

CAPITULO 11

Francobordo

Historia de la seguridad marítima y el francobordo

La navegación en la antigüedad se realizaba mayormente a vista de costa debido al desconocimiento existente en relación con la naturaleza del mar, de los fenómenos climáticos, de la propia navegación y fundamentalmente, de las propias embarcaciones y su comportamiento. El comercio marítimo fue desarrollado únicamente por aventureros, pero la falta de pericia y conocimientos hicieron de esta actividad una verdadera suerte de competencia contra el azar, en la cual se aceptaba como natural las pérdidas en vidas y mercaderías.

Esa falta de conocimiento llevaba a que las condiciones de carga de los buques normalmente estuvieran por encima de los límites de seguridad. La inseguridad se disimulaba a través de mecanismos de amarre del casco con el fin de mantener su integridad en el sentido longitudinal, la utilización de anclas a los efectos de controlar la velocidad, y otros procedimientos como el de echazón, donde la carga y elementos de alistamiento podían arrojarse por la borda a los efectos de aliviar el peso del buque y hacer frente de mejor manera a las condiciones del mar grueso. Dicho procedimiento, vigente en la legislación internacional actual, fue incorporado por los griegos a través de la ley Lex Rhodia de Iactu que establecía las condiciones de su aplicación y las correspondientes responsabilidades que debían asumir los propietarios de los buques y de la carga.

También se adoptó, como procedimiento para evitar las pérdidas, la prohibición de navegar durante las temporadas en las cuales se desarrollaban las tormentas y las malas condiciones de navegación.

Se impuso durante el imperio romano un control de la autoridad marítima sobre la navegación, a pesar de lo cual los armadores lo ignoraban en función de los beneficios del comercio, en contra incluso de las decisiones de los propios capitanes, situación que se mantuvo prácticamente sin cambios hasta la finalización de la Edad Media.

Las primeras normas que aparecen para resolver los excesos de los Armadores se remontan a 1255 en Venecia, disponiendo que los buques no podían ser cargados más allá de un cierto calado que era marcado con una cruz sobre el costado del casco; éstas se trasladaron a todo el Mediterráneo en los años siguientes, implementándose controles más exigentes para limitar la carga.

Para los inicios de la Edad Moderna a partir del siglo XV se produce un aumento sustantivo en el comercio marítimo, lo que como consecuencia introdujo mayores controles por parte de los Estados marítimos, al principio asegurando la protección

de los intereses de los Armadores, para luego ir a un sistema donde todas las partes involucradas debían asumir su responsabilidad, incluyendo además un integrante externo, el agente de seguros, que aseguraba un mayor celo en las operaciones.

La revolución industrial generó las condiciones para un crecimiento extraordinario en el transporte marítimo a partir de la aparición de la máquina de vapor y el desarrollo de la construcción en hierro y acero, lo cual por su parte resultaba del todo necesario para un comercio con una producción que excedía largamente las necesidades de las poblaciones locales.

Para la primera mitad del siglo XIX surgen las primeras sociedades de clasificación, organizaciones privadas asociadas directamente con las aseguradoras a las cuales les informan periódicamente sobre el estado de los buques, que contribuyeron en forma notoria al incremento en una mayor seguridad en la flota comercial.

La primera referencia histórica de limitación del calado de los buques aparece en 1774. En 1835 se propuso un criterio simple a partir del cual se establecía una medida mínima de francobordo en función de la extensión del puntal, fijándose ésta en tres pulgadas de francobordo por cada pie de puntal de bodega.

A mediados de ese siglo, a medida que el transporte marítimo se transforma en una industria creciente, los estados comienzan a controlar en forma más efectiva, por un lado, para garantizar la seguridad de las tripulaciones nacionales, pasajeros y carga, y por otro para reforzar su papel en el ámbito internacional. Igualmente, la situación no mejoró en forma sensible; las crónicas indican que en 1867 hubo 1313 naufragios, causando la muerte de 2340 marineros británicos y 137 pasajeros.

