible. El avión (un "Vampire") se presentó con el tren oculto. El se enganchó a un solo cable situado bastante alto, que provocó el escamoteo instantáneo de los dispositivos de sustentación. El avión era frenado por fricción sobre la cubierta en unos 30 metros. El problema consistía entonces en volver a colocar al avión sobre sus ruedas o sobre un carro para "aparcarlo".

¿Suprimirá este procedimiento el tren de aterrizaje? Parece que se aplicaría sobre todo a hidroaviones de reacción. Les permitiría pasar de un plano de agua a la cubierta de un portaaviones. Para los aviones de ruedas la fórmula más práctica será la del "enganchado", que permite obtener una cadencia de "aparcado" igual a la cadencia del "anaveado". En fin, el tren de aterrizaje de ruedas permite la intercambiabilidad entre los portaaviones y los aeródromos terrestres.

Las catapultas más potentes.

El principal hándicap del empleo sobre el portaaviones de los aviones de reacción sigue siendo el despegue, que impone una catapulta potente. Esta debe ser capaz de lanzar los aviones cargados, de 8 a 10 toneladas, a velocidades de 130 a 140 nudos cuando se trata de aviones de velocidades sónicas. La guerra de Corea ha demostrado que la potencia de las catapultas era todavía insuficiente, al menos para los cazas de reacción en sobrecarga.

Los aviones de hélices supersónicas.

Una novedad de la Marina americana en 1950 es la realización de aviones de hélices supersónicas, accionadas por turbo-propulsores. El "Douglas A. 3 D.", "Sky Shark", está accionado por dos hélices coaxiales movidas por un turbo-propulsor Allison de 5.500 CV., lo que permite con velocidades máximas considerables obtener una autonomía elevada, "anaveados" a velocidades más moderadas y "despegues" ex-

tremadamente cortos sobre las cubiertas de los más pequeños portaaviones.

El desarrollo de la potencia unitaria de los turbopropulsores favorece el lanzamiento del avión embarcado bajo la forma de aviones a la vez potentes de hélices supersónicas coaxiales que desarrollan hasta 15.000 CV. Tal potencia está considerando Curtiss para el desarrollo de sus hélices futuras. Puede pensarse que con turbo-propulsores se podrán realizar aviones a la vez de características elevadas y de velocidades de crucero económicas, lo cual corresponde a las condiciones óptimas de su empleo en la mar.

La experiencia de los "jets" en Corea.

El empleo en Corea de los F. 9 F. "Panther" sobre los portaaviones de la clase "Essex" ha permitido deducir las primeras lecciones del empleo de los aviones de reacción sobre los portaaviones. Aunque para los "Skyraiders" y los "Corsairs" de hélice clásica los ataques "strikes) pueden ser distanciados de tres a cuatro horas, con los "Panther" de reacción esta cadencia ha debido ser reducida a una y media horas, lo que impone a los equipos de cubierta un exceso de fatiga. El aprovisionamiento de combustible ha tenido que ser más frecuente a causa del elevado consumo de los turbo-reactores. Los portaaviones armados de aviones de reacción deben, pues, aprovisionarse en la mar cada dos o tres días.

Un portaaviones totalmente equipado de aviones de reacción deberá, pues, admitir un número más reducido de aviones, o bien un armamento mixto de aviones de reacción y aviones de hélice. Estos últimos deberán, por otra parte, ser mantenidos para la alerta "Early Warning" y para la búsqueda antisubmarina.

Reforzado de las cubiertas.

El aumento de la velocidad de "anaveado" y el peso de los aviones conduce a un reforzado de las cubiertas de los portaaviones actualmente en servicio. Es por esto por lo que el "Arromanches" necesita reforzar su cubierta para que pueda recibir aviones de hélices de 9 toneladas. La velocidad de aproximación de los "Panther", que alcanza y pasa a veces de 115 a 120 nudos, ha exigido a la Marina americana, después de las operaciones de Corea, reforzar las cubiertas de los portaaviones de la clase "Essex".

En resumen, con aviones modernos más pesados y más rápidos, el portaaviones debe convertirse en un barco reforzado en su parte alta.

El portaaviones blindado, sucesor del portaaviones vulnerable.

El reforzado de la cubierta de vuelo permite mejorar, por un blindaje más grueso, la protección horizontal. Observaremos a este respecto que el blindaje de la cubierta de vuelo fué efectuado en 1947 en el "Franklin-Roosevelt" y sobre el "Coral Sea", y lo fué para el "Midway" en el transcurso del año 1948. Lo será para los "Essex" con motivo de la experiencia de los F. 9 F. en la guerra de Corea.

El portaaviones de cubierta blindada del mañana echará por tierra, si esto fuese necesario, la objección del portaaviones frágil.

Las tendencias de 1951.

Para concluir, la aviación embarcada de 1950 puede clasificarse según los tipos siguientes:

a) Un avión de caza de reacción para la escolta de día y de noche, y el vuelo en "todo tiempo", cuyos ejemplos actuales son el "Panther" (F. 9 F.) y el "Sky-Knight" (F. 3 D.) americanos y el "Havilland" "Venom" por el lado británico.

b) Un interceptor de velocidades sónicas, con turbo-reactor de elevadas características y apto para el combate en la estratosfera, cuyos ejemplos son el "Banshee" (F. 2 H.) americano, el "Sea-Attacker" y el "Sea-Hawk" británicos, en espera del "Supermarine 535" de alas en flecha.

c) Un avión de ataque y apoyo aéreo ("close air Support") utilizable para los ataques (strikes). Tal aparato pasa del motor de pistón ("Skyraiders", "Corsairs") al turbo-propulsor de hélices sónicas "Douglas" "Sky-Shark" (A. 2 D.) americano y el "Westland" "Wyvern" inglés, para los ataques con cohetes, bombas o torpedos.

d) Los aviones antisubmarinos con equipos pesados de radares y de gran autonomía y que servirán igualmente para la búsqueda y para la patrulla "Early Warning" (Douglas A. 3 D. W.).

Estos aviones pasan igualmente del motor a pistón al turbo-propulsor, pero con hélices de velocidades infrasónicas.

El portaaviones del mañana, ¿será armado de artefactos-robot?

Podría preguntarse si el portaaviones valdrá en el futuro a causa de los progresos de la ciencia en el dominio de las velocidades supersónicas y de los artefactos teleguiados.

El hecho de que los aviones sobrepasen las velocidades sónicas no suprimirá la plataforma que los ponga en acción. El equipo radar de la plataforma será más complejo.

El portaaviones del mañana puede armarse de "artefactos-robot" y de "bombas V" en lugar de aviones pilotados, pero el teleguiado de estos artefactos exigirá aviones pilotados para indicar el objetivo y teleguiar los artefactos con precisión. Estos aviones pilotados deberán regresar a bordo. En resumen, el portaaviones se presta a este doble uso: artefactos supersónicos guiados y aviones pilotados que les sirvan de guía.

Entre los artefactos supersónicos guiados, el más inmediatamente realizable parece ser que será propulsado por medio de un estato-reactor. El estato-reactor es sencillo, poco costoso y apto para velocidades supersónicas hasta 2.500 kilómetros hora. El único inconveniente es el que debe ser lanzado a una velocidad superior por lo menos de 700 km./h.

El avión embarcado portador o guía de los artefactos-robot remedia este inconveniente. Sobre este principio es como se ha realizado por la Marina americana la bomba volante aéreo-portada del tipo "Gorgone", cuyo modelo número 4 ha volado a la velocidad de 1.000 km./h. y con un alcance de varias decenas de kilómetros. Puede preverse que artefactos análogos susceptibles de volar a velocidades de 2.000 km./h. podrán ser llevados por aviones de portaaviones: estos aviones los lanzarían y teleguiarían hasta que alcanzasen el objetivo designado.

El combate aéreo, ¿es siempre posible? ¿Por encima del mar o sobre la tierra?

El desarrollo de las velocidades supersónicas podría hacerlo dudar. Los trayectos se hacen cada vez más cortos y las trayectorias más rígidas. Además, a gran altura el avión evoluciona peor, molestado por varios factores: las aceleraciones, la velocidad de "decrochage", la velocidad crítica debida a la compresibilidad del aire, que se manifiesta a un número de Mach próximo a 1.

Estos diferentes factores limitan la maniobrabilidad del avión de caza. Hacen los encuentros más breves, más fugitivos, sobre todo a gran altura, y exigirá al avión de combate un armamento más denso y de ritmo más elevado.

Pero un hecho es cierto: él tendrá encuentros en el aire. Por el hecho de los radares y los perfeccionamientos del radar permitirán el guiado de los artefactos aéreos aun a velocidades supersónicas. La guerra de Corea acaba, por otra parte, de confirmar las posibilidades del combate aéreo—principalmente desde el 13 de noviembre de 1950—con un encuentro entre "MIG-15" y F. 9 F. "Panther" del portaaviones "Leyte", combate en cuyo transcurso dos "MIG-15" fueron abatidos.

Hoy se prevé en Norteamérica, por ejemplo, "integradores de vuelo", que se montarán sobre los cazas "F. 86", y que, de acuerdo con las indicaciones de los radares de tierra y de a bordo, pilotarán el avión de caza sobre el sector a seguir, rutas de aproximación y aun asegurarán el tiro y el esquivado. Esta nueva técnica entra en esta ciencia reciente denominada "cibernética".

En la mar, los encuentros aéreos seguirán siendo posibles por el progreso del radar de los buques y de los aviones "Early Warning". La aproximación se hará con radar. En el combate mismo no podrá bastar la vista, pues el radio de giro de los aparatos sónicos podrá sobrepasar el alcance visual del piloto. En este caso la curva descrita por el caza sería demasiado tardía. La curva de aproximación deberá, pues, ser marcada por el radar en el avión de caza.

En resumen, el radar de a bordo de los aviones deberá suplir a la vista del piloto y la cibernética a su cerebro y a sus reflejos. Una especie de avión de caza-robot sucederá al caza pilotado; en otros casos el avión de caza pilotado será acompañado de cazas-robot satélites. En cualquier caso, el combate aéreo no habrá desaparecido, y en la mar exigirá como infraestructura a los portaaviones. La plataforma y el radar del buque suministrarán el soporte a la

cibernética, técnica necesaria para el combate aéreo a las velocidades supersónicas.

La aviación radar basada en tierra, ¿hará superfluo al portaaviones?

En su nuevo libro *Air Power, Key to Survival,* aparecido en 1950, el Mayor Alexander de Seversky continúa condenando lo que él llama el "mito" del portaaviones y afirma la plena potencia de las "Task Forces" enteramente aéreas, compuestas de bombarderos pesados encuadrados en superfortalezas volantes erizadas de torres y acompañadas por aviones electrónicos encargados de la detección en el aire y de la niebla-radar de la red terrestre enemiga y hasta de la "cibernética" adversaria.

Nosotros hemos conocido la tesis del general Douhet. Helas aquí recogidos por Seversky con la técnica del radar además.

La tesis del avión-radar ofensivo es interesante. Permitiría a una organización radar móvil neutralizar las instalaciones radar fijas colocadas en tierra por la defensa aérea adversaria. La Marina americana ha pensado en ello, puesto que ha transformado en avión-radar los "Constellations" de 75 toneladas. El radar exige tonelaje. Para doblar el alcance de un radar es necesario, en efecto, multiplicar por 16 el alcance de la emisión y, por consiguiente, aproximadamente el peso del equipo. Ahora bien, el buque puede, bajo este punto de vista, mejor todavía que las aeronaves, llevar radares pesados y potentes. El buque da, sobre el mar y en las proximidades de una costa, la movilidad deseable para estas instalaciones radar. La combinación del buque porta-radar y del avión "Early Warning" es particularmente ventajosa.

El portaaviones del mañana, ¿será un "Flush-Deck"?

El portaaviones del mañana, ¿deberá renunciar a su "isla", puente-chimenea o será un "Flush-Deck", es decir, de cubierta enteramente despejada?

Habrá, sin duda, que despejar su cubierta si se ponen en acción aviones más potentes de 25 toneladas en lugar de 10 y de aparatos supersónicos pilotados. Puede ser igualmente preferible despejar la isla *en caso de mediocre visibilidad y para ciertas operaciones nocturnas.*

El portaaviones del mañana, ¿podrá resistir el peligro atómico aun manteniendo sobre cubierta sus aviones de operaciones? ¿Debe considerarse, por el contrario, el catapultado a partir del hangar o bajo una cubierta blindada a prueba del "soplado" de las explosiones atómicas? Contrariamente a lo que se podría creer, ¿el portaaviones será el blanco más difícil de alcanzar en la mar por el hecho de sus aviones "Early Warning" y de su "sombrilla" de caza a gran altura? Es verosímil que en estas condiciones se podrá sin duda mantener la técnica de los aviones de operaciones sobre cubierta.

Cualquiera que sea la técnica del portaaviones, no podrá dejar de evolucionar como la de todos los buques.

La Marina está en plena evolución. Pero en esta evolución hay etapas, y sobre estas etapas es técnicamente posible realizar tipos de buques viables y útiles.

La técnica del portaaviones actual se prolongará.

Pasamos actualmente de la etapa del avión de hélice a la del avión de reacción—en espera de pasar a la etapa del avión supersónico—. Pero la etapa del avión de hélice se prolonga al "mismo tiempo" que se "ceba" la etapa del avión de reacción. Las dos etapas pueden coexistir. Aunque se construyesen portaaviones especialmente dispuestos para el empleo de los aviones de reacción, el portaaviones que utiliza solamente aviones de hélice no habrá desaparecido. La lucha antisubmarina, que exige permanencia, pide casi únicamente aviones de hélice. Los portaaviones antisubmarinos actuales no serán, pues, desvalorizados en los próximos años. El desarrollo de la lucha antisubmarina mantiene su utilidad, aun en la era de los aparatos supersónicos. La lucha antisubmarina prolonga la técnica del portaaviones ligero del tipo "Arromanches" o "Langley".

Técnicamente, no se cometerá, pues, un error construyendo, en los años próximos, una Marina de portaaviones.

(De *La Revue Maritime,* mayo 1951.)

Información Legislativa

El "Boletín Oficial del Estado" de 30 de octubre de 1951 publica el siguiente Decreto-ley:

Decreto-ley de 26 de octubre de 1951 por el que se crea la Dirección General de Industrias Navales, dependiente del Ministerio de Industria.

Creados por Decreto de 19 de julio de 1951 los Ministerios de Industria y de Comercio, sobre la base del antiguo de Industria y Comercio, quedó adscrita la Subsecretaría de la Marina Mercante al segundo de éstos, en atención a que la utilización de nuestra flota mercante y pesquera está íntimamente relacionada con nuestro comercio exterior, con la obtención de divisas y con el abastecimiento nacional.

Sin embargo, la existencia en dicha Subsecretaría de servicios de carácter netamente industrial y con suficiente rango e importancia técnica y administrativa, aconseja adscribirlos al Ministerio de Industria, agrupándolos en una Dirección General que, sin perder su conexión con la Subsecretaría de la Marina Mercante, comprenda todos los servicios relacionados con las industrias navales y con la inspección técnica de los buques mercantes.

Una elemental prudencia aconseja que no solamente en tiempo de guerra, sino también en aquellas circunstancias especiales en que el Gobierno así lo determine, la nueva Dirección General pueda pasar a depender del Ministerio de Marina en la misma forma en que ya se dispone para la Subsecretaría de la Marina Mercante en la Ley de 19 de febrero de 1942.

En su virtud,

DISPONGO:

Artículo primero.—Los servicios de carácter industrial atribuídos a la Subsecretaría de la Marina Mercante por la Ley de 19 de febrero de 1942 se llevarán en lo sucesivo por una Dirección General denominada Dirección General de Industrias Navales, que se crea al efecto en el Ministerio de Industria.

Artículo segundo.—Serán de la competencia de la Dirección General de Industrias Navales los asuntos referentes a:

a) Construcciones navales mercantes.
b) Empresas de construcción naval.
c) Industrias auxiliares de la construcción naval.
d) Crédito naval y primas a la construcción.
e) Inspección técnica de la construcción naval y de las flotas mercante y de pesca.

