PROLOGO

Existiendo un gran vacío en los textos de Ingeniería Naval, en español, cuya falta se deja sentir principalmente en la enseñanza de esta rama de la Ingeniería, me he decidido a materializar una idea que venía manteniendo desde hace tiempo. Para ello, he aprovechado los apuntes que, durante algún tiempo, han utilizado los alumnos de mi Cátedra, además de la información recopilada durante mi larga experiencia profesional. Con esta intención, me decidí a publicar este libro, como guía general de los interesados en el estudio de la Construcción Naval.

En este libro, se incluyen las teorías tradicionales y modernas sobre el «Cálculo de Estructuras», así como numerosos ejemplos prácticos ejecutados en buques construidos.

Esta obra es útil no sólo a los ingenieros navales, ingenieros técnicos en Ingeniería Naval, inspectores, constructores y delineantes, sino también a todas aquellas personas interesadas en la construcción de buques.

Madrid, agosto 1969.

Párrafo		*Página*
6.10.	Modificaciones de los escantillones de la sección maestra para obtener unos coeficientes de trabajo determinados	349
6.11.	Esfuerzos producidos en la estructura de un buque escorado	353
6.12.	Posición del barco en la ola	354
6.13.	Efectos de oscilación vertical en las olas	355
6.14.	Efectos de cabeceo	359
6.15.	Efecto combinado de las correcciones de Smith, oscilación vertical y cabeceo	361
6.16.	Esfuerzos debido a la temperatura	363
6.17.	Esfuerzos admisibles	363
6.18.	Utilización de acero de alta resistencia	367
6.19.	Esfuerzos en ciudadelas cortas y largas	370
6.20.	Esfuerzos en una superestructura ligera	371
6.21.	Empleo de materiales ligeros	374
6.22.	Resistencia transversal	381
6.22.1.	Método de Bruhn para el cálculo de la resistencia transversal	381
6.22.2.	Momento de inercia	382
6.22.3.	Medios baos	384
6.22.4.	Cálculo por el método de Cross	384
6.22.5.	Influencia de los mamparos transversales	385
6.22.6.	Esfuerzos dinámicos	386
6.22.7.	Esfuerzos en elementos transversales	388
6.23.	Resistencia a la torsión	390
6.23.1.	Generalidades	390
6.23.2.	Flotabilidad disimétrica	390
6.23.3.	Momento de estabilidad variable en diferentes puntos de la eslora	392
6.23.4.	Influencias dinámicas	393
6.23.5.	Esfuerzos en vigas huecas cerradas	395
6.23.6.	Esfuerzos en caso de que existan aberturas en cubierta	396
6.23.7.	Investigación experimental	397
6.23.8.	Esfuerzos en los elementos de estructura transversales	398

CAPITULO 7.º

7. CALCULO DE LA ESTRUCTURA DE UNA CUADERNA MAESTRA

7.0.	Características de la ola	401
7.1.	Elasticidad y estabilidad elástica	402
7.2.	Tipos de estructuras	402
7.3.	Esfuerzos en planchas	403
7.4.	Planchas sometidas a una carga de compresión y normal a su plano	403
7.4.1.	Planchas con su contorno apoyado	403
7.4.2.	Planchas con sus contornos empotrados	405
7.5.	Efecto de la curvatura de las planchas	407
7.6.	Planchas con un entramado de refuerzos	407
7.7.	Ancho efectivo de planchas	407
7.7.1.	Problema de estabilidad	408
7.7.1.1.	Plancha con su contorno apoyado	408
7.7.1.2.	Plancha con contornos empotrados	408
7.7.2.	Problema de elasticidad	409
7.7.3.	Resistencia de refuerzos	410
7.7.4.	Combinación de esfuerzos: interacción	412
7.8.	Discontinuidades: concentración de esfuerzos	412
7.8.1.	Concentración de esfuerzos	416
7.8.2.	Concentración de esfuerzos en escotillas	416
7.8.3.	Anillos de refuerzo de aberturas	422
7.9.	Cuadernas	423
7.9.1.	Método de Cross	424
7.9.2.	Método de Bruhn	424
7.9.3.	Suposiciones	424
7.10.	Coeficientes de seguridad	425
7.11.	Criterios utilizados en el proyecto	425
7.11.1.	Condiciones de carga	425