En Inglaterra en 1876, a instancias del notable Samuel Plimsoll, el Parlamento aprobó la *Ley de Marina Mercante (Merchant Shipping Act)* conocida como la *Ley de Plimsoll*, a partir de la cual se establecen nuevos requisitos para la preservación de la vida humana en el mar, y sanciones para aquellos armadores que no las obedezcan; en particular se introduce el concepto de la *Línea de Carga*, que establecía por ley un límite al calado del buque una vez cargado, eliminando la voluntad discrecional de armadores y capitanes a la hora de incorporar bienes abordo para su traslado marítimo. En su reglamentación se estableció la obligación del marcado sobre el costado del buque, de una señal específica cuya denominación oficial es *marca de francobordo*, pero que es más conocida como *Disco de Plimsoll*, la cual debía permanecer fuera del agua al finalizar la carga.

Debido a la naturaleza conservadora de esta industria, los naufragios y pérdidas de vidas no finalizaron en el corto plazo. En 1890 se establecieron nuevas normas oficiales sobre el cálculo del francobordo, basadas en trabajos de las principales sociedades de clasificación de Inglaterra y Francia, el *Lloyd's Register of Shipping* y el *Bureau Veritas* respectivamente (Boisson, 2012).

El primer Convenio Internacional sobre *Líneas de Carga* es adoptado en 1930, basándose en el principio de *reserva de flotabilidad*, pero reconociendo también que el francobordo debería asegurar una estabilidad adecuada y evitar esfuerzos excesivos sobre el casco del buque cargado.

En 1966 un nuevo Convenio Internacional establece la actualización de disposiciones en vigor en ese momento, incluyendo la determinación del francobordo de los buques mediante compartimentado y cálculos de estabilidad con avería.

El objetivo principal de las medidas contenidas en el texto del convenio y sus anexos técnicos correspondientes es garantizar la integridad de la estanquidad del casco de los buques por debajo de la cubierta de francobordo mediante el correcto dimensionamiento y sellado de los accesos en la cubierta.

En 1988 se adopta un nuevo protocolo mediante el cual, entre otros aspectos, se revisaron algunas reglas de los anexos técnicos y se establecen criterios más flexibles para la introducción de enmiendas (International Maritime Organization, 2021).

Convenio Internacional sobre Líneas de Carga (1966)

Este convenio fue firmado en Londres el 5 abril 1966. Se establecieron disposiciones por las que se determina el francobordo de los buques mediante compartimentado y cálculos de estabilidad con avería.

El francobordo es la medida vertical entre el espejo de agua y la cubierta superior estanca que denominaremos cubierta de francobordo. Esta medida debe ser considerada en el punto inferior del arrufo de la cubierta, el que normalmente se encuentra en la sección del través del buque.

La estructura del Convenio está constituida por tres anexos, el primero de los cuales establece los aspectos técnicos en la asignación del francobordo, criterios para evaluar la resistencia longitudinal y medidas adicionales de seguridad relativas a puertas, portas de desagüe, escotillas y otros elementos del buque que permiten garantizar la estanquidad del casco. El siguiente anexo define las zonas de navegación y períodos estacionales que deben ser tenidos en cuenta en relación con la derrota del buque. Finalmente, el último anexo define aspectos formales y administrativos, incluyendo el formato del Certificado Internacional de Francobordo.