Artículo tercero.—La Inspección Central de Buques y de Construcción Naval y las Inspecciones Provinciales quedan adscritas a la Dirección General de Industrias Navales, conservando la organización y funcionamiento señalado en el Decreto de 7 de octubre de 1941. Sin embargo, el personal inspector de buques del litoral estará subordinado a la Subsecretaría de la Marina Mercante por medio de las respectivas autoridades locales de Marina, en el ejercicio de sus funciones inspectoras de los buques en servicio, así como de los que se encuentren en construcción o reparación en aquellos aspectos funcionales y de utilización que afecten directamente a dicho servicio.

El inspector general de buques actuará como enlace entre la Dirección General de Industrias Navales y la Subsecretaría de la Marina Mercante.

Artículo cuarto.—Los programas de construcción naval mercante, así como el señalamiento de la preferencia de cada tipo de buque a construir, serán de la competencia de la Subsecretaría de la Marina Mercante, pero será preceptivo en todos los casos el informe de la Inspección General de Industrias Navales.

Artículo quinto.—La tramitación y resolución de los expedientes sobre instalación de nuevas indus-

trias conserveras y de salazones y ampliación de las existentes en aplicación de lo dispuesto en el Decreto de 8 de septiembre de 1939 y disposiciones complementarias, cualquiera que sea la materia prima que utilicen, así como la inspección y vigilancia de dichas industrias será de la competencia de la Dirección General de Industria. En todos dichos expedientes será preceptivo el informe de la Subsecretaría de la Marina Mercante.

Artículo sexto.—En caso de guerra, así como en aquellas circunstancias especiales en que lo determine el Gobierno, la Dirección General de Industrias Navales pasará a formar parte del Ministerio de Marina.

Artículo séptimo.—El Consejo Ordenador de la Marina Mercante e Industrias Marítimas dependerá administrativamente del Ministerio de Comercio y se regirá en su funcionamiento por las disposiciones legislativas actualmente en vigor, ejerciendo además sus funciones consultivas y de propuesta de obra legislativa cerca de la Dirección General que se crea mediante el presente Decreto-ley. El inspector general de buques será vocal permanente del citado Consejo Ordenador.

Artículo octavo.—Por el Ministerio de Hacienda se procederá al desglose de los créditos presupuestarios de la Subescretaría de la Marina Mercante y a la habilitación en su caso de aquellos que se consideren necesarios para el sostenimiento de los servicios de la Dirección General de Industrias Navales.

Artículo noveno.—Quedan modificadas en la forma señalada en los artículos anteriores la Ley de 19 de febrero de 1942 y sus disposiciones complementarias, y el Decreto-ley de 19 de julio de 1951.

Artículo décimo.—Quedan autorizados los Ministerios de Industria y de Comercio para dictar las disposiciones reglamentarias que fueren convenientes a la mejor ejecución y desarrollo del presente Decreto-ley, en las materias de su respectiva competencia.

Artículo undécimo.—Del presente Decreto-ley se dará cuenta inmediata a las Cortes.

Así lo dispongo por el presente Decreto-ley, dado en Madrid a 26 de octubre de 1951.—*Francisco Franco.*

Información Profesional

EL COSTE DEL DESGASTE DE LAS CAMISAS

La importancia del desgaste de las camisas de los cilindros de los motores Diesel no debería exagerarse. Es conveniente, desde luego, que sea el mínimo posible, con el fin de ahorrar el coste del reemplazo, y es necesario que éste se efectúe durante el tiempo que el barco está en puerto normalmente. La cuestión del desgaste está siendo ahora muy estudiada, debido, en parte, a la idea general de que las camisas de la postguerra presentan un desgaste mayor que las suministradas antes de 1939, y, en parte, al creciente empleo de petróleo de calderas en los motores Diesel, que muchos armadores consideran que aumenta el desgaste de las camisas. Esta opinión es combatida por muchos que poseen la mayor experiencia, pero de todas formas se reconoce que el coste de las camisas nuevas puede pagarse con los ahorros efectuados en seis o siete meses empleando combustible más económico.

El asunto fué examinado detenidamente en una de las Memorias leídas recientemente por V. Vandeghem y P. Laval, de Cockerills, en el Congreso Internacional de Motores de Combustión Interna celebrado en París. Esta Memoria se ocupa exclusivamente del desgaste de las camisas de motores Diesel grandes, y como ejemplo se cita un motor de dos tiempos y simple efecto, con un diámetro de cilindro de 740 mm. El coste medio de una camisa se da en 60.000 fr., añadiendo 40.000 fr. para desmontaje y montaje; el coste total es de unos 100.000 francos.

Si es larga la vida de una camisa—unas 50.000 horas, por ejemplo—, el coste por hora es de dos francos, y si es corta—15.000 horas—, el coste es de 6,67 francos. Un cilindro de éstos consume 162 francos de Diesel-oil (172 gramos por B. H. P./h. a 140 francos por kilogramo), y gasto de 4 francos de aceite lubricante para los cilindros, además de 2 francos de este aceite para los cojinetes. El coste total del combustible y aceite lubricante es, por lo tanto, 168 fr. por hora, mientras que el coste de la camisa es entre 2 y 6,67 fr. por hora. Los autores de la Memoria deducen de esto que no puede ser económico reducir el desgaste de las camisas de los cilindros a expensas de aumentar el consumo de aceite lubricante, por lo menos por encima de cierto límite.

Con el empleo del petróleo de caldera, que cuesta 30 por 100 menos que el Diesel-oil, el coste adicional del reemplazo de la camisa, incluso si el desgaste indicado en el ejemplo anterior fuera el triple, es decir, entre 6 y 20 fr. por hora, sería pequeño todavía, comparado con la ganancia de unos 49 fr. por hora debido al combustible de bajo precio. En la práctica se logrará probablemente un aumento del 50 por 100, de forma que el coste del reemplazo de la camisa sobre esta base será entre 3 y 10 fr. por hora, o sea del 6 al 20 por 100 del ahorro que se efectúa en el gasto de combustible, probablemente más cerca del 6 que del 20.

EL ALTO COSTE DE LOS BARCOS

Hasta hace poco el coste de los barcos nuevos —de pasajeros, petroleros y de carga—era de 80 ó 90 libras la tonelada de R. B., equivalente a 52-59 libras la tonelada de P. M., y éstos son los valores que se han dado durante algún tiempo en los informes del Board of Trade. Las 755.000 toneladas de R. B. de barcos mercantes nuevos—el 95 por 100 son buques a motor, que recibirán los armadores noruegos este año—costarán 50 millones de libras, o sea 66 libras la tonelada de R. B. (43 libras la tonelada de P. M.), pero esto no incluye ningún barco de pasajeros y comprende una gran proporción de petroleros. La mitad de este tonelaje procede de los astilleros británicos.

La tendencia alcista de los precios se destaca en declaraciones del mes pasado referentes a los barcos de pasaje de 17.000 toneladas y 18 nudos que está construyendo ahora la Unión Castle, que costarán dos millones de libras cada uno, o sea 117 libras la tonelada de R. B., y a que un buque de carga, a motor, de 10.000 toneladas, exigiría un desembolso de 80 libras la tonelada de P. M.

Antes de la guerra, un buque a motor de 9.000 toneladas y 12 nudos podía construirse por 140.000 libras, o sea de 15 a 16 libras la tonelada de P. M. Hace dos años la cifra correspondiente era de unas 45-50 libras, y hoy día probablemente es de unas 60 libras la tonelada de P. M. Los precios de los petroleros han subido también en la misma proporción, y el presidente de la United Molasses Co. manifestó recientemente que costaría de 54 a 65 libras la tonelada de P. M. el reemplazo de sus petroleros. Cuando se encargó, después de la guerra, la primera serie de los petroleros a motor de 24.000 toneladas y 14 nudos, el precio fué de unas 32 a 35 libras la tonelada de P. M., y ahora un armador tendrá que pagar más de 50 libras. El grupo de seis petroleros de 26.500 toneladas y 16 nudos, propulsados por vapor, encargados por la Esso Petroleum Co., costarán en Inglaterra 47 libras la tonelada, y el contrato para seis barcos similares encargados en Norteamérica se fijó en 70 libras la tonelada. El precio de un petrolero de 13.500 toneladas y 14 nudos de construcción británica fué recientemente de 59 libras la tonelada.

Excepto en Norteamérica, en donde los precios son aproximadamente el 50 por 100 más altos, los costes en los diferentes países constructores de barcos no son muy distintos, si bien las cotizaciones de los astilleros franceses e italianos son mucho más altas que las del resto de Europa. Alemania y Japón son los que por ahora dan precios más bajos, y hace algunos meses se le adjudicó un contrato a un astillero japonés para la construcción de un petrolero de 24.000 toneladas y 14 nudos, propulsado con maquinaria Diesel, por un precio exactamente el 10 por 100 menos que el precio británico.

Esto, sin embargo, es probable que ocasione una pérdida a los constructores. En Alemania, los recursos se están agotando rápidamente, y los costes pueden llegar al nivel de los astilleros británicos, si bien es probable que aumente la competencia de los constructores alemanes de maquinaria Diesel.

Los astilleros británicos tienen encargos para cuatro veces su máxima producción anual, de forma que, incluso si se estabilizara el nivel de salarios y costes de materiales, no existirían probabilidades de que el precio de los barcos bajara durante dos o tres años. Con los otros factores conocidos y tan divulgados que conducen a mayores subidas de precios, son menores las perspectivas de obtener barcos más baratos en los próximos años. En realidad, ya parece que se ciernen sobre la industria nuevas subidas de salarios. El descenso vendrá cuando el comercio mundial empiece a retroceder y se pongan en servicio los 10 millones de toneladas de R. B. de barcos mercantes que hay encargados ahora en todo el mundo, y esto puede sobrevenir en una forma catastrófica, en lo que a la industria de construcción naval se refiere. Depende, naturalmente, de la tendencia de los acontecimientos en las actividades de la Marina mercante, que, a su vez, depende de factores que están fuera de su control. Pero la existencia de los 10 millones de toneladas de R. B. de barcos de carga y petroleros antieconómicos construídos en tiempo de guerra, que dentro de cinco años estarán tocando el fin de su vida útil, tendrán probablemente un efecto amortiguador que servirá para suavizar el impacto de la depresión comercial cuando ésta llegue.

La Marina mercante está obteniendo grandes beneficios, pero debe reconocerse—el Chanceller of the Exchequer parece haberlo reconocido en cierto modo—que está en una situación muy diferente a la de otra clase de negocios, debido a que una gran parte de ganancias tiene que emplearlas en construir barcos para reemplazar el tonelaje gastado. Las cantidades que se necesitan para estos fines son mucho mayores que en cualquier otro caso, y como las sumas que ha sido posible descontar para depreciación durante los veinte-veinticinco años de la vida de un barco son mucho más bajas que el coste actual de un barco nuevo, es necesario obtener beneficios altos, pues de no ser así, no hay esperanzas de reemplazar el tonelaje.

DESTRUCTOR PROPULSADO POR ENERGIA ATOMICA

Comenzará a ser construído en los astilleros de Devenport tan pronto como puedan obtenerse los materiales necesarios, según anuncia el Almirantazgo.

Se cree que éste será el primer buque de guerra inglés accionado por esta clase de propulsión.

CANOAS DE FIBRA DE VIDRIO

Han comenzado a construirse en el Tyne canoas de fibra de vidrio modeladas con resina sintética y forradas de madera. Pesan menos de la mitad que las de madera.

Revista de Revistas

TEORIA DEL BUQUE

MEDICION DEL TONELAJE. EL INFORME INTERINO DE UN COMITE DE LA INSTITUTION OF NAVAL ARCHITECTS. (*The Shipbuilder and Marine Engine-Builder,* junio 1951.)

Durante muchos años ha ido aumentando el descontento existente acerca de los principios que rigen la medición de los barcos. Los ingenieros navales encargados de la proyección de barcos eficientes se dan cuenta sobradamente de las limitaciones con las que están circunscritos sus esfuerzos a causa de las regulaciones vigentes referentes a la medición del tonelaje de los barcos y a las reducciones permitidas por la ley de Marina mercante en la determinación del tonelaje neto, sobre la que se fijan los derechos e impuestos de puerto.

Hay algunos que incluso atacan la base fundamental del método existente, en el que está implícito que estos impuestos deberán basarse en la capacidad remuneradora de los barcos. Sostienen que los derechos de puerto deberían relacionarse preferiblemente a los servicios prestados a los barcos mientras se encuentran en puerto, y se han hecho varias propuestas para dar expresión a este punto de vista. Sin embargo, podría parecer que cualquier revisión en gran escala que exija grandes desviaciones de la práctica actual y posibles cambios importantes en el tonelaje de barcos individuales, tiene pocas probabilidades de éxito. El problema de una nueva medición del tonelaje es demasiado vasto para considerarlo como una posibilidad verdaderamente practicable, y de todas formas originaría inevitables cuestiones entre los armadores y autoridades de los puertos, sin considerar todavía sus aspectos internacionales.

Hay mayores esperanzas de que se efectúe un progreso útil y necesario con la aceptación de objetivos limitados, y casi no hace falta decir que entre las anomalías que piden remedio, la reducción concedida por la cámara de máquinas—que linda con lo ridículo—figura entre los principales, por no decir que es la principal. Por esta razón, vemos con satisfacción que se ha llegado a un acuerdo bastante amplio sobre las propuestas formuladas por un Comité constituído en 1949 por la Institution of Naval Architects, bajo la presidencia de sir Goodall, K. C. B. O. B. E., ex director de Construcciones Navales en el Almirantazgo.

Los términos de referencia—"considerar el efecto de las leyes actuales para medición de tonelaje sobre el rendimiento de los barcos"—fueron redactados con un amplio significado, y esto dió al Comité la oportunidad de examinar la cuestión en todos sus aspectos.

En su primera reunión, celebrada en octubre de 1949, el Comité decidió considerar el asunto desde dos puntos de vista, a saber:

1.° *Sistema a corto plazo.*—El efecto de las regulaciones actuales, en lo que se refiere a las deducciones respecto a potencia propulsora; y

2.° *Sistema a largo plazo.*—La posibilidad de redactar nuevas regulaciones de un carácter sencillo que eliminen las anomalías existentes.

En relación con la segunda de éstas, se decidió examinar la posibilidad de adoptar un método sencillo para la determinación del tonelaje; es decir: 1.°, el contenido cúbico o desplazamiento por debajo de una línea de carga determinada; 2.°, medición sobre la base del volumen de agua o espacio de muelle ocupado, que resulta del producto de la eslora, manga y calado, ó 3.°, algún otro método sencillo. Se decidió, sin embargo, que el primero de estos puntos debía tener prioridad y que el Subcomité nombrado para prestar su ayuda en estos asuntos debería limitar sus investigaciones a la deducción por potencia propulsora.

Las propuestas del Comité referentes a estas concesiones están contenidas en un informe, aprobado por el Consejo de la institución en octubre de 1950 y publicado en el volumen 93, número 2 de las "Guarterly Transactions" de la institución. El infor-

me ha sido consultado con otros organismos, a saber: el Consejo General de la Marina Mercante Británica, el Institute of Marine Engineers, la Institution of Engineers and Shipbuilding, de Escocia, y la North-East Coast Institution of Engineers and Shipbuilders, todas las cuales han expresado su conformidad con las propuestas y estuvieron representadas en una delegación que se reunió con el ministro de Transporte y sus asesores el 1 de marzo de 1951.

El ministro ha expresado su deseo de examinar la cuestión más detenidamente y ha sugerido que algunos que se entrevistaron con él, junto con los representantes de los intereses de la construcción de barcos y maquinaria y el General Council of British Shipping, deberían reunirse de nuevo para considerar el asunto una vez más.

En los párrafos siguientes damos un resumen de las características esenciales del informe.

Sistema a corto plazo.

El objeto principal del sistema a corto plazo tiene como fin obtener la mayor ventaja del progreso alcanzado en el proyecto de la maquinaria propulsora, que se traduce en cámaras de máquinas más pequeñas. Como es bien sabido, las reglas británicas para medición de tonelaje permiten una reducción del arqueo bruto por deducciones del espacio ocupado por la maquinaria propulsora y combustible. Cuando el verdadero volumen del espacio de la maquinaria está comprendido entre el 13 y 20 por 100 del tonelaje bruto, la deducción permitida es del 32 por 100 de este tonelaje. Fuera de estos límites, la deducción es 1,75 veces el verdadero volumen del espacio.