Párrafo		*Página*
7.11.2.	Condiciones hidrostáticas	426
7.11.3.	Cargas en la estructura	426
	Cubierta principal	426
	Estructura del fondo	426
	Forro exterior y cuadernas	426
	Cubiertas y mamparos transversales	426
	Plataformas, pisos y mamparos longitudinales	426
	Costados de tanques	426
	Cargas móviles	426
7.11.4.	Esfuerzos admisibles	427
	Esfuerzos de 1.er orden	427
	Esfuerzos de 2.º orden	427
	Esfuerzos de 3.er orden	427
	Resistencia al pandeo	427
	Bibliografía	428

CAPITULO 8.º

8. PROCEDIMIENTO DEL PROYECTO

8.01.	Presentación	429
8.02.	Información necesaria	429
8.03.	Disposición estructural	430
8.04.	Momento de flexión	432
8.05.	Módulo necesario de la cuaderna maestra	432
8.06.	Cálculo de la estructura longitudinal	432
8.06.01.	Forro exterior en el fondo	432
	Espesor del forro exterior en función del esfuerzo de flexión	433
	Resistencia crítica de la plancha	434
	Espesor del fondo del forro exterior	434
	Esfuerzos de 3.er orden, aproximados	435
	Espesor de la quilla	435
8.06.02.	Espesor del forro exterior en el costado y en el eje neutro	435
	Situación aproximada del eje neutro	436
	Carga hidrostática exterior en la plancha	436
	Buque escorado 30° en aguas tranquilas	436
	Espesor de la plancha del costado	437
8.06.03.	Forro exterior en la cubierta principal. Traca de cinta	437
	Esfuerzo crítico del forro	437
8.06.04.	Planchas de la cubierta principal	438
	Esfuerzo crítico en las planchas	438
	Esfuerzo cortante máximo en la abertura del guardacalor	438
8.06.05.	Forro interior. Traca central	439
	Esfuerzo crítico de la plancha	439
	Carga normal	439
	Esfuerzo de 3.er orden	439
8.06.06.	Plancha del forro interior	440
	Esfuerzo crítico en la plancha	440
	Esfuerzo en sentido longitudinal	440
	Esfuerzo en sentido transversal	440
8.06.07.	Planchas de la segunda cubierta	440
8.06.08.	Vagras no estancas de plancha	441
8.06.08.	Vagras estancas	442
8.06.09.	Palmejares por debajo de la segunda cubierta	443
	Número de palmejares	444
	Resistencia de la plancha reforzada	444
	Resistencia de los palmejares	445
	Comprobación de la estabilidad del refuerzo	446
	Palmejares por encima de la segunda cubierta	446
8.06.10.	Palmejares del forro interior	443
8.06.11.	Esloras de la cubierta principal	448
	Resistencia crítica de la plancha reforzada	448
	Resistencia de las esloras a la carga hidrostática	448