Anexo I

El primer anexo se divide en cuatro capítulos. El capítulo inicial establece las generalidades y definiciones que están relacionadas con la resistencia longitudinal, con el ámbito de aplicación y con el cálculo efectivo del francobordo, su marcación y emisión de certificados. En el segundo capítulo se indican las condiciones de asignación del francobordo, que implican observaciones que van desde la

información que debe suministrarse al Capitán para que éste disponga de la carga y lastrado del buque en forma segura, hasta aspectos sobre el diseño y la construcción de accesos, desagües y otros elementos a disponerse sobre la cubierta. En el capítulo tres se establecen los criterios de cálculo que determinarán en forma efectiva el valor del francobordo mínimo y la altura mínima de la proa. Por último, el capítulo cuatro trata sobre aspectos especiales en buques para el transporte de madera en cubierta

Anexo II

En este anexo se establecen en forma diferenciada las zonas, regiones y periodos estacionales, cuyas condiciones meteorológicas y ambientales definen parámetros que afectan el francobordo calculado para condiciones normalizadas.

Anexo III

Incluye el formato de los certificados que serán emitidos por la Autoridad Marítima en oportunidad de la asignación de francobordo, el Certificado internacional de Francobordo, y el certificado de exenciones previsto en el propio convenio.

Determinación de las Líneas de Carga / Anexo I

De acuerdo con lo que se establece en la introducción del presente anexo, se supone que la determinación de las Líneas de Carga implica que previamente se han cumplido todos los requerimientos de resistencia longitudinal, estabilidad y subdivisión estanca.

Una vez asegurado que se han cumplimentado estos requerimientos, la *Regla 3* define los términos que serán utilizados para los cálculos, los cuales se transcriben a continuación:

Eslora. La eslora (L) deberá ser considerada como el 96% de la eslora total en la flotación correspondiente al 85% del puntal de trazado medida desde la parte superior de la quilla, o como la eslora desde la parte externa de la roda hasta el eje de la mecha del timón en dicha línea de agua, la que sea mayor.

Perpendiculares. Las perpendiculares de Proa y Popa serán ubicadas en los extremos correspondientes de dicha flotación.

Sección Media. Es la sección ubicada en la mitad de la longitud de la eslora L.

Manga. La manga (B) es la manga de trazado máxima del buque medida en la sección media.

Puntal de Trazado. Es la distancia vertical medida desde el borde superior de la quilla al borde superior del bao de la cubierta de Francobordo en el costado del

buque.

Puntal de Francobordo. El puntal de Francobordo es el puntal moldeado en la sección media, más el espesor de la chapa de trancanil.

Coefficiente de Bloque. El coeficiente de bloque (C_b) está dado por la siguiente expresión:

$$C_b = \frac{\nabla}{L \cdot B \cdot d_1}$$

donde ∇ es el Volumen de Carena (de trazado) y d_1 es el calado al 85% del puntal de trazado

Francobordo. El Francobordo asignado es la distancia medida verticalmente en la sección Media desde el borde superior de la cubierta de francobordo hasta la línea de flotación.

Cubierta de Francobordo. Es, normalmente, la cubierta completa más alta expuesta a la intemperie, con medios permanentes de cierre de las diversas aberturas existentes, y debajo de la cual las aberturas a los costados de la nave están dotados de medios de cierre estancos.

Superestructuras. Una superestructura es una estructura cubierta sobre la cubierta

Las siguientes reglas de esta primera parte del anexo definen las marcas que indicarán la Línea de Carga, sus dimensiones características, posicionamiento, etc. Se establecerá una *línea de cubierta* que indica la posición de la superficie de referencia de acuerdo con el tipo de construcción, la *marca de francobordo*, constituida por un disco con una franja central que indica el francobordo mínimo de acuerdo con los cálculos, y las *líneas de carga*, indicaciones de las variaciones del francobordo mínimo para distintas condiciones de navegación.

Las dimensiones de las marcas son normalizadas, debiéndose establecer en general que tienen un espesor de trazo de 25.0 mm, una extensión para la línea de cubierta y las líneas de carga estacionales de 250.0 mm, un círculo de diámetro 300 mm para la marca de francobordo cortada por una línea diametral horizontal de 460 mm cuyo borde superior coincide con la línea del francobordo mínimo. La separación entre el eje vertical de la marca de francobordo y la línea vertical de referencia de francobordos estacionales, ubicada a proa de la anterior, será de 540 mm. El eje de la línea de cubierta, así como de la marca de francobordo deberá estar ubicado en la sección media del buque.