La deducción permitida para los espacios de combustible no guarda relación con las circunstancias actuales, y, además, perjudica a los barcos en los que los espacios de la maquinaria no llega a alcanzar la cifra del 13 por 100.

En muchos barcos la maquinaria necesaria podría disponerse cómodamente en un espacio mucho menor del 13 por 100 del tonelaje de registro bruto, pero lo cierto es que muchas veces se disponen grandes espacios para aire y luz con el solo fin de obtener la deducción del 32 por 100.

El Comité consideró varias propuestas, entre ellas unas curvas parabólicas y otra que estudia la eliminación de los "entrantes". Aunque las dos propuestas eliminaban el peligro de un gran aumento en el tonelaje de arqueo neto de los barcos británicos como un todo, ambas favorecían las cámaras de máquinas grandes y complicarían a los proyectistas en una investigación en lo que se refiere a los méritos respectivos de la capacidad o tonelajes reducidos.

Además, las propuestas anteriores exigirían una alteración de la ley de Marina mercante.

La inmensa mayoría de los barcos británicos obtienen ahora la deducción del 32 por 100 por medio de varios artificios, y por lo tanto el Comité decidió que la mejor solución sería conservar las del 32 por 100 y eliminar la restricción inútil de un límite más bajo, que fué impuesto nada menos que hace cincuenta años, para ajustarse a condiciones muy diferentes. Las propuestas hechas ahora se indican en

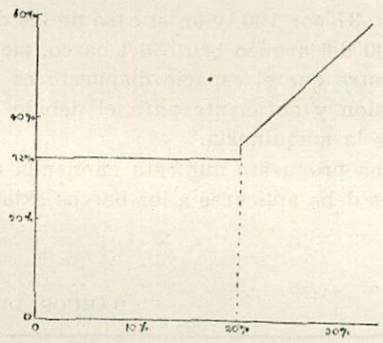


Fig. 1.—Deducción propuesta por cámara de máquinas, recomendada por el Comité del I. N. A. y sometida al Ministerio de Transportes.

la figura 1 y sobre esta base fueron investigados algunos tipos modernos de barcos, a saber:

Barcos de altura, de cubierta Shelter abierta y cerrada.

Barcos costeros, de cubierta Shelter abierta.

Barcos costeros, de cubierta de toldilla baja.

Barcos de pasajeros.

Cargueros de línea, de tres islas.

Petroleros.

En lo que se refiere a los tipos de maquinaria propulsora distintos a los instalados comúnmente en la actualidad, se llegó a la conclusión de que los que ofrecen ciertas ventajas en otras esferas serían de adopción lenta con las regulaciones actuales, debido a que éstas lucharían contra el aumento de la capacidad de carga obtenido con la reducción de los espacios de la maquinaria.

La sección pertinente de la ley de Marina mercante permite la eliminación del límite inferior, siempre que estén conformes el Ministerio de Transporte y los armadores.

La interpretación de esta sección por parte del Ministerio se da en las instrucciones para la medición del tonelaje de barcos, y es como sigue:

"Párrafo 65.—*Cámaras de máquinas pequeñas.*—En todos los casos en que la cámara de máquinas es, en los barcos de ruedas, 20 por 100 ó menos, y en los de hélice 13 por 100 ó menos del arqueo bruto, la Board exige adoptar la última escala mencio-

nada (es decir, 1 3/4 veces el tonelaje de la cámara de máquinas en los barcos de hélice), a menos que se den instrucciones para efectuar lo contrario en algún caso particular..."

Por lo tanto, la única medida que hay que tomar corresponde al Ministerio, enmendando su administración de la Ley haciendo que el párrafo 65 de las instrucciones diga así:

"En todos los casos en que la cámara de máquinas es, en los barcos de ruedas, 20 por 100 ó menos y en los de hélices 13 por 100 ó menos del arqueo bruto, la Board permitirá, si los armadores lo desean, que la deducción sea, en el caso de los barcos de ruedas, 37 por 100, y en el caso de los de hélices, 32 por 100 del arqueo bruto del barco, siempre que se demuestre que el espacio dispuesto es razonable en extensión y suficiente para el debido funcionamiento de la maquinaria."

No se ha propuesto que esta enmienda de las regulaciones deba aplicarse a los barcos existentes.

Algunos ejemplos típicos.

Los cuadros I al VI dan ejemplos típicos del efecto de la enmienda propuesta.

Se observará que en ningún caso la propuesta afecta al tonelaje en ningún grado apreciable. No habría ningún cambio en los tonelajes de la mayoría de los barcos de cubierta shelter abierta; una reducción de 1 a 2 por 100 en la mayor parte de otros barcos, y en algunos, especialmente en los petroleros, una reducción de hasta 5 ó 6 por 100.

En los casos relativamente poco numerosos, en que los espacios de la maquinaria, incluyendo luz y aire, no llegan a alcanzar la cifra del 13 por 100, el arqueo bruto se reduciría hasta el 6 por 100 aproximadamente, pero el neto el 15 ó 16 por 100.

Estos resultados son tan parecidos a las cifras actuales que no es probable que las autoridades de los puertos hagan excepciones. Por la misma razón no se propone que la enmienda sea retrospectiva.

CUADRO I

BARCOS DE CUBIERTA SHELTER ABIERTA

	Disposición actual		Propuesta del Comité		Diferencia	Disposición actual		Propuesta del Comité		Diferencia
	Tons.	%	Tons.	%		Tons.	%	Tons.	%	
Arqueo de la cámara de máquinas debajo de la cubierta de tonelaje.	1.017	15,7	1.017	15,7		1.139	16,6	1.139	16,6	
Luz y aire	—	—	—	—		—	—	—	—	
Arqueo total de C. M.	1.017	15,7	1.017	15,7		1.139	16,6	1.139	16,6	
Toneladas de R. B.	6.500	100,0	6.500	100,0	Nula	6.855	100,0	6.855	100,0	Nula
Deducción de C. M.	2.080	32,0	2.080	32,0		2.194	32,0	2.194	32,0	
Otras deducciones	729	11,2	729	11,2		840	12,3	840	12,3	
Arqueo neto	3.691	56,8	3.691	56,8	Nula	3.821	55,7	3.821	55,7	Nula
Dimensiones máximas	440 pies 0 pulg. × 61 pies 4 pulg. × × 40 pies 10 pulg.					440 pies 0 pulg. × 59 pies 4 pulg. × × 39 pies 8 pulg.				
Tipo de maquinaria	Turbina.					Diesel.				

CUADRO II

BARCOS DE CUBIERTA SHELTER CERRADA

	Disposición actual		Propuesta del Comité		Diferencia	Disposición actual		Propuesta del Comité		Diferencia
	Tons.	%	Tons.	%		Tons.	%	Tons.	%	
Arqueo de la cámara de máquinas debajo de la cubierta de tonelaje.	885	12,4	885	12,5		1.218	12,8	1.218	12,9	
Luz y aire	85	1,2	—	—		36	0,4	—	—	
Arqueo total de C. M.	970	13,6	885	12,5		1.254	13,2	1.218	12,9	
Toneladas de R. B.	7.168	100,0	7.083	100,0	— 1,2	9.508	100,0	9.472	100,0	— 0,4
Deducción de C. M.	2.294	32,0	2.266	32,0		3.043	32,0	3.031	32,0	
Otras deducciones	620	8,7	620	8,8		723	7,6	723	7,6	
Arqueo neto	4.254	59,3	4.197	59,2	— 1,3	5.742	60,4	5.718	60,4	— 0,4
Dimensiones máximas	416 pies 0 pulg. × 56 pies 10,5 pulg. × × 37 pies 4 pulg.					460 pies 0 pulg. × 63 pies 2 pulg. × × 41 pies 9 pulg.				
Tipo de maquinaria	Máquina de vapor alternativa.					Diesel para dos hélices.				

CUADRO III

BARCOS DE CUBIERTA DE TOLDILLA BAJA

	Disposición actual		Propuesta del Comité		Diferencia	Disposición actual		Propuesta del Comité		Diferencia
	Tons.	%	Tons.	%		Tons.	%	Tons.	%	
Arqueo de la cámara de máquinas debajo de la cubierta de tonelaje.	224	12,5	224	12,6		285	15,7	285	15,7	
Luz y aire	14	0,8	—	—		—	—	—	—	
Arqueo total de C. M.	238	13,2	224	12,6		285	15,7	285	15,7	
Toneladas de R. B.	1.787	100,0	1.773	100,0	— 0,8	1.822	100,0	1.822	100,0	Nula
Deducción de C. M.	572	32,0	567	32,0		583	32,0	583	32,0	
Otras deducciones	263	14,7	263	14,8		267	14,7	267	14,7	
Arqueo neto	952	53,3	943	53,2	— 0,9	972	53,3	972	53,3	Nula
Dimensiones máximas	260 pies 0 pulg. × 39 pies 6 pulg. × × 18 pies 6 pulg.					253 pies 6 pulg. × 38 pies 1 pulg. × × 18 pies 8 pulg.				
Tipo de maquinaria	Diesel.					Diesel.				

CUADRO IV

PETROLEROS

	Disposición actual		Propuesta del Comité		Diferencia	Disposición actual		Propuesta del Comité		Diferencia
	Tons.	%	Tons.	%		Tons.	%	Tons.	%	
Arqueo de la cámara de máquinas debajo de la cubierta de tonelaje.	1.015	10,8	1.015	11,0		911	9,0	911	9,4	
Luz y aire	211	2,2	—	—		404	4,0	—	—	
Arqueo total de C. M.	1.226	13,0	1.015	11,0		1.315	13,0	911	9,4	
Toneladas de R. B.	9.432	100,0	9.221	100,0	— 2,2	10.090	100,0	9.686	100,0	— 4,0
Deducción de C. M.	3.018	32,0	2.951	32,0		3.229	32,0	3.099	32,0	
Otras deducciones	730	7,7	730	7,9		960	9,5	960	9,9	
Arqueo neto	5.684	60,3	5.540	60,1	— 2,5	5.901	58,5	5.627	58,1	— 4,7
Dimensiones máximas	475 pies 0 pulg. × 68 pies 0 pulg. × × 36 pies 0 pulg.					475 pies 0 pulg. × 67 pies 4,5 pulg. × × 37 pies 4 pulg.				
Tipo de maquinaria	Diesel.					Diesel.				

CUADRO V

BARCOS DE TRES ISLAS

	Disposición actual		Propuesta del Comité		Diferencia	Disposición actual		Propuesta del Comité		Diferencia
	Tons.	%	Tons.	%		Tons.	%	Tons.	%	
Arqueo de la cámara de máquinas debajo de la cubierta de tonelaje.	636	11,8	636	12,0		837	15,2	837	15,2	
Luz y aire	67	1,3	—	—		—	—	—	—	
Arqueo total de C. M.	703	13,1	636	12,0		837	15,2	837	15,2	
Toneladas de R. B.	5.374	100,0	5.307	100,0	— 1,3	5.497	100,0	5.497	100,0	Nula
Deducción de C. M.	1.720	32,0	1.698	32,0		1.759	32,0	1.759	32,0	
Otras deducciones	331	6,2	331	6,2		494	9,0	494	9,0	
Arqueo neto	3.323	61,8	3.278	61,8	— 1,4	3.244	59,0	3.244	59,0	Nula
Dimensiones máximas	403 pies 6 pulg. × 53 pies 0 pulg. × × 30 pies 0 pulg.					404 pies 0 pulg. × 53 pies 9 pulg. × × 31 pies 3 pulg.				
Tipo de maquinaria	Máquina de vapor alternativa.					Máquina de vapor alternativa.				

CUADRO VI

BARCOS DE PASAJEROS

	DISPOSICIÓN ACTUAL		PROPUESTA DEL COMITÉ		DIFERENCIA
	Tons.	%	Tons.	%	
Arqueo de la cámara de máquinas debajo de la cubierta de tonelaje.	3.588	12,8	3.588	12,8	
Luz y aire	55	0,2	—	—	
Arqueo total de C. M.	3.643	13,0	3.588	12,8	
Toneladas de R. B.	27.955	100,0	27.900	100,0	— 0,2
Deducción de C. M.	8.946	32,0	8.928	32,0	
Otras deducciones	3.558	12,7	3.558	12,7	
Arqueo neto	15.451	55,3	15.414	55,3	— 0,2
Dimensiones máximas	668 pies 0 pulg. × 90 pies 6 pulg. × × 50 pies 0 pulg.				
Tipo de maquinaria	Turbina para dos hélices.				

MOTORES

ELIMINADOR DE LAS VIBRACIONES DE TORSION, por el Dr. Jos. Geiger de Augsburgo. (*Schiff und Hafen*, marzo 1951.)

Si bien en los motores estacionarios basta casi siempre con fijar las revoluciones críticas de torsión de la línea de ejes de forma que no caigan dentro del régimen de servicio, esto no es suficiente por lo general en los motores empleados para la propulsión de los medios de transporte, especialmente en el caso de los barcos, debido a que en estos motores el margen de revoluciones de régimen suele ser muy grande y a que muchas veces se exige poder efectuar cualquier viaje largo con cualquier número de revoluciones. En tales casos se emplea frecuentemente el llamado amortiguador; pero que, como el nombre indica, no elimina las vibraciones peligrosas, sino que sólo las amortigua.

Sin embargo, además del llamado péndulo de fuerza centrífuga, existe una posibilidad fácil de eliminar por completo de las líneas de ejes las vibraciones de tensión peligrosas, y el primero en indicarla ha sido W. Späth, cuyos trabajos, seguramente, no han sido publicados.

El autor de este artículo ha ideado un mecanismo —ya experimentado en distintos motores pequeños y grandes (hasta de 2.400 HP.)—del que se hace una descripción en este artículo. En la figura 1 puede verse un esquema de su disposición. Sobre el eje *W* se enchaveta un dado *N*, que lleva los ejes *A* paralelos al *W*, sobre los que descansan contrapesos excéntricos *m*, y con ellos, sólidamente unidos, ruedas dentadas *Z* (piñones planetarios), que engranan con una rueda dentada fija Z_2 (rueda central). La reducción entre esta última y el piñón planetario es igual al orden de la fuerza de rotación de excitación que ha de equilibrarlos. Al girar el eje *W* se produce primeramente la fuerza centrífuga en los contrapesos excéntricos

$$C_0 = m.\omega^2.R$$

Como los contrapesos excéntricos están dispuestos por pares sobre una circunferencia a 180° entre sí, neutralizan las fuerzas centrífugas en su acción

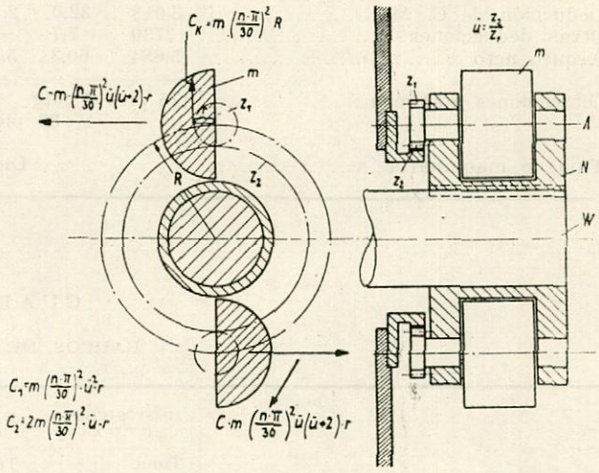


Fig. 1.—Esquema del amortiguador de vibraciones.

sobre el eje. Pero además los contrapesos *m* giran sobre sus propios ejes. Como consecuencia, se origina en cada uno de ellos la fuerza centrífuga:

$$C_1 = m \cdot \omega^2 \cdot u^2 \cdot r$$

u = reducción;

r = radio del centro de gravedad del contrapeso excéntrico.

Y estando, como indica el esquema, los contra-

pesos en direcciones opuestas, los momentos producidos por ellos se suman:

$$M_1 = 2 \,.\, m \,.\, \omega^2 \,.\, u^2 \,.\, r \,.\, R$$

Si los contrapesos giran 90° hacia atrás o hacia adelante, el momento es nulo, debido a que las fuerzas centrífugas se oponen y los brazos de palanca quedan reducidos a cero. Girando los contrapesos 180° desde la posición de partida indicada, el momento está nuevamente en toda su magnitud, pero subsistiendo el sentido encontrado. En suma, se produce así un verdadero momento sinusoidal alternado.