Párrafo		*Página*
	Comprobación de la estabilidad del refuerzo	449
8.06.12.	Esloras de la segunda cubierta	449
8.06.13.	Momento de inercia de la cuaderna maestra	450
8.07.	Cálculo de la estructura transversal	454
8.07.1	Varengas no estancas	454
8.07.2.	Bulárcama y bao en la cubierta principal	456
	Cargas en la cubierta principal	456
	Carga en la bulárcama	456
	Momentos en las uniones	456
	Coeficientes de rigidez y de repartición	458
	Momentos de flexión	458
	Módulo necesario	458
	Ancho efectivo de plancha	458
8.07.3.	Puntales entre cubiertas principal y segunda	459
8.07.4.	Bao reforzado en la segunda cubierta	459
	Carga uniformemente repartida	459
	Momento de flexión	460
	Ancho efectivo de plancha	461
8.07.5.	Puntal debajo de la segunda cubierta	461
8.07.6.	Resumen	461
8.08.	Resistencia transversal	462
	Esquema del método	462
8.08.01.	Determinación de los momentos de inercia	463
8.08.02.	Determinación de las fuerzas interiores. Notas generales	465
8.08.03.	Carga hidrostática sobre el casco	465
8.08.04.	Pesos fijos	466
8.08.05.	Esfuerzo cortante vertical	467
8.08.06.	Resumen de las fuerzas que actúan en la cuaderna	468
8.08.07.	Momento estático	468
8.08.08.	Cálculo de la reacción horizontal indeterminada H	469
8.08.09.	Cálculo del momento de flexión	472
8.08.10.	Fuerzas axial y de cizalla	472
8.08.11.	Esfuerzos axial y cortante	473
8.08.12.	Esfuerzos de flexión	473
8.08.13.	Esfuerzos de flexión y compresión combinados	474
8.09.	Esfuerzos de tercer orden en las planchas del forro exterior	474
8.09.1.	Flecha	474
8.09.2.	Esfuerzo de flexión	475
8.09.3.	Esfuerzos críticos de pandeo	475
8.09.4.	Esfuerzo actual de pandeo	475
8.09.5.	Esfuerzo de tercer orden actual de flexión	476
8.09.6.	Interacción de las planchas de varengas	476
	Bibliografía	477

CAPITULO 9.º

9. CALCULO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL CASCO

9.1. CUADERNAS

9.1.01.	Separación entre cuadernas	479
9.1.02.	Escantillones de las cuadernas	479
9.1.03.	Espesores del forro exterior	483
9.1.04.	Escantillones de las cuadernas indicados por las reglas de franco bordo.	484
9.1.05.	Escantillones de las cuadernas en la práctica	487
9.1.06.	Cálculo de los escantillones de una bulárcama	489
9.1.07.	Cálculo de los escantillones de una vagra	492
9.1.08.	Cálculo de los escantillones de un palmejar	493

9.2. BAOS

9.2.01.	Cargas a que están sometidos los baos	494
9.2.02.	Cálculo de resistencia de baos	494
9.2.03.	Consolas de baos	497
9.2.04.	Cálculo aproximado de consolas de baos	504

Párrafo *Página*

9.2.05. Dimensiones de consolas en la práctica ... 506
9.2.06. Consolas de baos según el Lloyd (1966) ... 507
9.2.07. Consolas de baos según Bureau Veritas ... 507

9.3. ESLORAS

9.3.1. Cargas a que están sometidas las esloras ... 509
9.3.2. Cálculo de esloras ... 509
9.3.3. Ejemplo I ... 509
9.3.4 Ejemplo II ... 510
9.3.5. Ejemplo III ... 511
9.3.6. Ejemplo IV ... 512
9.3.7. Uniones de las esloras a los mamparos ... 512

9.4. PUNTALES

9.4.1. Consideraciones sobre el cálculo de puntales ... 513
9.4.2. Cálculo de las cargas que actúan en puntales de buques construidos ... 513
9.4.3. Ejemplo I ... 514
9.4.4. Ejemplo II ... 515
9.4.5. Ejemplo III ... 515
9.4.6. Ejemplo IV ... 516
9.4.7. Ejemplo V ... 516
9.4.8. Ejemplo VI ... 517
9.4.9. Ejemplo VII ... 518
9.4.10. Ejemplo VIII ... 518
9.4.11. Ejemplo IX ... 519
9.4.12. Ejemplo X ... 520
9.4.13. Ejemplo XI ... 521
9.4.14. Cálculo de consolas soportando un puntal ... 521