La ubicación de la línea de cubierta y las características de ésta y el resto de las marcas se muestran a continuación:

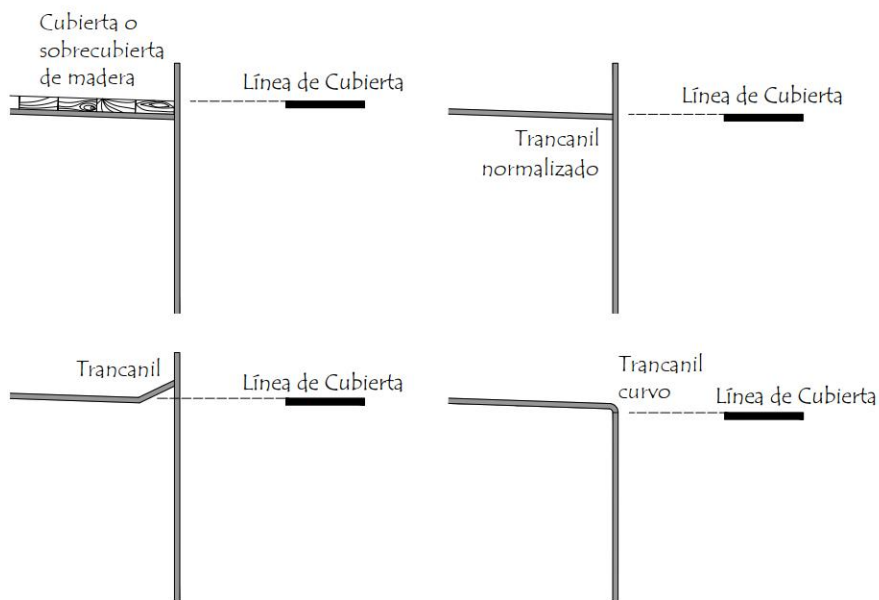


Fig. 1 - Ubicación referencial de la línea de cubierta para distintas configuraciones constructivas

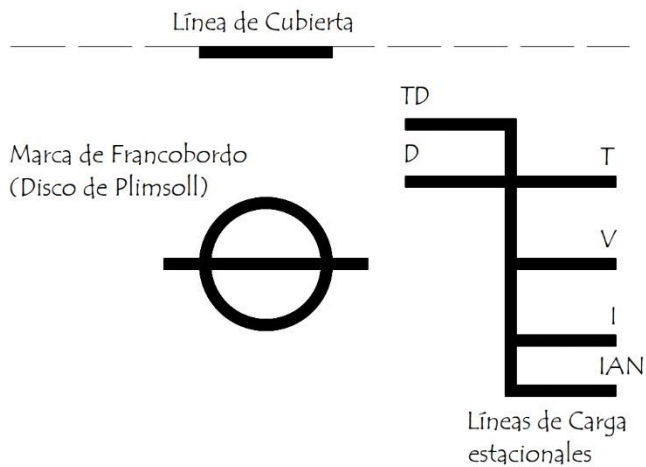


Fig. 2 - Marcas de Francobordo

El capítulo III del Anexo I trata específicamente sobre la determinación del *francobordo mínimo*.

Su cálculo se basa en un *francobordo básico* que la norma asigna en función de la eslora para un buque de características paramétricas normalizadas, valor al que se adicionan o descuentan las correcciones que surgen a partir de la comparación con las relaciones paramétricas reales.

Al finalizar el cálculo se obtendrá un valor que corresponde al *francobordo mínimo*, que podrá ser mayor, igual o menor que el *francobordo básico*, pero nunca menor que un valor límite establecido en 50 mm.