Con el movimiento relativo del contrapeso excéntrico frente a los ejes que giran se originan las llamadas fuerzas de Coriolis:

$$C_2 = 2m \,.\, \omega^2 \,.\, u \,.\, r$$

que actúan en la misma dirección que la fuerza centrífuga. En el caso de la figura 1, las proporciones están elegidas de forma que las fuerzas de Coriolis de los dos contrapesos centrífugos reaccionen en el mismo sentido de giro y producen un momento

$$M_2 = 2 \,.\, 2m \,.\, \omega^2 \,.\, u \,.\, r \,.\, R$$

que junto con el momento M_1 da un momento resultante

$$M_2 = 2m \,.\, \omega^2 \,.\, u(u + 2) \,.\, r \,.\, R \qquad [1]$$

Las fuerzas de Coriolis, en relación con el momento por ellas producido, cambian en este punto exactamente igual que el momento sinusoidal de la fuerza centrífuga; por lo tanto, girando los contrapesos centrífugos 90° hacia adelante o hacia atrás, la fuerza es igualmente nula; con un giro de 180° recupera su valor máximo, pero ahora en sentido contrario.

Si en un motor de serie de varios cilindros deseamos eliminar el efecto de una componente armónica de un orden determinado, el trabajo de las fuerzas armónicas que afectan el extremo aislado del cigüeñal tiene que ser igual (según un conocido teorema de las vibraciones) al trabajo de las fuerzas centrífugas y las fuerzas de Coriolis. Por consiguiente:

$$\Delta p \,(a_1 + a_2 + a_3 + \ldots\ldots a_n)\, F R_k = \\ = 2m\, \omega^2 \,.\, u(u + 2) \,.\, r \,.\, R \,.\, a_A$$

significando:

$a_1 \ldots\ldots a_n$, los desplazamientos de los cigüeñales aislados en la forma libre de vibración;
a_A, el desplazamiento del equilibrador;
F, el área de los pistones;
R_k, el radio del cigüeñal;
R, la distancia que separa los ejes de los contrapesos centrífugos del eje (radio planetario);
Δp, la componente armónica excitante en el cilindro aislado en Kg/cm², determinada por el diagrama de la fuerza de giro y moderada por el efecto de la fricción.

La disposición tiene efecto, como se desprende por la descripción, no sólo en las revoluciones críticas cercanas, sino lo mismo que las excitaciones correspondientes en todas las revoluciones hasta un grado muy elevado. Sin embargo, un completo equilibrio sólo es posible en el número de revoluciones para el que está construída la instalación. La contraexcitación depende de la masa de los contrapesos centrífugos y el número de revoluciones aumenta con el cuadrado de ésta. En realidad, la componente armónica de excitación aumenta también generalmente con el número de revoluciones, debido a que, como ocurre, por ejemplo, en las máquinas de los barcos, el momento de giro producido por la hélice es proporcional al cuadrado del número de revoluciones. Sin embargo, el aumento de la excitación no corresponde siempre al cuadrado del número de revoluciones y es distinto para cada disposición. Por lo tanto, quedan a gran distancia de las críticas que hay que eliminar ciertas fuerzas restantes de la diferencia entre la excitación y la contraexcitación, pero que no tienen ningún efecto, debido a la gran distancia del número de revoluciones correspondiente de resonancia, es decir, de la frecuencia propia. Unicamente no es posible una eliminación completa en el caso especial, muy raro, en el que deben anularse, por medio de un mecanismo, dos de las críticas producidas por el mismo orden, pero diferentes números de vibraciones propias, que se encuentran además en revoluciones muy distintas. En este caso se debe de procurar el completo equilibrio en la más importante de las dos críticas o conformarse con una disminución en ambas de las amplitudes.

El problema de la amortiguación completa de una crítica en los motores de serie de varios cilindros necesita todavía una aclaración, ya que los momentos de excitación en las cigüeñas aisladas afecta al extremo libre del eje, a pesar de la contraexcitación. En la cigüeña, más alejada del eliminador de vibraciones, aumenta la componente armónica que hay que eliminar y directamente la fuerza en sentido contrario al giro producida por el eliminador de vibraciones de forma que en esta cigüeña, principalmente cargada por la fuerza de torsión, que, como demuestra la experiencia, es la primera en que ocurren roturas, la carga total de torsión se disminuye considerablemente muy por encima de las críticas que hay que eliminar.

Por el contrario, el momento de torsión producido por la contraexcitación existe, como es natural, en la parte del eje que queda entre el eliminador de vibraciones dispuesto en el extremo libre del eje y la cigüeña inmediata. Sin embargo, como esta parte del eje no está, por lo general, cargada por la torsión (aunque por razones de fabricación tiene el mismo espesor que los luchaderos restantes del eje

cigüeñal), no tiene ningún efecto, al par que hace su aparición por la introducción del eliminador de vibraciones. Esta parte del eje sigue estando mucho menos cargada que la parte más alejada del eliminador de vibraciones. Cuanto más se acerca la cigüeña, más alejada de la masa inmediata, más se acentúa el efecto de amortiguamiento de las cargas de torsión producidas por el eliminador de vibraciones.

Cuando existen grandes fuerzas de excitación equilibradoras pueden disponerse cuatro o seis contrapesos centrífugos, en lugar de dos, para obtener una disposición que ahorre espacio. Igualmente, es

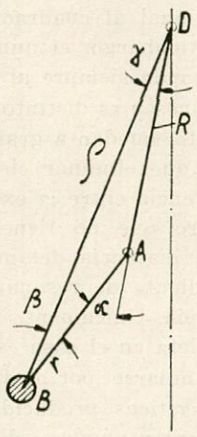


Fig. 2.—Esquema de un péndulo de fuerza centrífuga de Taylor.

posible, y ya se ha hecho, equilibrar críticas de dos órdenes distintos por medio de dos pares de contrapesos centrífugos; pero con ello la transmisión correspondiente a los dos órdenes tiene que ser de una magnitud muy distinta. Con la debida elección del número de dientes se ha conseguido siempre que sea suficiente una rueda central común, sobre la que engranan los piñones de los dos órdenes. Si, por ejemplo, hay que equilibrar el 4.° y 4.° ½ orden, el número de dientes apropiado será 72 para la rueda central y 16 ó 18 para las planetarias.

Comprobación en servicio.

En las instalaciones grandes y pequeñas provistas de eliminadores de vibraciones no se ha experimentado ninguna dificultad en muchos meses de servicio. Las ruedas dentadas, así como las chumaceras, no han presentado ninguna señal de desgaste o sobrecarga, a pesar de que en el caso de un motor de más de 2.000 HP. había que contar con una crítica extraordinariamente grande, correspondiente al orden de encendido. Los torsiogramas tomados en los extremos del eje demuestran que lo que se consigue no es la amortiguación, sino realmente la completa eliminación de críticas muy fuertes. Esto sólo revela además al profano la extraordinaria disminución del ruido. Debido al engranaje oblicuo de las ruedas dentadas y a la completa eliminación de las críticas, el ruido producido por el eliminador de vibraciones es tan reducido que en general le hace desaparecer por completo el ruido de los motores, colocándose completamente pegado al eliminador de vibraciones.

Esta completa eliminación de las críticas lo demuestran en general los torsiogramas, que fueron tomados en las mismas condiciones sin eliminador de vibraciones y con él. Se estudió reiteradamente la crítica de sexto orden de un motor de seis cilindros de cuatro tiempos. Las vibraciones de sexto orden se hacían desaparecer siempre totalmente; las vibraciones débiles, pero reconocidas todavía como tales, no son vibraciones de sexto orden, sino oscilaciones producidas por la superposición de las vibraciones de quinto y medio y sexto y medio orden. Es necesario subrayar que este excelente resultado se consiguió con sólo dos contrapesos centrífugos, que juntos pesaban solamente 85,5 gramos, es decir, sólo 0,84 por 100 del peso de una biela del motor.

Debido al empleo de ruedas dentadas, los costes de trabajo son algo más elevados que con el empleo de amortiguadores sencillos, pero no ocurre así si los amortiguadores empleados son caros.

Tiene también especial interés efectuar una comprobación con los llamados péndulos de fuerza centrífuga, que igualmente, debido al principio en que se basan, están en condiciones de eliminar por completo una crítica. En lo que a esto se refiere examínese la figura 2, que muestra un esquema de un péndulo de fuerza centrífuga. D es el punto de giro del eje en el que en A es dirigido al péndulo con el brazo de palanca $AB = r$. El desplazamiento angular desde AB hacia AD es α; el ángulo β y γ da el triángulo ABD. La fuerza centrífuga $c = m \cdot \omega^2 \rho$ producida por la rotación en torno a D con el número de revoluciones n, actúa sobre la masa del péndulo concentrada en B, y se descompone en una fuerza que va desde AB y también en sentido vertical que no tiene un interés inmediato; finalmente resulta un momento

$$M = m\,\omega^2\,\rho \operatorname{sen} \beta \cdot r$$

puesto que $\rho \operatorname{sen} \beta$ es igual a $R \operatorname{sen} \alpha$, se tiene:

$$M = m\,\omega^2 \cdot R \cdot r \operatorname{sen} \alpha$$

El momento de la fuerza de las masas es igual a éste y resulta

$$m \cdot r^2 \cdot \frac{d^2 \alpha}{dt^2}$$

Para los ángulos pequeños resultantes es suficiente

poner α en lugar de sen α. La masa del péndulo se encuentra entonces en la situación en que el momento de excitación para el péndulo que se halla en la condición de la llamada vibración parcial tiene que ser igual al momento de la fuerza de las masas.

Si la fuerza armónica de excitación es igual a $p \cdot F$ (p = presión en Kg/cm², F = superficie de los pistones), con lo que entendemos que p actúa sobre todas las cigüeñas y se deduce de la ya mencionada ecuación de trabajo que los desplazamientos se reducen algo, por el efecto de la vibración, se obtiene, por consiguiente, con el empleo de dos péndulos de fuerza centrífuga la relación

$$p \cdot F \cdot R_k = M = m\,\omega^2 \cdot r \cdot \alpha \cdot \rho$$

(R_k es el radio del eje en el que ejercen su acción las fuerzas de excitación, es decir, el momento M.) Para los pequeños ángulos α es suficiente poner ρ igual a $R + r$. Cuando ρ es igual al radio del eje se obtienen proporciones favorables. En este caso, para dos péndulos de fuerza centrífuga resulta:

$$M = 2m \cdot \omega^2 \cdot r \cdot \alpha \cdot R_k \qquad [2]$$

Esta fórmula está compuesta exactamente igual que la fórmula [1] para el eliminador de vibraciones en cuestión.

Ahora bien; si, por ejemplo, el orden del excitador es 6, entonces sólo finalmente, y por el efecto de la fuerza, aumentará la contraexcitación en la proporción (6/2) : 6, ó sea el 33,3 por 100. (Si el orden fuera 3, entonces la contraexcitación sería aumentada por las fuerzas de Coriolis en el 66,7 por 100.)

Sin embargo, hasta ahora, con el eliminador de vibraciones descrito con el radio del centro de gravedad del contrapeso centrífugo no se está limitado a unas dimensiones tan pequeñas como en el caso del péndulo de fuerza centrífuga. Mientras que en el último ejemplo, para un radio de cigüeñal de 23 cm. y el sexto orden se obtiene:

$$r = \frac{23}{6^2} = 0{,}639 \text{ cm.}$$

con este eliminador de vibraciones, cuando se elige, por ejemplo, radio del círculo primitivo igual al radio del cigüeñal, lo que da excelentes resultados, se obtiene 3,83 cm. como radio primitivo del piñón. Para el radio del centro de gravedad del contrapeso centrífugo puede escogerse tranquilamente 50 por 100 más, o sea 5,8 cm. Por el contrario, con el péndulo de fuerza centrífuga tiene que multiplicarse además la longitud del péndulo por el arco α. Del mismo modo, cuando consideramos $\alpha = \pm 30$, ó sea sobradamente grande, el arco será, sin embargo, solamente 0,522. Por lo tanto, con valores que por lo demás son idénticos, se obtienen los valores numéricos de $0{,}639 \cdot 0{,}522 = 0{,}334$ con el péndulo de fuerza centrífuga y $1{,}33 \cdot 5{,}8 = 7{,}73$ con nuestro eliminador de vibraciones, es decir, con este último apenas se necesita para los contrapesos el 4,4 por 100 de las masas del péndulo de fuerza centrífuga, sin contar, sin embargo, todavía con todos los ejes de las ruedas dentadas.

En este aspecto, el eliminador de vibraciones descrito es, por lo tanto, muy superior al péndulo de fuerza centrífuga de Taylor-Sarrazin Salomón.

Puesto que los llamados amortiguadores y el péndulo de fuerza centrífuga necesitan masas aproximadamente igual de grandes, como lo han demostrado las investigaciones efectuadas hasta ahora para instalaciones de distintos tamaños, esta superioridad es también patente frente al amortiguador, no sólo en el caso de una construcción determinada, sino expresamente frente a los tipos más generalizados, y tiene especial valor:

1. Cuando se trata de críticas de torsión extraordinariamente fuertes.

2. Cuando la frecuencia propia correspondiente en relación con las revoluciones críticas está relativamente baja, lo que suele ocurrir en las instalaciones marinas; y

3. Cuando el espacio disponible es muy reducido y hay que ahorrar especialmente en peso.

La eficacia de los amortiguadores depende, por lo general, de la fricción, que nunca es exactamente igual en magnitud, sino que en los cuerpos sólidos depende marcadamente, entre otras cosas, del acabado de las superficies y de la lubricación, y en los líquidos, de la temperatura. De aquí que su eficacia no pueda ser siempre igual. Los amortiguadores necesitan, por lo tanto, un control y una vigilancia constante. ¿De qué sirve un buen efecto aparente si se deteriora después de algunos meses de servicio? En el caso del eliminador en cuestión esto queda totalmente excluído por razones del principio en que está basado. Muchas veces los amortiguadores están provistos de muelles altamente cargados, que se cargan más todavía por la fricción, acentuando con ello el desgaste. Además, tan sólo una ruptura parcial de estos muelles puede destruir la acción de un amortiguador de esta clase.

Hace ya años quedó demostrado teóricamente de un modo irrefutable que con la amortiguación obtenida con estos amortiguadores no pueden nunca reducirse a cero las cargas de torsión en las críticas, sino que hay que conformarse con una reducción del 30 por 100 aproximadamente, cuando no se quieren adoptar amortiguadores de unas dimensiones impracticables económicamente. Además finalmente sucede, a la amortiguación va unida siempre una pérdida inevitable de energía y con ella un mayor consumo de combustible. Todo esto está excluído

totalmente en el eliminador de vibraciones en cuestión.

Por lo tanto, el empleo de los amortiguadores únicamente está indicado cuando hay que enfrentarse con un gran número de críticas de torsión relativamente fuertes, un caso que desde luego no se da en una instalación calculada con un conocimiento especial de las vibraciones de torsión. Puesto que un amortiguador aminora las críticas independientemente del número de orden, presenta en este caso excepcional—pero sólo en él—una importante ventaja.

En la figura 3 puede verse para otro caso—un motor de 2.400 HP.—y para las mismas dos críticas la disposición con péndulo de fuerza centrífuga. Como puede verse, no sólo son pequeños los contrapesos centrífugos, sino también el eliminador de vibraciones completo, y en realidad más pequeño y ligero que la disposición con péndulos de fuerza centrífuga.

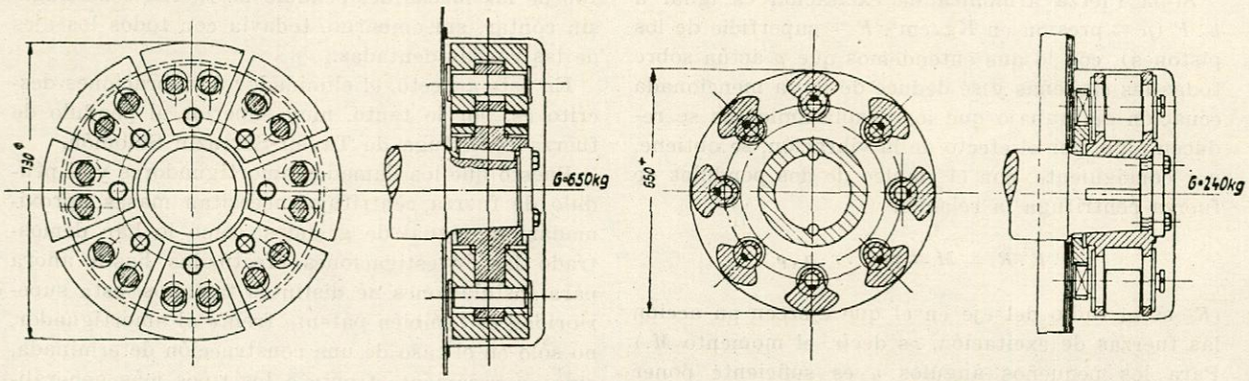


Fig. 3.—Comparación del empacho entre el péndulo de fuerza centrífuga y el eliminador de vibraciones, para un motor de 2.400 H. P.