9.5. CALCULO DE MAMPAROS

9.5.01. Generalidades ... 522
9.5.02. Clasificación de mamparos ... 523
9.5.03. Método de cálculo de mamparos ... 523
9.5.04. Ejemplo I ... 524
9.5.05. Ejemplo II ... 526
9.5.06. Ejemplo III ... 528
9.5.07. Ejemplo IV ... 529
9.5.08. Ejemplo V ... 529
9.5.09. Ejemplos VI, VII y VIII ... 530
9.5.10. Ejemplo IX ... 533
9.5.11. Ejemplo X ... 533
9.5.12. Ejemplo XI ... 534
9.5.13. Ejemplo XII ... 534
9.5.14. Ejemplo XIII ... 535
9.5.15. Ejemplo XIV ... 535
9.5.16. Ejemplo XV ... 541
9.5.17. Ejemplo XVI ... 541
9.5.18. Ejemplo XVII ... 541
9.5.19. Escantillones de mamparos indicados por las reglas de clasificación de buques ... 542
9.5.20. Espesores de planchas dados por los reglamentos ... 543
9.5.21. Consolas ... 543
9.5.22. Resistencia del remachado de la consola de pie de un mamparo ... 544
9.5.23. Ejemplo XVIII ... 545
9.5.24. Cálculo de resistencia de la consola en el doble fondo ... 547
9.5.25. Angulos de contorno ... 549
9.5.26. Curvas para el cálculo de mamparos ... 549
9.5.27. Cálculo de refuerzos verticales soportados por varios horizontales ... 550
9.5.28. Cálculos comparativos de tensiones de mamparos planos y ondulados sometidos a presión hidrostática ... 552

Párrafo		Página
	Momento de inercia y resistente de las secciones de los mamparos ondulados	553
	Aplicación del método de cálculo a un mamparo ondulado corriente	555
	Cálculo de momentos y reacciones en los apoyos	560
	Determinación de las dimensiones del mamparo ondulado	562
	Cálculo de la tensión en el panel II en el sitio en que D = 0	563
	Tensión normal a la costura de soldadura y comprobación de la estabilidad según la dirección X	565
	Cálculo de la tensión en la parte alta del tanque (punto de empotramiento C)	565
	Unión a la cubierta inferior	566
	Comparación de pesos para un ancho de mamparo de 76 cm	567
	Comparación de los esfuerzos de colapso en la dirección vertical	568
9.5.29.	Cálculo de los escantillones por el Bureau Veritas	569
	Mamparo plano	569
	Mamparos ondulados	569
	9.6. CALCULO DE TIMONES	
9.6.01.	Presión normal y centro de presión	571
	Joëssel	571
	Fórmula inglesa	571
9.6.02.	Cálculo de los escantillones de un timón tipo mercante	572
	Cálculo de los brazos	574
	Pernos de unión de los dos trozos de mecha	575
	Cálculo de los pinzotes	576
9.6.03.	Cálculo de los escantillones de un timón suspendido y compensado	577
9.6.04.	Espesor de las planchas de timones	581
9.6.05.	Cálculo de los escantillones de un timón con un punto de apoyo en el centro de su altura y compensado	582
9.6.06.	Cálculo de un timón compensado con pinzote en su parte inferior	592
9.6.07.	Experiencias realizadas con timones	595
9.6.08.	Fórmula empírica para calcular la mecha de un timón suspendido y compensado	596
9.6.09.	Cálculo de timones por comparación con otros construidos	597
9.6.10.	Curvas para determinar la mecha de timones	600
9.7.	Resistencia estructural de quillas de balance	608
	CAPITULO 10.º	
	10. CALCULO DE PIEZAS DEL BUQUE	
	10.1. CALCULO DE BITAS	
10.1.	Cálculo de bitas	611
	Unión a la cubierta	614
	Referencias	615
	10.2. PESCANTES	
10.2.	Pescantes	616
10.2.1.	Cálculo de pescantes de botes	616
	Cabeza del pescante. Luchadero del pescante	621
	Remachado. Tintero	622
	Perno de la cruceta. Bisagra	623
10.2.2.	Cálculo de pescante para pañoles	624
	Cabeza de pescante	625
	Zuncho	626
	Tintero	629
10.2.3.	Pescantes de botes especiales	629
	Dimensiones del tornillo	631
10.2.4.	Pescante para anclas	632
10.2.5.	Diagrama para cálculo de pescantes de anclas y botes	635
	10.3 ARBOLADURA Y PLUMAS DE CARGA	
10.3.	Arboladura y plumas de carga	636
10.3.1.	Generalidades	636
	Peso del palo, etc.	637