Tipos de buques (Regla 27)

La categoría A corresponde a aquellos buques diseñados para transportar cargas líquidas a granel únicamente, cuyos tanques con pequeñas escotillas de acceso herméticas conforman un sistema estanco caracterizado por una gran integridad de la cubierta expuesta y un gran nivel de seguridad contra la inundación, ya sea por la mínima permeabilidad de los espacios cuando están llenos de carga y/o por el grado de compartimentación utilizado habitualmente.

La categoría B corresponde a todos aquellos que no están incluidos en la anterior, aunque en condiciones excepcionales y cumpliendo con determinados requisitos los valores tabulares pueden ser reducidos en alguna fracción hasta acercarse a los correspondientes de los de la categoría A.

El francobordo básico (Regla 28)

El francobordo básico, que anotaremos como f_b se asigna en función de la longitud de la eslora, considerando las dos categorías de buques indicadas en el párrafo anterior.

Tabla 1 - Tabla de Francobordo para buques tipo A (extracto) (Organización Consultiva Marítima Intergubernamental, 1966)

Eslora del buque (metros)	Francobordo (milímetros)	Eslora del buque (metros)	Francobordo (milímetros)	Eslora del buque (metros)	Francobordo (milímetros)
24	200	59	559	94	1044
25	208	60	573	95	1059
26	217	61	587	96	1074
27	225	62	600	97	1089
28	233	63	613	98	1103
29	242	64	626	99	1120
30	250	65	639	100	1135
31	258	66	653	101	1151
32	267	67	666	102	1166
33	275	68	680	103	1181
34	283	69	693	104	1196

35	292	70	706	105	1212
36	300	71	720	106	1228

Tabla 2 - Tabla de Francobordo para buques tipo B (extracto) (**Organización Consultiva Marítima Intergubernamental, 1966**)

Esloira del buque (metros)	Francobordo (milímetros)	Esloira del buque (metros)	Francobordo (milímetros)	Esloira del buque (metros)	Francobordo (milímetros)
24	200	59	559	94	1154
25	208	60	573	95	1172
26	217	61	587	96	1190
27	225	62	601	97	1209
28	233	63	615	98	1229
29	242	64	629	99	1250
30	250	65	644	100	1271
31	258	66	659	101	1293
32	267	67	674	102	1315
33	275	68	689	103	1337
34	283	69	705	104	1359
35	292	70	721	105	1380
36	300	71	738	106	1401

Los parámetros a través de los cuales se corrige el francobordo básico se detallan en las reglas 29 a 38.

Corrección para buques categoría B con esloras $L < 100.0$ m con superestructuras cerradas (Regla 29)

El francobordo tabular cuando estas superestructuras se extienden con una longitud efectiva hasta de 35% de la eslora se podrá incrementar de acuerdo con la siguiente expresión:

$$f_1 = 7.5 \cdot (100 - L) \cdot \left(0.35 - \frac{E}{L}\right)$$

donde E es la eslora efectiva de superestructuras definida en la *Regla 35*.

Corrección por coeficiente de bloque (Regla 30)

Cuando el coeficiente de bloque excede el valor de 0.68, el francobordo básico modificado por la *regla 29* será incrementado por el factor

$$k_1 = \frac{C_b + 0.68}{1.36}$$

dicha corrección se describe entonces a través de la siguiente expresión:

$$f_2 = k_1 \cdot (f_b + f_1)$$

Corrección por altura del puntal (Regla 31)

- a) Cuando el puntal de francobordo excede el valor de $L/15$, el francobordo se debe incrementar en la siguiente cantidad:

$$\left(D - \frac{L}{15}\right) \cdot R$$

donde $R = L / 0.48$ para $L < 120.0 m$ y $R = 250$ para $L > 120.0 m$

- b) Cuando el puntal de francobordo iguala el valor de $L/15$, el francobordo no se debe modificará, salvo algunas excepciones relacionadas con la extensión y naturaleza de las superestructuras, en cuyo caso se permite su reducción en la proporción descrita en el párrafo anterior (a)
- c) Cuando las alturas de las superestructuras o troncos no completan las dimensiones normalizadas, la reducción podrá considerarse proporcional a la relación entre la altura real y normalizada definida en la *regla 33*