MAQUINARIA PARA BARCOS DE ALTA POTENCIA.—Posibilidades de aumentar la competencia de las instalaciones Diesel marinas. Por H. Andresen (subdirector de Burmeister & Wain).

La Memoria examina las posibilidades de aumentar el campo de competición del motor Diesel moderno por el aumento de potencia, mejora en la economía, reducción en las necesidades de peso y espacio y mejora de las características de entretenimiento. Se menciona el empleo de petróleo de calderas, así como la importancia de la elección de tipos de motores y disposiciones de ejes.

Después del desarrollo que ha tenido lugar en la Marina mercante y construcción naval durante los años de la postguerra, el campo de competencia, en que un aumento de la potencia de las instalaciones Diesel marinas es de la mayor importancia, puede dividirse en tres secciones:

1.° Barcos grandes de pasaje y mixtos de carga y pasaje.

2.° Barcos de carga grandes y rápidos, con velocidades hasta de 20 nudos.

3.° Grandes petroleros rápidos, hasta de toneladas 30.000, con velocidades hasta de 20 nudos.

En todos estos casos se necesita maquinaria de alta potencia y entran en consideración las instalaciones de turbina de vapor de alta temperatura. En relación con las turbinas, las ventajas y la economía de los motores Diesel de funcionamiento lento, directamente acoplados, o Diesel engranados, o instalaciones Diesel eléctricos, depende de los tipos de barcos en cuestión.

En los barcos de pasajeros la disposición de los alojamientos puede tener muchas veces una influencia decisiva sobre el tipo de maquinaria instalado, pero en todos los casos los motores Diesel, especialmente los de acoplamiento directo, parecen garantizar la máxima economía. En los barcos de carga, las instalaciones directamente acopladas proporcionan las mayores ventajas, y esto se aplica también a los petroleros. Puesto que en estos barcos se necesitan grandes calderas para la limpieza y descarga de los tanques, el peso del equipo propulsor y la posibilidad de emplear un combustible económico puede tener una influencia decisiva sobre la elección del tipo de maquinaria.

Para todos los casos mencionados se dispone de varios motores de dos tiempos, de simple y doble efecto, con barrido transversal o uniflujo. Los motores con barrido uniflujo se construyen bien con válvulas de exhaustación, o pistones de exhaustación.

Para los motores de dos tiempos con barrido uniflujo y soplantes de barrido directamente acoplados, y con un diámetro de cilindros de trabajo

de 750 milímetros, la potencia continua normal, con una velocidad de pistón de unos seis metros por segundo, puede calcularse de la siguiente forma:

	B. H. P. por cilindro	B. H. P. por motor de 12 cilindros
Simple efecto con válvulas de exhaustación	950	11.500
Simple efecto con pistones de exhaustación y excéntricas en el eje cigüeñal ...	1.250	15.000
Doble efecto con válvulas de exhaustación y excéntricas en el eje cigüeñal	2.250	27.000

Hasta ahora, los motores de simple efecto con barrido uniflujo, pistones de exhaustación y tres manivelas por cilindro, ni se han construído con más de seis cilindros, y parece difícil que se construyan con un número mayor. Para estos motores, la potencia máxima puede calcularse en 1.500 B. H. P. por cilindro y 9.000 B. H. P. por motor.

Los motores con barrido transversal se construyen en los tipos de simple y doble efecto, y como se suele adoptar un régimen algo más bajo que con los motores de barrido uniflujo, pueden aceptarse 10.000 y 18.000 B. H. P. para los motores de simple y doble efecto, respectivamente, cada uno con 12 cilindros. Está demostrado, por lo tanto, que incluso con la creciente demanda para instalaciones Diesel marinas de alta potencia, los tipos de motores que existen actualmente pueden proporcionar soluciones satisfactorias cuando se necesitan una, dos, tres o cuatro hélices para acoplamiento directo. Muchos de los motores de los tipos de dos tiempos se han construído como motores de gran velocidad, con los que puede obtenerse cualquier velocidad que se desee por el empleo de instalaciones Diesel eléctricas o engranadas.

En los barcos de pasajeros se dispone una cámara de máquinas independiente para los motores auxiliares, con una altura de techo muy bajo, con el fin de que no afecte los alojamjentos. Para propulsión puede utilizarse o bien motores Diesel directamente acoplados, de funcionamiento lento, o maquinaria de alta velocidad, engranada o con transmisión eléctrica, por medio de la cual se reduce la altura. Es importante que el número de motores sea el mínimo posible, de manera que el trabajo de entretenimiento necesario pueda efectuarse en la forma normal durante la estancia en puerto y utilizarse todos los motores simultáneamente en servicio.

Por lo tanto, para cualquiera de estas dos instalaciones los motores de dos tiempos con barrido uniflujo son esencialmente adecuados. Considérese, por ejemplo, un barco mixto, de carga y pasaje, de 17.000 tons. de R. B., con un tipo de ocho cilindros con 15.000 B. H. P. en dos hélices. Los motores son del tipo de dos tiempos, con válvulas de exhaustación, con un diámetro de cilindro de 740 mm. y una carrera de pistón de 1.600 mm. Funcionan a 115 revoluciones por minuto en servicio normal. Esta sencilla disposición sólo requiere un guardacalor de dimensiones moderadas, permitiendo con ello una buena utilización del espacio para fines de alojamientos.

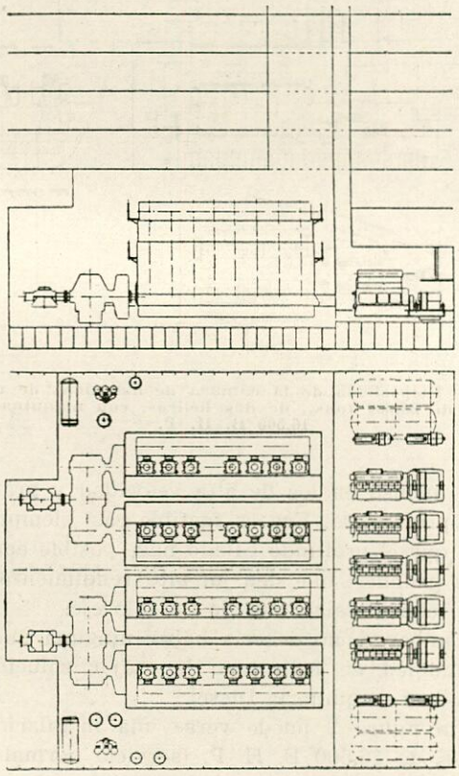


Fig. 1.—Instalación engranada de 29.000 B. H. P. para un barco de pasajeros.

En la figura 1 puede verse una instalación Diesel engranada, de 29.000 B. H. P., de un barco de pasajeros de 28.000 tons. provisto de dos hélices. Los cuatro motores de siete cilindros, de dos tiempos, tienen pistones de exhaustación y excéntricas en el eje cigüeñal, teniendo un diámetro de cilindro de 620 mm. y una carrera de pistón de 1.470 mm. Cada motor desarrolla 7.500 B. H. P., a 210 revoluciones por minuto. Esta instalación puede disponerse en una cámara de máquinas que tenga la misma altura desde el suelo a la cubierta que está encima de la cámara de máquinas, que los espacios de maquinaria para instalaciones de turbina de vapor del mismo tamaño y potencia construídos desde la guerra. El motor del barrido uniflujo ofrece especiales ventajas, debido a que puede emplearse la alta relación diámetro/carrera de 2,4, incluso cuando funciona a la alta velocidad de 200 r. p. m.

El campo en que las turbinas de vapor pueden competir más con la instalación de motores Diesel es en los petroleros grandes, que requieren la mínima longitud de cámara de máquinas, el mínimo peso, la máxima economía y un entretenimiento fácil durante las estancias en puertos, regulares y muy cortas. En los petroleros grandes, ahora en construcción, se desea disponer instalaciones de una sola

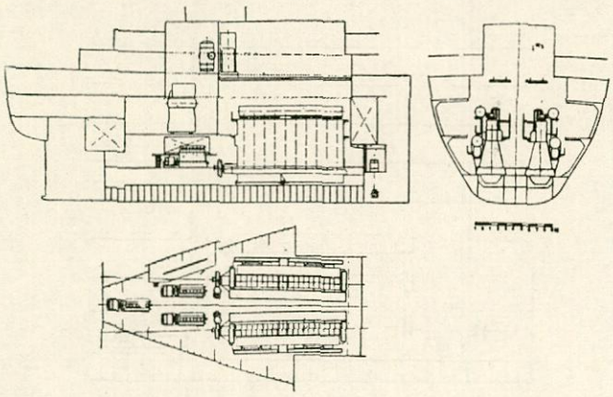


Fig. 2.—Disposición de la cámara de máquinas de un petrolero de 25.000 tons., de dos hélices, con maquinaria de 16.500 B. H. P.

hélice, incluso en los de alta velocidad y gran potencia propulsora. Eso es factible casi siempre debido a que el profundo calado hace posible emplear hélices grandes, que den un alto rendimiento propulsivo con instalaciones de un solo eje.

Sin embargo, no debería haber ninguna duda de que también en este caso la mejor solución se obtiene con maquinaria Diesel.

En la figura 2 puede verse una instalación de dos ejes de 16.500 B. H. P. (servicio normal para un petrolero de 25.000 tons.). Tiene dos motores de nueve cilindros, de dos tiempos, con válvulas de exhaustación, con un diámetro de cilindro de 740 milímetros y una carrera de pistón de 1.600 mm. También pueden emplearse dos motores de siete cilindros, de dos tiempos, con pistones de exhaustación y excéntricas, con un diámetro de cilindros de 750 milímetros y de carrera de pistón de 1.500 mm., más 500 mm.

La figura 3 muestra una instalación similar de un solo eje, con un motor de ocho cilindros, simple efecto, dos tiempos, con pistones de exhaustación y excéntricas en el eje cigüeñal. El diámetro de cilindro es de 750 mm., y la carrera de 1.500 milímetros, más 115 r. p. m. La potencia es de 16.500 B. H. P., a 115 r. p. m. Con esta disposición, la longitud de la cámara de máquinas se reduce en algunos espacios de cuadernas. Otra posibilidad para la instalación de un solo eje sería una instalación engranada de dos motores de ocho cilindros del tipo indicado en la figura 2. La potencia sería de 16.500 B. H. P., y la longitud de la cámara de máquinas, la misma que con una instalación de un solo eje de doble efecto.

El petrolero de 25.000 tons. tiene dos cámaras de bombas de carga. La de popa está provista de bombas accionadas eléctricamente, con los motores instalados en un entrante en el mamparo de la cámara de máquinas a propa. Las bombas de carga, accionadas por vapor, están instaladas en la cámara de bombas de proa.

En las bandas de babor y estribor de la cámara de máquinas hay tanques laterales para combustible, y a proa de la misma se han construído tanques de sedimentación y de servicio. Se han instalado tres motores Diesel auxiliares, cada uno de potencia suficiente para accionar las bombas necesarias para los motores principales y para el suministro de corriente eléctrica durante el servicio normal en la mar.

La instalación de vapor comprende dos calderas acuotubulares de combustión de petróleo, instaladas en una cubierta encima de la maquinaria auxiliar, a popa de los motores principales, y dos calderas instaladas en el guardacalor, que utilizan los gases de exhaustación de los motores principales. En la mar, las calderas suministran vapor para el servomotor de gobierno, para la calefacción de los alojamientos y para la limpieza de los tanques cuando el barco va en lastre. Cuando el barco está cargado, el sobrante de vapor de las calderas de gas de exhaustación se emplea para accionar las dínamos

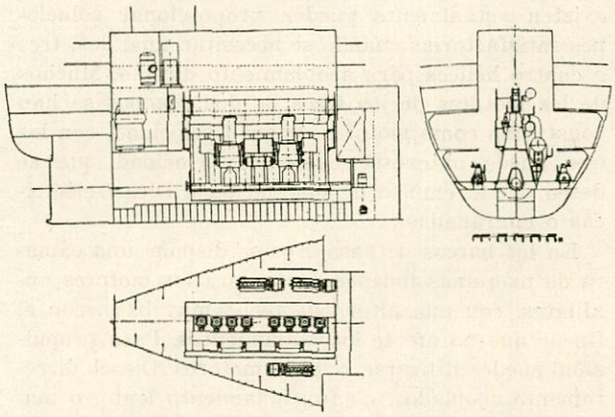


Fig. 3.—Disposición de la cámara de máquinas de un petrolero de 16.500 B. H. P., de una hélice.

correspondientes. En puerto, las calderas de combustión de petróleo suministran vapor a la cámara de bombas de proa y para la calefacción.

El peso de los motores principales es de unas 900 toneladas, y el peso total de la instalación de maquinaria, incluyendo hélices, línea de ejes, calderas, botellas de aire, paretes de respetos, herramientas, tuberías y tecles de la cámara de máquinas será de unas 2.000 toneladas, según la capaci-

dad que se necesita para las bombas de carga. El consumo diario de combustible sera de unas 66 toneladas para los motores principales y auxiliares. En esta cifra no está incluído el combustible para generar el vapor necesario para la limpieza de los tanques.

Estos pesos se refieren a motores soldados, en los que se ha conseguido un ahorro de 20-25 por 100 soldando las placas de asiento, armaduras y cajas de aire de barrido, y sólo a los motores de simple efecto con válvulas de exhaustación y de doble efecto. Los pesos de los del tipo de simple efecto, con pistones de exhaustación, son algo mayores.

El consumo de combustible será de unos 162 gramos por B. H. P./h., y el consumo de aceite lubricante, algo menos de 0,4 gr. B. H. P./h. Este bajo consumo de aceite lubricante es posible con los motores de barrido uniflujo, debido a que no pasa aceite por las lumbreras de exhaustación y los motores de cruceta de simple efecto se construyen con separación completa entre el cilindro y el cárter.

En lo que se refiere al entretenimiento, las condiciones son favorables para los motores con válvulas de exhaustación, así como para los que tienen pistones de exhaustación, debido a que una recorrida de los pistones puede realizarse muy bien en una jornada de trabajo de ocho horas. Los motores de simple efecto, con pistones de exhaustación, exigirán probablemente un poco menos de tiempo, y los de doble efecto del mismo tipo, poco más que los motores con válvulas de exhaustación.

En los motores mencionados, y especialmente los que tienen válvulas de exhaustación, las camisas de los cilindros son muy sencillas, y por lo tanto, el coste inicial es razonable y las camisas pueden reemplazarse fácilmente durante los recorridos normales de los pistones con muy poco trabajo adicional. Calculando una duración de cinco años para las camisas de los cilindros de un petrolero con un período de servicio de siete mil horas anuales, el coste de las camisas de un motor de cruceta de simple efecto, con válvulas de exhaustación, será equivalente a la mitad del coste del aceite lubricante.

En los motores de doble y simple efecto, con pistones de exhaustación, la característica principal es el eje cigüeñal con excéntricas, que constituyen una construcción tan rígida que estas unidades pueden construirse con los cilindros sin ninguna dificultad. En los motores de simple efecto, con válvulas de exhaustación y con pistones de exhaustación, la característica principal es el pistón corto y la camisa del cilindro corta, prolongada hasta el tronco de barrido. Las ventajas de este proyecto es la pequeña altura general y de desmontura.

Hoy día el empleo del petróleo de caldera reduce el coste del combustible en un tercio aproximadamente, y los armadores, en un grado siempre creciente, desean sacar el máximo partido de esta ventaja.

Existen tres problemas que resolver: purificar el combustible, calentarlo a una temperatura adecuada para la inyección, y su combustión, debido a que el riesgo de adquirir clases inferiores de petróleo es mayor que cuando se emplea Diesel-oil.