Párrafo *Página*

10.3.2 Fuerzas dinámicas ... 637
10.3.3. Fuerzas causadas por el viento, lluvia y nieve ... 638
10.3.4. Esfuerzos producidos por vientos, etc. ... 638
10.3.5. Ejemplo ... 639
Momento de flexión producido por la oscilación ... 639
10.3.6. Cálculo del palo de un cañonero ... 640
10.3.7. Plumas de carga ... 643
10.3.8 Ejemplo I ... 643
Pluma horizontal ... 643
10.3.9. Ejemplo II ... 650

10.4. RESISTENCIA DE ARBOTANTES

10.4.1. Generalidades ... 654
10.4.2. Fórmulas de G. Simpson ... 654
10.4.2.1. Ejemplo I. ... 655
10.4.2.2. Ejemplo II. ... 655
10.4.2.3. Ejemplo III ... 656
10.4.2.4. Ejemplo IV ... 656
10.4.3. Fórmulas de A. W. Johns ... 657
10.4.4. Fórmula de J. Bruhn ... 658
10.4.5. Fórmula de W. P. Roop ... 659
10.4.6. Cálculo de arbotantes para buques de guerra ... 661

10.5. CALCULO DE CONSOLAS SOPORTANDO PESOS

10.5.0. General ... 677
10.5.1. Consola para soporte del evaporador ... 678
10.5.2. Consola soporte del condensador del destilador ... 682
10.5.3. Consola soporte del calentador de petróleo ... 684
10.5.4. Consolas para ventiladores ... 685

10.6. RESISTENCIA DE PIEZAS CURVADAS

10.6.0. General ... 687
10.6.1. Piezas curvadas a un cierto radio R ... 687
10.6.2. Ejemplo I. ... 688
10.6.3. Ejemplo II ... 689
10.6.4. Resistencia de anillos ... 689
10.6.5. Ejemplo ... 690
10.6.6. Resistencia de cadenas ... 691
10.6.7. Resistencia de ganchos de grúas ... 693
10.6.8. Ejemplo ... 693
10.6.9. Ejercicio de aplicación ... 694

10.7. CALCULO DE SOPORTES PARA CAÑONES

10.7.1. Generalidades ... 696
10.7.2. Cálculo de las reacciones ... 696
10.7.3. Ejemplo ... 699
10.7.4. Cálculo del esfuerzo de retroceso E_r ... 701
10.7.5. Estructura resistente para soportar los disparos de un cañón de 76 mm. 702
10.7.6. Cálculo del soporte de un cañón de 88 mm ... 707
10.7.7. Cálculo de un soporte de un cañón de 88 mm ... 713
10.7.8. Cálculo del soporte de un cañón de 88 mm ... 715
10.7.9. Cálculo del soporte de una torre doble de 203 mm ... 720
10.7.10. Cálculo del momento de flexión en la base del soporte de un cañón ... 725

CAPITULO 11.º

11. CALCULO DE RESISTENCIA LONGITUDINAL DURANTE EL LANZAMIENTO ... 729

CAPITULO 12.º

12. RESISTENCIA DE LA SECCION EXTREMA DE POPA QUE SE APOYA EN LOS PICADEROS CUANDO EL BUQUE ESTA EN DIQUE ... 733