Corrección por superestructuras

- a) La altura normalizada de superestructuras (*Regla 33*) se define de acuerdo con los criterios expresados en la siguiente tabla:

Tabla 3 - Altura normalizada de superestructuras (**Organización Consultiva Marítima Intergubernamental, 1966**)

L (metros)	Saltillo (metros)	Todas las demás superestructuras (metros)
30 o menos	0.90	1.80
75	1.20	1.80
125 o más	1.80	2.30

- b) La eslora normalizada de superestructuras (*Regla 34*) –

La eslora de una superestructura S , con alguna excepción relacionada a la forma de los mamparos extremos, será ser la extensión longitudinal de la misma que se encuentre dentro de la eslora L .

- c) la eslora efectiva de superestructuras E (*Regla 35*), se determinará afectando la eslora normalizada por las correcciones derivadas de las relaciones altura real de superestructura, h , contra altura normalizada, H_s y manga de superestructura, b , contra manga de referencia, B_s , siendo esta última la manga local medida en la sección media de la eslora de superestructura.

$$E = S \cdot \frac{b}{B_s} \cdot \frac{h}{H_s}$$

- d) Dedución por superestructuras (*Regla 37*); cuando la eslora efectiva $S = L$, se podrá reducir el francobordo en 350 mm para $L = 24.0 m$, en 860 mm para $L = 75.0 m$ y en 1070 mm para $L \geq 122.0 m$; para esloras intermedias se deberá calcular las reducciones mediante interpolación lineal
- e) Cuando la eslora efectiva de superestructuras sea $E < L$, se aplicará un factor de corrección a la reducción correspondiente del punto anterior, de acuerdo a lo definido por la tabla siguiente:

Tabla 4 - Porcentaje de reducción para buques de tipo A (**Organización Consultiva Marítima Intergubernamental, 1966**)

	Longitud efectiva total de superestructuras y troncos										
	0.0 L	0.1 L	0.2 L	0.3 L	0.4 L	0.5 L	0.6 L	0.7 L	0.8 L	0.9 L	1.0 L
Porcentaje de reducción para todos los tipos de superestructuras	0.0	7.0	14.0	21.0	31.0	41.0	52.0	63.0	75.3	87.7	100.0

Tabla 5 - Porcentaje de reducción para buques de tipo B (**Organización Consultiva Marítima Intergubernamental, 1966**)

	Longitud efectiva total de superestructuras y troncos											
	Línea	0.0 L	0.1 L	0.2 L	0.3 L	0.4 L	0.5 L	0.6 L	0.7 L	0.8 L	0.9 L	1.0 L
Buques con castillo y sin puente aislado	I	0.0	5.0	10.0	15.0	23.5	32.0	46.0	63.0	75.3	87.7	100.0
Buques con castillo y puente aislado	II	0.0	6.3	12.7	19.0	27.5	36.0	46.0	63.0	75.3	87.7	100.0

Corrección por arrufo (Regla 38)

Se considera un arrufo normalizado representado por una curva de sección parabólica de extensión L cuyas ordenadas se detallan en la tabla tal. El área debajo de este perfil que tiene ordenada de valor 0.0 m en la sección media; es necesario determinar el área para la curva de arrufo real, a los efectos de comparar ambos perfiles. La corrección por arrufo se calcula como la 8ª parte de la diferencia entre ambas áreas, multiplicado por el factor de corrección k_2 definido a continuación:

$$f_5 = \left(\frac{A - a}{8} \right) \cdot k_2$$

$$k_2 = 0.75 - \frac{S}{2 \cdot L}$$

Tabla 6 - Curva de arrufo normal (**Organización Consultiva Marítima Intergubernamental, 1966**)