Las purificadoras modernas son capaces de purificar el petróleo satisfactoriamente cuando se considera que el resultado de cualquier combustible depende de su temperatura y de la velocidad de flujo en el purificador. Para obtener los mejores resultados es importante emplear purificadoras de autolimpieza y proyección automática al mar de los residuos, con lo que puede obtenerse el máximo rendimiento de las purificadoras; el trabajo de limpieza queda reducido considerablemente. Antes de la inyección, el petróleo debe calentarse hasta que tenga la viscosidad que proporciona las mejores condiciones en el sistema de inyección determinado. Incluso para los combustibles más pesados se han utilizado con buenos resultados, ya que tenían viscosidades hasta de 1.500 centiestoques (6.000 segundos Redwood n.° 1 a 100 F.) una temperatura de unos 90° C. será suficiente, puesto que la viscosidad correspondiente será unos 50 centiestoques. A este respecto puede mencionarse que la presión normal en el sistema de inyección, la parte que depende de la viscosidad generalmente asciende a un 5 por 100 solamente, mientras que el resto se debe a la velocidad en los orificios del pulverizador.

Las propiedades (de la combustión) de los combustibles que están influenciados por las mezclas de petróleo en bruto, de los que son derivados, y por su tratamiento en las refinerías no pueden determinarse de antemano, es decir, por análisis, y en el caso de que se suministraran combustibles que dieran lugar a dificultades demasiado grandes, los armadores pueden verse obligados a rechazarlos.

Los resultados obtenidos en servicio con el empleo de combustibles pesados indican que el desgaste de los cilindros es normal en muchos casos, mientras que en otros aumenta más o menos. La causa puede ser las propiedades de la combustión del petróleo en relación con su contenido de azufre, que puede ser mucho mayor que el Diesel-oil. Para contrarrestar este efecto sobre el desgaste de los cilindros se han empleado con muy buenos resultados aditivos básicos en el aceite lubricante, y no solamente se ha reducido el desgaste de los cilindros, sino que éstos se conservan más limpios, y en lo que se refiere a los motores de doble efecto, también los vástagos de los pistones.

Para quemar combustibles pesados, los motores de cruceta, mencionados anteriormente, serán especialmente adecuados, debido a sus excelentes pro-

piedades de combustión y, en parte, al barrido uniflujo y al sencillo sistema de inyección de combustible y a la compleja separación entre los cilindros y el cárter, evitándose así la contaminación y dificultades con el aceite de circulación, debido a los productos de la combustión con su contenido de azufre.

Incluso en el caso de que se produjera algo más de desgaste con el empleo de combustibles pesados, el coste producido por esto tendrá poca importancia comparado con el ahorro obtenido en el precio de combustible. Por ejemplo, el precio de un juego de camisas de cilindros para un motor del tipo de cruceta de dos tiempos y simple efecto, con válvulas de exhaustación, corresponde a un ahorro en el gasto de combustible durante menos de dos meses de servicio. La renovación de estas camisas puede efectuarse durante la recorrida de los pistones sin necesidad de prolongar la estancia normal en puerto.

Los motores de barrido uniflujo mencionados se cargan muy moderadamente. Para servicio continuo la presión media indicada es 6,5 kg/cm². Esto es lo que se especifica normalmente y lo que emplean por lo general los armadores en un 90-100 por 100. Para efectuar pruebas hasta de períodos de seis horas, están garantizados en muchos casos potencias de un 25 por 100 mayores.

Estas potencias son posibles en parte gracias al eficaz sistema de inyección de combustible y al barrido uniflujo, cuyo resultado es que los motores pueden cargarse hasta una presión media indicada de 8,5 kg/cm².

Para estos motores, en los que puede regularse el tiempo de apertura para la admisión del aire de barrido y descarga del gas de exhaustación sin tener que introducir dispositivos de control extra, se obtiene un barrido de los cilindros extraordinariamente bueno con una cantidad de aire muy moderada, de forma que el consumo de potencia para los soplantes es pequeño y el rendimiento de los motores alto. Debido a estas circunstancias, los motores de barrido uniflujo son más adecuados para ser alimentados por turbina de exhaustación, y en este terreno se han realizado muchos trabajos experimentales, de forma que puede esperarse que en un futuro próximo hagan su aparición los primeros motores grandes de dos tiempos con un aumento de potencia de un 30 por 100.

En estas instalaciones, los turbosoplantes serán capaces de suministrar toda la cantidad o parte del aire de barrido necesario, aun cuando los motores de dos tiempos consuman una mayor cantidad de potencia que el de cuatro tiempos para obtener la cantidad necesaria de aire, podría conseguirse una economía de combustible satisfactoria por el empleo de turbosoplantes de alto rendimiento, por el ajuste correcto de los mismos a los motores y por el empleo de enfriadores de aire.

Para el aumento moderado de las potencias (en un 30 por 100), considerado en primer lugar, los tipos normales de motores podrían emplearse con unas pequeñas alteraciones, de forma que la introducción de la sobrealimentación en estos motores fuera una evolución sencilla y natural basada en la experiencia obtenida durante muchos años con los motores de la clase a la que se ha hecho referencia.

(Extracto de una Memoria leída en el Congreso Internacional de Motores, celebrado en París.)

MISCELANEO

LA FABRICACION DE LAS HELICES PARA BARCOS, por F. J. Tector, B. Eng. M. I. Mech. E. (*The Marine Engineer and Naval Architect,* abril 1951.)

Hasta el período inmediato de la preguerra, la mayoría de las hélices eran de un proyecto relativamente sencillo, con palas de paso uniforme y secciones de forma segmental poco definida. En términos generales, las tolerancias de fabricación solamente exigían precisión en el paso, dentro de un margen bastante grande, y por lo general solamente se especificaba que las superficies estuvieran todas pulidas y los bordes afinados. Este requisito ha ido cambiando gradualmente, pues está reconocido por los especialistas en hélices que las dimensiones que se exigen hoy día han sobrepasado el margen de las posibilidades del taller de fundición y que la delineación final de la forma de la hélice tiene que depender del proceso subsiguiente, que se efectúa en el taller de maquinado y taller de acabado.

Las hélices marinas pertenecen a una clase especial por una serie de razones, entre las que figuran: *a*), las altas tensiones a que están sometidas (las tensiones de trabajo proyectadas varían de 272 a más de 6.804 Kg/cm² muchas veces, según el tipo); *b*), el maquinado de toda su superficie, exigiéndose un alto nivel de acabado de ésta; *c*), la acción erosiva y corrosiva que tienen que sufrir, además del esfuerzo mecánico, que rápidamente releva defectos de proyecto, fabricación y material; y *d*), las grandes dimensiones para fundiciones de una sola pieza y su elevado coste. Comúnmente pesan de 6 a 8 toneladas, acabadas, y en muchos casos más de 30 toneladas. En este artículo se incluye un dibujo de un proyecto típico.

MODELADO Y FABRICACIÓN DE PLANTILLAS.

El proceso básico de moldeo empleado por los principales especialistas de hélices en Inglaterra es el método de Bandupson Sand Cement, introducido por la Compañía a la que pertenece el autor de este artículo, en 1938. El medio con que se moldea es una arena de sílice pura (tamiz: 20-50), a la que se añade cemento portland corriente y agua para obtener una mezcla subhidratada de cemento y arena con una resistencia a la compresión de aproximadamente 15,5 kilogramos por cm^2 después de un período de secado de cuarenta y ocho-setenta y dos horas, a la temperatura normal del taller. Este material, reforzado con barras de acero, es suficientemente fuerte para resistir las tensiones impuestas por las operaciones relacionadas con las fundiciones grandes, y las partes de moldeado se prestan fácilmente a los métodos mecánicos de unión. Es altamente refractario y también extraordinariamente permeable, y recién hecho puede alisarse con la mano, obteniéndose un grado de uniformidad muy adecuado para fundiciones grandes y medianas. Después de utilizarlo, no puede romperse tan fácilmente como la arena fresca o los moldes de arcilla plástica, pero pueden recuperarse moliéndolos con máquinas especiales.

Las principales ventajas del proceso de cemento y arena sobre los métodos antiguos de arcilla plástica para la fabricación de hélices grandes son, en primer lugar, la eliminación de secado al horno y brasero de las partes de moldeado, que exigen hornos muy grandes y equipos muy pesados de manejar, y la posibilidad de efectuar la mayoría del trabajo al nivel del suelo sobre un piso de hormigón, sin la suciedad y polvo comúnmente asociados con el trabajo pesado de fundición. Además, como los moldes son extraordinariamente rígidos, los riesgos de deterioro quedan reducidos, y la precisión en las dimensiones de las piezas obtenidas es mayor que con los moldes corrientes de arcilla plástica, que se deforman frecuentemente bajo las tensiones de la fundición.

Debido a las características muy variables de las hélices individuales, el empleo de modelos, bien de metal o de madera, es imposible normalmente. Se utilizan, desde luego, cuando hay que fabricar un gran número de un mismo tipo, pero este caso es excepcional. Si se emplean modelos, éstos generalmente son de metal, que luego pueden acabarse como hélices propiamente dichas. En Norteamérica se emplean comúnmente modelos de madera de una sola pala, pero este método raramente se emplea en Inglaterra, excepto para hélices muy pequeñas.

Esta Memoria se limitará solamente al proceso de terrajado, cuya primera fase es llevar la base de moldeo hasta la cara activa. La terraja está apoyada en el centro sobre un vástago de acero de longitud y diámetro adecuado, y en su extremo descansa sobre una guía, y trasladando la terraja puede obtenerse una verdadera superficie helicoidal. Una vez determinado el tamaño necesario de la base, se cubre para formar una caja adecuada que se llena progresivamente con cemento-arena y se terraja en etapas sucesivas hasta obtener una base correcta, y subsiguientemente se alisa con la mano para dejar una superficie uniforme y finalmente sobre el vástago del centro se monta un macho para terrajar el diámetro exterior del núcleo.

Las hélices modernas casi invariablemente se apartan de la verdadera superficie helicoidal, y para obtenerlas en la superficie de moldeo se necesitan métodos más complicados que el descrito anteriormente. La explicación de estos métodos no entra dentro del objeto de esta Memoria, pero con el empleo de guías múltiples puede hacerse mucho. Finalmente, se cuenta también con la habilidad del modelista que con el empleo de plantillas puede dar a la cara la forma deseada por medio de métodos manuales.

Después de la preparación de una cara se construye el modelo de la pala sobre la base acabada, empleando secciones del modelo de madera como una estructura. El espacio que queda entre las secciones se llena con cemento de arena, y al modelo completo se le da cuidadosamente la forma correcta, y los bordes se alisan para permitir después una separación limpia. Después se coloca la cubierta para la parte superior, y una vez dispuesto sobre el modelo de la pala el refuerzo de hierro para reforzar la parte superior, se llena la caja y se apisona.

Después de transcurrido el período necesario de secado por aire, el molde está listo para separarlo. Las partes superiores se levantan, habiéndose dispuesto para este fin salidas adecuadas dentro de la obra de hierro de refuerzo de estas partes. Entonces se sacan los modelos de las palas, y con bases y partes superiores se revisten y se ennegrecen (se les da una capa de lápiz-plomo negro), listas para ser unidas de nuevo. Debido a la alta concentración del bronce manganeso, se necesita una gran presión de alimentación, y, para este fin, se construye aparte un canal de alimentación de cemento y arena reforzada de tamaño apropiado. El molde se une volviendo a colocar las partes superiores sobre las bases en sus posiciones originales, colocando el canal de alimentación, y, finalmente, afianzando todo el conjunto por medio de pernos y cables tensores. Las partes superiores del molde se sostienen hacia abajo por medio de cuatro grandes pernos, enlazando fuertes apoyos que pasan por dos anillos de hierro fundido, y cuando se trata de unidades grandes, se dispone otro juego de pernos para suje-

tar el extremo exterior de cada parte superior. Es practicable fundir hélices con un peso de 16 a 18 toneladas por encima del nivel del suelo, con un riesgo de accidente relativamente pequeño.

El taladro de la hélice, que muchas veces incorpora uno o más aligeramientos, se secciona, y los núcleos apropiados se construyen sobre barriles de hierro fundido con capas alternadas de arcilla plástica y cabo de estopa. Estos núcleos se secan en la forma acostumbrada en un horno.

FUNDICIÓN.

El líquido de fundición se introduce en el molde a través de un bebedero descendente que desde la parte superior conecta con un paso interior que va a parar, siguiendo una dirección ligeramente ascendente, al lado del núcleo en su extremo inferior. El paso descendente se llena desde un recipiente de tamaño adecuado montado sobre la parte superior de la base, y el flujo del metal está controlado por medio de un tapón y palanca en la forma normal. Para la fundición el requisito principal es mantener una velocidad adecuada en la operación de llenado, junto con el control de óxido que se forma si se deja que el flujo se haga turbulento. Sin embargo, como el núcleo y las partes interiores de la pala son accesibles desde la parte superior, para este trabajo pueden utilizarse espumaderas con resultados eficaces, y, generalmente, se obtienen fundiciones limpias sin dificultad. La operación de fundición queda hecha y las piezas fundidas se levantan después de dejarlas enfriar de dos a cinco días, según el tamaño.

El bronce manganeso comúnmente empleado para la fabricación de las hélices es una aleación obtenida de un bronce normal de 60/40, para dar propiedades físicas del siguiente orden: Tensión de prueba, 25 a 27 Kg/mm^2; de tensión máxima, 33 a 25 tons/pul^2; alargamiento, sobre dos pulgadas, 20 a 25 por 100, y dureza Brinell, 130 a 140. Las cualidades especiales anticorrosivas y de resistencia se obtienen por la adición de estaño, hierro, aluminio y manganeso. La función especial de estos elementos es: 1, estaño hasta 1,5 por 100, aumentar la dureza y la resistencia al ataque de la corrosión; 2, hierro hasta 1,5 por 100, para finar el grano y mejorar las cualidades de resistencia; 3, aluminio, aumentar las resistencias (la cantidad adicionada se controla cuidadosamente en relación con el contenido de estaño y para evitar la fragilidad. Con un contenido de estaño del 1 por 100, el contenido máximo de aluminio es normalmente de 0,5 por 100 aproximadamente), y 4, Manganeso, obtener grano muy fino y mejorar las propiedades de resistencia. El máximo normal es 0,5 por 100.

La aleación del metal se efectúa en hornos de crisol basculantes para 272 Kg. de combustión de carbón o petróleo y cada colada se echa en moldes de hierro Meehnaite de 12,69 Kg., contribuyendo considerablemente el efecto enfriador al afinamiento del grano. Para garantizar que el análisis es correcto, antes de que los lingotes pasen a los hornos de reverbero, se prueban muestras del mismo en el laboratorio.

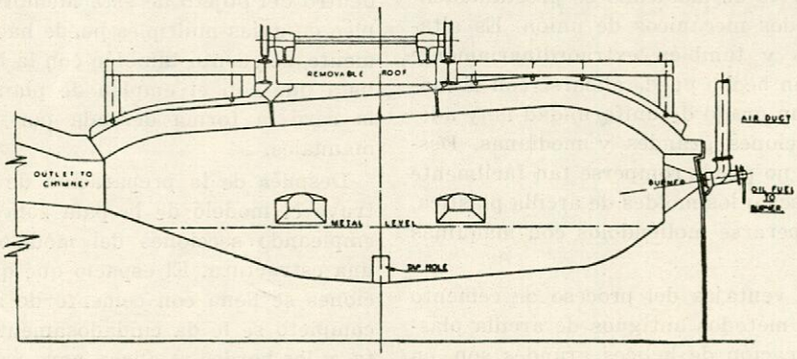


Fig. 1.—Horno de reverbero de combustión de petróleo, del tipo empleado para la aleación del metal de fundición.

El metal para fundiciones de hélices se funde en hornos de reverbero de combustión de petróleo, de varias capacidades, que comprenden desde 8 a 25 toneladas. El sistema de fundición difiere fundamentalmente del procedimiento normal del taller de fundición, puesto que en lugar de echar el metal líquido en un gran número de moldes pequeños, en el trabajo de hélices solamente se funden diariamente unas pocas piezas de un peso relativamente grande. Esto significa que los hornos tienen que funcionar adaptándose al programa de moldeo y, en general, para cada fundición de hélice se efectúa una carga especial de horno. Como la carga incluye grandes elevadoras de presión, vertederos, tapones, etcétera, además de los lingotes, son esenciales grandes aberturas en la parte superior para admitir estas piezas grandes y, en conformidad, se ha creado una forma de horno del tipo que puede verse en el dibujo, que es de combustión de petróleo, y se

observará que la parte superior fija y la parte del centro giratoria son de construcción de arco suspendido. Este tipo de horno, a pesar de las condiciones de funcionamiento intermitente, que son desfavorables, da resultados bastante satisfactorios en la práctica, con consumo de un peso de combustible entre 10 y 11 por 100 aproximadamente del peso del metal tratado. El tiempo que se tarda en la fundición, desde el encendido en frío hasta verter a unos 1.050° C., es de cinco a ocho horas, según el peso de la carga y tamaño del horno.

Una vez que la pieza fundida ha sido levantada, limpiada de rebabas y trasladada al taller de maquinado, se monta y centra como preparación para las operaciones de maquinado del núcleo. Se ha creado un tipo especial de mandrinadora en la que pueden hacerse todas estas operaciones de una vez. Estas operaciones son: 1. La separación del elevador de presión, que en el caso de una hélice de 15 toneladas puede pesar unas 2 toneladas y exige la extracción de un cilindro de unos 761 mm. de diámetro y 609 mm. de largo. 2.ª El maquinado del orificio central con una precisión dentro de límites muy estrechos. 3.ª El encarado y avellanado de los extremos, delantero y posterior del núcleo con cualquier empaquetadura o relleno que pueda ser necesario. Cuando se utilizan mandrinadoras del tipo corriente de huso vertical, las velocidades de corte están limitadas generalmente por la velocidad a que puede girarse la pieza, teniendo en cuenta su gran peso y la rigidez de los dispositivos de sujeción a la plancha de trabajo.

La operación que sigue es el maquinado del chavetero, y para esto se emplea una máquina de fabricación norteamericana construída especialmente para este fin. La herramienta se pasa por el núcleo hacia abajo, estando dispuesto el mecanismo debajo del suelo, en un pozo profundo, pero estrecho. La barra portaherramientas está soportada por una cabeza situada en el taladro, que es inclinable para que pueda ser alineada con los lados del cono del taladro, con la hélice apoyada horizontalmente sobre la mesa de la máquina. Esta máquina tiene una carrera de 1.524 mm. y puede maquinar chaveteros hasta de 127 mm. de ancho, empleando cortadores de un ancho máximo. Después de la operación de maquinado del núcleo sigue el trabajo sobre las palas. Como se ha dicho antes, la pieza fundida se marca para ser taladrada en la posición más favorable de las palas. Sin embargo, el eje de la hélice se fija definitivamente y todo el trabajo subsiguiente se efectúa en relación con este orificio acabado.

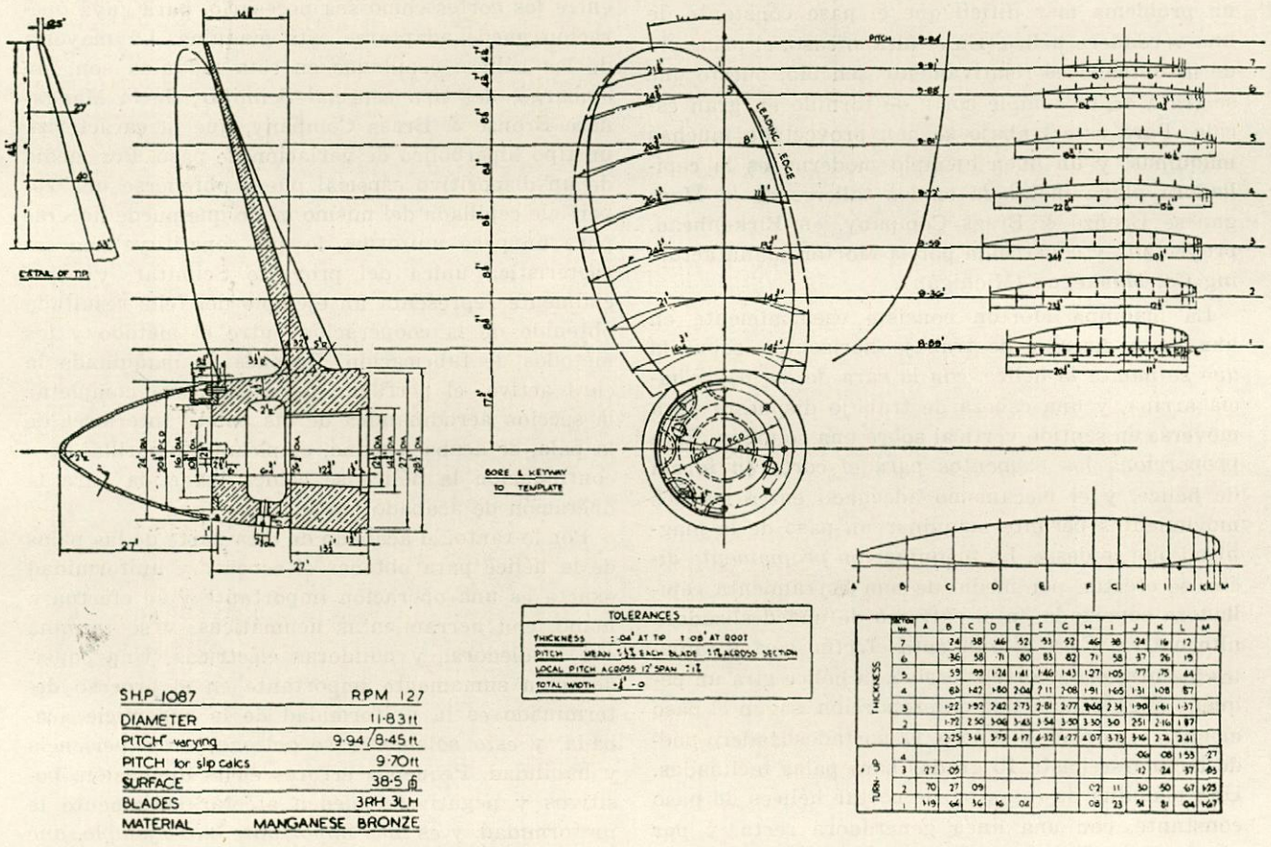


Fig. 2.—Hélice moderna para un barco mercante de dos hélices.

Por lo tanto, la hélice se delinea y marca cuidadosamente, inscribiendo líneas circunferenciales en el radio prescrito. La forma de la pala acabada se traza y se miden los espesores de la fundición en los puntos apropiados, para determinar exactamente el exceso de metal sobre las palas.

Muchas veces el paso de la hélice moderna no es constante en toda la longitud de la pala, y, por consiguiente, el maquinado de esta superficie presenta un problema más difícil que el paso constante de una verdadera hélice. En el último caso, el principio de maquinado es relativamente sencillo, puesto que se trata de un simple corte de tornillo en gran escala. Para este trabajo se han proyectado muchas máquinas, y un buen ejemplo moderno es la cepilladora plana instalada en los talleres de la Manganese Bronze & Brass Company, en Birkenhead, proyectada y construída por la Morton Manufacturing Co. Muskegon (Michigán).

La máquina Morton consiste esencialmente en una mesa circular de trabajo horizontal, sobre la que se monta la hélice, con la cara de las palas hacia arriba, y una cabeza de trabajo dispuesta para moverse en sentido vertical sobre una columna. Esta proporciona los elementos para el corte en forma de hélice, y el mecanismo adecuado entre los dos movimientos permite maquinar un paso de la magnitud que se desee. La maquinación propiamente dicha se efectúa por medio de una herramienta cepilladora soportada en el extremo de una deslizadora alternativa. Esta herramienta efectúa cortes radiales y, entre cada corte sucesivo, la hélice gira un pequeño ángulo, subiendo en proporción, según el paso elegido, el portadeslizadero. El portadeslizadero puede inclinarse hasta 15 grados para palas inclinadas. Una máquina de éstas puede cortar hélices de paso constante, con una línea generadora recta, y por virtud de la acción de cepillado, produce una superficie maquinada lisa que sólo necesita una amoledura ligera y el subsiguiente pulimentado.

Muchas hélices tienen paso constante solamente en los dos tercios exteriores, o en la mitad de la pala, y el paso disminuye hacia la raíz. En estos casos solamente puede cepillarse la parte exterior de la hélice y el resto suele desbastarse a mano. En casos especiales, el paso puede tener un máximo a la mitad de la pala aproximadamente, reduciéndolo hacia la raíz y punta y, además, la línea generadora puede ser curvada. En tales casos, la pala de la hélice se lamina, de canto a canto, cambiando el paso entre los cortes como sea necesario, para cuya operación puede adaptarse esta máquina. La mayoría de las hélices cepilladas en esta máquina son, sin embargo, del tipo especial Scimitar, de la Manganese Bronze & Brass Company, que la caracteriza un tipo hiperbólico de variación de paso. Por medio de un dispositivo especial puede obtenerse una superficie cepillada del mismo modo que puede hacerse para un paso uniforme, lo que constituye una característica única del proyecto Scimitar, y especialmente representa un ejemplo del feliz resultado obtenido de la cooperación entre el método y los métodos de fabricación. Después de maquinada la cara activa, el perfilado necesario para completar la sección aerodinámica de las partes interiores de la pala, se acaba a mano, empleando plantillas, y a continuación la hélice se coloca invertida para la operación de acabado por la otra cara.

Por lo tanto, el acabado de esta parte de las palas de la hélice para obtener el espesor y uniformidad exacta es una operación importante y se efectúa a mano, con herramientas neumáticas, y se termina con amoledoras y pulidoras eléctricas. Una consideración sumamente importante en el proceso determinado es la uniformidad de la superficie acabada, y esto solamente se obtiene con experiencia y habilidad. Pequeños errores en la dimensión, positivos y negativos, pueden afectar seriamente la uniformidad, y es más importante, por ejemplo, que una sección tenga todos los puntos de espesor + 1 milímetros que puntos adyacentes de espesor + 1 1/2 mm. y — 1/2 mm.

(Continuará.)

Información General

EXTRANJERO

ALEMANIA PODRA PRODUCIR SIN LIMITES

Francia, Gran Bretaña y los Estados Unidos han suspendido con carácter oficial su intervención sobre la construcción naval, la producción de acero, la fabricación de material de radio y la obtención de aluminio y cloro en Alemania occidental.

De acuerdo con esto, Alemania occidental podrá construir ahora buques de cualquier tonelaje y velocidad, y también podrá exceder el límite 11.100.000 toneladas en la producción de acero.

LA COMPETENCIA EN LA CONSTRUCCION NAVAL

Los constructores navales ingleses están preocupados porque resurge una dura competencia, especialmente por parte de Italia, que subvenciona a sus astilleros y que actualmente tiene 300.000 toneladas de buques en construcción. Se teme también la competencia japonesa, sobre la base de 800.000 toneladas anuales de buques.

PLANES PARA LA FLOTA MERCANTE DE ALEMANIA ORIENTAL

Alemania oriental, a semejanza de Alemania occidental, va a poseer una flota mercante, con la diferencia de que los buques de Alemania oriental pertenecerán al Estado. Se espera haber terminado el primer buque de Alemania oriental hacia 1953.

El Jefe de la Sección de Construcciones Navales del Plan Quinquenal se refirió a los planes existentes para cuatro tipos de buques. El primer tipo consistirá en embarcaciones costeras, cuya construcción comenzaría el próximo año. El segundo y el tercer tipo, nuevos para Alemania oriental, navegarían en las rutas de Levante, y el cuarto, que es el tipo mayor, efectuaría el comercio con el lejano Oriente. No fueron dados detalles sobre los buques de carga, excepto que tendrían capacidad de acomodo para 12 pasajeros y que la quilla del primero sería colocada a principios del próximo año.

JAPON TIENE 145 BARCOS MERCANTES

El Japón tiene en la actualidad una flota de 145 barcos, con un tonelaje de 1.327.000 toneladas, y avanza rápidamente hacia los dos millones de tonelaje, que es el requerido para el 50 por 100 de todas las exportaciones e importaciones japonesas. Se ha declinado el dar cifras exactas, así como la fecha en que el programa naval del Gobierno llegará a la mencionada meta.

LOS GRANDES PAQUEBOTES NORTEAMERICANOS

Se ha publicado que al ser puesto en servicio para la línea regular del Atlántico el gran paquebote "United States" en el año próximo, será retirado de esa línea el "Washington", de 23.626 toneladas, y que probablemente se le destinará a los servicios del Pacífico. Este último buque, que pertenece al Gobierno de Estados Unidos, está explotado actualmente por la U. S. Lines.

EL SUPERTRANSATLANTICO "UNITED STATES"

En el mes de junio fué lanzado al agua desde la grada en que se le ha construído en el breve perío-

do de once meses, el buque más grande construído hasta la fecha en Estados Unidos. Se ha dicho que al botarle estaba ya terminado en un 70 por 100. Aunque sus dimensiones se aproximan a las del "Queen Elizabeth", se asegura que su casco pesa bastante menos. Este resultado ha sido logrado por el empleo de aleaciones ligeras. No se ha anunciado oficialmente velocidad alguna, pero ha habido ciertas alusiones a que el barco podrá hacer más de 30 nudos.

PROBLEMAS DE CONSTRUCCION NAVAL EN EL JAPON

Los constructores navales japoneses están seriamente preocupados ante el constante aumento del precio de las materias primas para la producción del acero, con su subsiguiente efecto en el valor del acero. La escasez de este material y, además, su elevado coste, está produciendo temores respecto al Séptimo Programa de Construcción Naval, y no han llegado a realizarse los esperados encargos de exportación.

Al terminar las negociaciones para el Séptimo Programa de Construcción Naval, los constructores de barcos japoneses tenían esperanzas de nuevos encargos por parte de armadores extranjeros. La mayoría de los contratos del país, con un total de unas 340.000 tons. de R. B., para ser construídos este año, fueron negociados entre enero y marzo, durante cuyo período de tiempo el precio del acero había subido considerablemente y habían disminuído los suministros. Los precios que se cotizan ahora son más altos de lo que se esperaba, de modo que los constructores navales japoneses ya no se sienten optimistas respecto al resultado de la competencia con los astilleros extranjeros.

La tendencia de los precios del acero es la siguiente:

PRECIO POR TONELADA DE PLANCHA DE 12 MILÍMETROS.

(*The Yawata Iron Works, Nippong Seitetsu.*)

Fecha de entrega	Precios por ton (*)
Enero 1951	30.500 yen ó 30/10 £
Febrero	32.500 " " 32/10 "
Marzo	35.000 " " 35/0 "
Abril	46.000 " " 46/0 "
Mayo	46.000 " " 46/0 "
Junio	49.500 " " 49/10 "
Julio	51.500 " " 51/10 "

(*) Cambio actual: 1.000 yens = 1 £.

BOTADURA DEL DESTRUCTOR INGLES "DUCHESS"

El destructor "Duchess" ha sido botado el 9 de abril último en los astilleros Thornycroft. Este buque forma parte de una serie de ocho, de los cuales no queda en grada más que uno, el "Diana". Sus características son las siguientes:

Desplazamiento Wáshington, 2.615 tons.
Desplazamiento a plena carga, 3.500 tons.
Eslora máxima, 118,87 m.
Manga máxima, 13,10 m.
Velocidad máxima, 32 nudos.
Armamento militar: 6/114 a. a.; 6/40 a. a.; 10 T/533 (2 montajes).

El armamento de los destructores de esta clase, si se le compara al de los destructores americanos de igual clase, es ligeramente inferior. Los destructores americanos, en efecto, poseen 6/127 a. a., de 12 a 16/40 a. a., según que ellos estén o no dotados de tubos lanzatorpedos (un montaje quíntuple) y dos "erizos". El Almirante Cunningham, en sus Memorias, se lamenta de la insuficiencia del armamento de los destructores británicos.

BOTADURA DE LOS SUBMARINOS AMERICANOS "SSK 2" Y "SSK 3"

Estos submarinos cazadores, cuyas principales características dimos en nuestro número anterior, fueron botados, respectivamente, el 2 de mayo y 21 de junio últimos en los astilleros de Mare Island (California).