	Situación	Ordenada (en milímetros)	Factor
Mitad de popa	Perpendicular de popa	$25.0 \cdot \left(\frac{L}{3} + 10\right)$	1
	1/6 L desde la perpendicular de popa	$11.1 \cdot \left(\frac{L}{3} + 10\right)$	3
	1/3 L desde la perpendicular de popa	$2.8 \cdot \left(\frac{L}{3} + 10\right)$	3
	Centro del barco	0.0	1
Mitad de proa	Centro del barco	0.0	1
	1/3 L desde la perpendicular de proa	$5.6 \cdot \left(\frac{L}{3} + 10\right)$	3
	1/3 L desde la perpendicular de proa	$22.2 \cdot \left(\frac{L}{3} + 10\right)$	3
	Perpendicular de proa	$50.0 \cdot \left(\frac{L}{3} + 10\right)$	1

Las diferencias del arrufo real en relación con el arrufo normalizado pueden estar sujetas a distintas situaciones en las que pueden intervenir la existencia de superestructuras, etc. Los distintos casos son considerados y se establecen en cada uno de ellos los ajustes que corresponden. En particular, y para el caso general, se establece que la corrección k_2 se debe adicionar al francobordo, en caso que el arrufo

Altura mínima de Proa (Regla 39)

La altura de la proa se define como la distancia vertical en la perpendicular de proa, entre la línea de agua correspondiente al francobordo asignado y el extremo superior de la cubierta expuesta; en este punto dicha altura no deberá ser menor que:

$$H_{pr} = 56 \cdot L \cdot \left(1 - \frac{L}{500}\right) \cdot \frac{1.36}{C_b + 0.68}; L < 250.0 \text{ m}$$

$$H_{pr} = 7000 \cdot \frac{1.36}{C_b + 0.68}; L > 250.0 \text{ m}$$

Francobordo mínimo (Regla 40)

Se establece en esta última regla del capítulo tercero del *Anexo I* la asignación de francobordo para las distintas condiciones de navegación. El valor que surge de los cálculos realizados es asignado al *francobordo de verano* en agua salada, y se definen en los párrafos subsiguientes los criterios para determinar su valor para otras condiciones climáticas a saber: *francobordo tropical*, *francobordo de invierno*, *francobordo para el Atlántico Norte en invierno* y *francobordo para agua dulce*, estableciendo para todos los casos que nunca será menor que el límite de $f = 50 \text{ mm}$.

El Capítulo IV con el que finaliza el Anexo I da cuenta de reglas equivalentes en su

aplicación a buques a los que se asigne un francobordo para el transporte de madera sobre cubierta.

La reglamentación del francobordo en el ámbito nacional

La legislación nacional ha adherido siempre a las disposiciones de la OMI, incluyendo en el *Decreto No. 3769 del 28 de Setiembre de 1944*, denominado *Reglamento General de Franco Bordos Nacional e Internacional*, las reglas para las asignación de francobordo; en este decreto se establecía que “*a efectos de la asignación del Franco Bordo, este reglamento se dividirá en dos partes a saber: a) Asignación del Franco Bordo Internacional y b) Asignación del Franco Bordo Nacional*” (Artículo 2do.).

Para la asignación del Francobordo Internacional se reconoció como reglamento el que surge de la Convención Internacional de Líneas de Carga del 5 de Julio de 1930, mientras que en el ámbito nacional se dispuso de normas específicas relacionadas con buques de la matrícula nacional, permitiendo cierta relajación en el cálculo de la resistencia longitudinal, por ejemplo.

El Reglamento Nacional de 1944 fue luego sustituido por la Ley 14556 del 6 de Agosto de 1976, estableciéndose como nuevo reglamento para asignación del Francobordo la Convención Internacional de Líneas de Carga de fecha 5 de Abril de 1966, la que junto con sus subsiguientes anexos es aplicable internacionalmente en la actualidad.