SALVAMENTO DE UN SUBMARINO ENANO ALEMAN EN EL AMMERSEE (LAGO AMMER)

Un submarino monoplaza alemán hundido en el Ammersee ha sido puesto a flote a fines de agosto último. El lago Ammer había sido utilizado en los últimos tiempos de la pasada guerra por la Marina alemana como lugar de experimentación para este submarino que era un tipo, al parecer, de altas características.

DECLARACIONES DEL MINISTRO DE DEFENSA ITALIANO

En 6 de marzo último, el Ministro de Defensa, señor Pacciardi, hizo una exposición sobre las Fuer-

zas Armadas italianas, con motivo de la votación de créditos suplementarios para el rearme. En lo que respecta a la Marina, él declaró que ésta se componía, por el momento, de:

— 2 acorazados;
— 3 cruceros;
— 33 unidades de escolta de diferentes tipos;
— 626 unidades costeras;
— 16 dragaminas.

El hecho de que el Ministro no haya citado más que 3 cruceros ("Montecuccoli", "Abruzzi" y "Garibaldi") con respecto a los 4 autorizados, parece indicar que el cuarto, el "Cadorna", está prácticamente desarmado. Por lo que respecta al valor de esta fuerza naval, el Ministro precisó lo siguiente: "Las unidades actualmente en servicio son de antigua construcción, poco rápidas y con armas anticuadas; pero nuestro programa prevé una mejora sensible de nuestra flota, tanto desde el punto de vista de la calidad como de la cantidad. Armas modernas serán instaladas en nuestros buques para aumentar su eficacia antiaérea y antisubmarina." Respecto a la Marina americana, el Sr. Pacciardi señaló que la flota debía recibir de ésta 5 unidades de escolta, de las cuales 3 han sido ya entregadas. Se trata de los tres destructores de escolta "Aldebarán", "Altair" y "Andrómeda" (ex-US "Thornhill", "Gandy" y "Wesson") que llegaron a Mesina el 25 de marzo y los destructores de 1.700 toneladas (4/127 a. a., 35 nudos) "Woodworth" y "Nicholson", oficialmente cedidos el 25 de mayo y rebautizados, respectivamente, "Artiglieri" y "Aviere".

En lo que respecta a nuevas construcciones, se limitó a decir: "Hemos elaborado un muy modesto programa de reconstrucciones por una suma de 20.000 millones de liras."

CESION DE BUQUES AMERICANOS A LA MARINA GRIEGA

La Marina griega se ha aumentado recientemente en dos destructores y dos destructores de escolta que le han cedido los Estados Unidos. Los dos destructores, el "Earle" y el "Ludlow", rebautizados "Niki" y "Doxa", fueron transferidos el 18 de abril. Son buques de 1.600 toneladas que entraron en servicio en 1940. Su armamento comprende cuatro cañones de 127 a. a., cuatro Bofors de 40 y un montaje quíntuple de tubos. Los dos destructores de escolta de tipo clásico han sido rebautizados "Panthir" (ex-"Elridge") y "León" (ex-"Thomas-Garfield"). Fueron recibidos por los griegos el 5 de enero en Boston. Otros dos destructores de escolta, "Slater" y "Ebert", deberán ser entregados posteriormente, así como dos submarinos con snorkel. Los dos "escoltas" llevarán los nombres de "Hierax" y "Aetos".

Por otra parte, la Marina helénica va a armar, cuando se haya terminado su reparación, al crucero italiano "Eugenio di Savoia", que recibió con motivo del tratado de paz. Este crucero será rebautizado "Helli".

MODERNIZACION DEL CRUCERO SUECO "GÖTA LEJON"

Por una fotografía publicada en el número de junio de la revista sueca "Sverige Flotta", puede apreciarse algo de la modernización a este crucero de 7.400 tons. 33 nudos, que entró en servicio en 1948. Su artillería principal, de 152 mm.—una torre triple a proa y dos dobles a popa—no ha variado, pero su artillería AA parece haber sido reforzada, instalándole 12 piezas de 57 mm. de un nuevo modelo y seguramente en sustitución de los diez montajes dobles de 40 mm. que antes llevaba. Se aprecia en la foto la gran ampliación del puente, que ha quedado en forma similar a la de ciertas unidades inglesas, así como las instalaciones radar montadas en sus palos trípodes.

FRAGATAS RAPIDAS ANTISUBMARINAS

En nuestro número de septiembre, al describir las nuevas construcciones y modernizaciones que serían emprendidas el próximo año en la "Royal Navy", se decía que 45 destructores serían transformados en buques de escolta rápidos antisubmarinos, aunque se ignoraba si la citada modernización sería igual a la efectuada a los cinco destructores tipo "Relentless".

Respecto a este prototipo podemos ahora añadir algunos datos sobre la profunda reforma en ellos efectuada para adaptarlos a su nueva misión de fragatas rápidas antisubmarinas. Eran destructores del tipo "Rotherham", de 1.705 tons., puestos en servicio durante la guerra (1943), con una velocidad de 34 nudos (40.000 SHP. en dos ejes y con dos calderas), que tenían el siguiente armamento militar: IV-120 mm., IV-40 mm. AA, VIII-20 milímetros AA y ocho tubos de 533 mm. Todo este armamento ha sido desembarcado.

La cubierta del castillo ha sido prolongada hacia popa hasta un 80 por 100 aproximadamente de la eslora del barco, habiéndose construído sobre ella, a proa, una amplia superestructura en toda la man-

ga del buque, para soporte del puente y seguramente de las instalaciones A. S. de proa; en las fotografías se observa por la proa del reducido puente un pequeño montaje artillero, y por la popa un robusto palo para los equipos de radar. A popa parece que lleva un montaje doble de 102 mm. AA, algunas piezas más pequeñas de la DCA y dos "squids", que sin duda no serán el único armamento A. S. del buque.

En la obra del casco parece que se ha empleado con bastante extensión el aluminio, para reducir los pesos altos. El equipo propulsor debe haberse conservado.

La fragata "Relentless" ha comenzado últimamente sus pruebas.

EL SUBMARINO "AFFRAY"

En nuestro último número indicábamos que se creía que la causa inicial de la pérdida de este submarino era debida a haberse encontrado roto el mástil del snorkel. Los últimos informes aseguran que dicha avería debió ser producida posteriormente por el ancla o la cadena del buque de salvamento "Reclaim", ya que éste tuvo que fondear más de diez veces desde que se descubrió el casco con el asdic hasta que los buzos lo identificaron. Aunque son desconocidas todavía las causas de la catástrofe, se ha emitido la hipótesis de que el accidente se hubiese originado por una explosión de batería.

Nada se ha definido todavía sobre su salvamento, aunque se duda pueda efectuarse antes de los temporales del otoño.

NUEVAS CONSTRUCCIONES PARA LA MARINA CANADIENSE

Recientemente se ha ordenado la construcción de otras siete fragatas rápidas antisubmarinas de 2.500 tons., que importan 60.000.000 de dólares.

Con dicho pedido el número de buques en construcción para la Marina Canadiense asciende a 39, repartidos en la siguiente forma:

14 "fragatas" de 2.500 tons.	35.000 tons.
14 dragaminas de 370 tons.	5.180 "
Un rompehielos	5.400 "
Otros buques auxiliares	1.500 "
Total	47.080 tons.

NACIONAL

ASOCIACION DE INGENIEROS NAVALES.—IV CONGRESO DE INGENIERIA NAVAL

En la última reunión celebrada por la Junta Directiva de la Asociación, el pasado día 10 de octubre, se acordó aplazar la celebración del Congreso a la primavera próxima, ampliando el plazo de admisión de trabajos hasta el 31 de enero de 1952.

Hasta la fecha se han presentado y admitido cinco memorias muy interesantes y hay otras ocho prometidas en firme para dentro de breve plazo, por lo que se prevé que, contando con esta prórroga, podrán reunirse un buen número de trabajos que asegurarán el éxito de este IV Congreso.

SE RESTAURA EN VIGO UN IMPORTANTE CARGADERO MECANICO

Un cargadero de carbón que existía en la ría de Vigo desde 1926 ha sido puesto en marcha nuevamente. Tiene capacidad para cargar hasta 200 toneladas por hora y dispone de fondeadero para barcos hasta de 3.000 toneladas.

BUQUES PARA TRANSPORTE DE EMIGRANTES

El programa de construcción de la Empresa Nacional Elcano comprende una gran variedad de clases de barcos de diferentes tipos, que no sólo responden a las necesidades nacionales, sino que aumenta el número o cubre vacíos de los que existen en nuestra Marina mercante, teniendo en cuenta también los reemplazos de unidades que en el transcurso del tiempo van envejeciendo y han de llegar a su límite razonable de edad.

Faltaba a nuestro extenso programa un tipo de barco: el moderno buque de emigrantes. Ha cambiado el concepto de que éstos se transportaban hacinados en alojamientos poco confortables y a veces con pocas condiciones higiénicas. Por eso ha sido aumentado su programa con barcos para el transporte de emigrantes, que responden a las modalidades actuales, como en otros países.

Estos buques que están ya proyectados, se han integrado en la serie "U" del programa general de construcciones.

Tendrán una eslora total de unos 150 m. y un desplazamiento aproximado de 15.000 toneladas. Serán capaces para transportar cada uno 1.400 emigrantes, que irán alojados en camarotes de dos, cuatro y seis plazas, con lavabos y armarios dentro de cada camarote y varios grupos de aseos distribuídos por todo el barco, que aseguran un buen servicio para los pasajeros.

Se dispondrán dos comedores para los pasajeros, que podrán comer en dos tandas, y además contarán con varios salones interiores, cubiertas de paseo y amplias galerías con vistas a la mar.

Estos barcos podrán compararse con los mejores que hoy día se dedican a este servicio, ya que en verdad se pretende que el barco, en vez de parecer el clásico de emigrantes, sea más bien un trasatlántico de clase única.

El servicio de fonda se piensa montar con todos los adelantos y suficiente para que el pasaje esté debidamente atendido.

La velocidad será entre 17 y 18 nudos; tendrán cuatro bodegas para carga general y un entrepuente para carga refrigerada y estarán dotados de un buen servicio de plumas y chigres para carga.

Tan pronto se terminen los proyectos daremos a conocer los planos y características en concreto de estos barcos.

PRUEBAS DE MAR Y ENTREGA DEL "CASTILLO DE MONTJUICH", RECONSTRUIDO

En las páginas de esta Revista hemos dado a nuestros lectores alguna información sobre las obras de reconstrucción de este buque.

Como se recordará, el "Castillo de Montjuich" pertenecía a la antigua Gerencia de Buques Mercantes y pasó a ser propiedad de la Empresa Nacional Elcano cuando fué creada esta Entidad y absorbió todos los buques de aquella flota.

A consecuencia de un temporal y de la rotura de una de las cadenas del ancla, el buque varó entre Gijón y el puerto de Musel en condiciones que hacían muy difícil su salvamento. A pesar de las dificultades técnicas, el buque fué reflotado por el personal de Elcano y después fué remolcado a Bilbao, en uno de cuyos diques se llevó a cabo una operación de reparación provisional. Fué enviado a Ferrol, también a remolque, a los astilleros que regenta la Empresa Nacional Bazán.

Aprovechando las necesarias e importantes obras de reparación, que se extendían a todo el doble fondo, gran parte de las cubiertas y del forro exterior, se estudió una reconstrucción consistente en dotar al buque de una superestructura de ciudadela completamente nueva, habilitando en la misma alojamiento para doce pasajeros con todo confort, construcción de una nueva proa y nueva popa y además una transformación a fondo en su aparato motor.

Las turbinas y caja de engrane fueron desmontadas y se repaletaron varias coronas; se construyó además una nueva periferia de la rueda principal de mayor anchura, todo ello a fin de aumentar la potencia desde unos 2.000 S. H. P. que tenía antes del siniestro hasta unos 3.500 S. H. P. mínimo, con amplia capacidad de sobrecarga. Se construyeron tres nuevas calderas de proyecto, patente y dibujo completamente original de la Empresa Nacional Bazán. En estas calderas han sido adoptados dispositivos ultramodernos para obtener mayor economía: se han dispuesto calentadores de aire empleando el vapor de exhaustación auxiliar, aparatos que presentan enormes ventajas en comparación de los ordinarios que emplean los humos de escape, y que en la práctica han dado excelentes resultados. Toda la maquinaria auxiliar ha sido puesta a punto y además se han montado dos nuevos grupos electrógenos de 50/70 kilovatios cada uno.

El buque recién salido de dique fué a Gijón a tomar la media carga que se especifica en el Reglamento de las Primas a la Construcción Naval, y de vuelta a Ferrol, en los días 13 y 15 de octubre, tuvieron lugar las pruebas progresiva y oficial.

Durante esta última el buque alcanzó una velocidad máxima de casi 14 nudos y una velocidad media de unos 13,85, esto es, casi cinco nudos más que antes de la conversión, desarrollando unos 4.300 S. H. P. El consumo en marcha económica, de unos 12 nudos a media carga, se estima que oscilará de 30 a 32 toneladas de fuel por singladura.

El buque empezó a prestar servicio a últimos de octubre.

Proveedores de la Industria Naval

ASTILLEROS DE PALMA, S. A.

Especialistas en material flotante para puertos.—Proyectos, construcción y reparación de buques. — "La Pedrera". MALLORCA.

ASTILLEROS Y TALLERES DEL NOROESTE, S. A.

Factoría y domicilio social: PERLIO (Fene).—Direcciones: Telegráfica: "Astano". Postal: Apartado 994.—Teléfono 4 de Fene. EL FERROL DEL CAUDILLO.

BOMBA PRAT, S. A.

Bombas rotativas. Bombas centrífugas. Compresores. Humidificación y ventilación.—Apartado 16. Wifredo, números 109-113. BADALONA.

COMERCIAL PIRELLI, S. A.

Cables y conductores eléctricos aislados de todos los tipos. Unica Empresa española especializada en conductores eléctricos para la Marina Mercante y la Armada. Neumáticos. Correas y artículos varios de goma. Sucursales en Madrid, Bilbao, Sevilla, Valencia y La Coruña.—Ronda Universidad, 18. BARCELONA.

CONSTRUCCIONES ELECTROMECANICAS ABRIL, S. A.

Maquinaria Eléctrica.—Villarroel, 195. BARCELONA.—Dirección telegráfica: "Abrilmotor".

CUCURNY, S. A.

Tubería, Baldosín y Mosaico de Gres y Refractario, resistente a altas temperaturas. — Calle Princesa, 58 y 61. BARCELONA.

EDUARDO BATISTE-ALENTORN

Avenida de José Antonio Primo de Rivera, 416. BARCELONA.—Construcción de generadores y electromotores especiales para buques. Grupos convertidores para soldadura eléctrica.—Teléfono 231285.

FABRICACIONES NAVALES Y ARTILLERAS, S. L.

Teléfono 1401.—Apartado 986.—EL FERROL DEL CAUDILLO.

"FAMA". FABRICA DE ARTICULOS DE MATERIAL AISLANTE, S. A.

Material para instalaciones eléctricas. - Telefonía. - Radiotelefonía. - Tranvías. - Accesorios de automóvil. - Calefacción. - Construcciones navales, etc. - Piezas moldeadas de resinas sintéticas de alta precisión técnica.—Apartado 91.—BARCELONA. Mártires Santa Cruzada, 125. CORNELLA (Barcelona).

GUILLIET

Valencia, 30.—MADRID. — Agencias en BILBAO - BARCELONA - SEVILLA.

KLEIN, S. A.

Más de cincuenta años de experiencia en la fabricación de toda clase de artículos y correas de goma. Sucursales en BARCELONA, MADRID, BILBAO, SEVILLA y VALENCIA. Apartado 24. SEGOVIA.

LA MAQUINISTA TERRESTRE Y MARITIMA, S. A.

Apartado 94. BARCELONA.—Delegación en Madrid: Serrano, 5, bajo derecha.

MAS, GOBERNA Y MOSSO, ING., S. L.

Aparatos de elevación, grúas, ascensores, montacargas, polipastos "Magomo".—Pamplona, 95, 97 y 99. Teléfono 250843. BARCELONA.

S. A. M. MAS BAGA

Cocinas para buques, a carbón, leña y aceite pesado.—Hortaleza, 17. MADRID.—Valencia, 348. BARCELONA.

WORTHINGTON, S. A.

Bombas y construcciones mecánicas.—Fábrica y Oficina Técnica: Irún, 23.—MADRID.