

## **Resolución A.684(17)**

*Aprobada el 6 de noviembre de 1991  
(Punto 10 del orden del día)*

### **NOTAS EXPLICATIVAS DE LAS REGLAS DEL SOLAS SOBRE COMPARTIMENTADO Y ESTABILIDAD CON AVERIA DE LOS BUQUES DE CARGA DE ESLORA IGUAL O SUPERIOR A 100 METROS**

LA ASAMBLEA

RECORDANDO el artículo 15 j) del Convenio constitutivo de la Organización Marítima Internacional, artículo que trata de las funciones de la Asamblea por lo que respecta a las reglas y directrices relativas a la seguridad marítima,

RECORDANDO ADEMÁS que la Asamblea, mediante la resolución A.265(VIII), aprobó las reglas de compartimentado y estabilidad con avería de los buques de pasaje, que pueden considerarse equivalentes a la parte B "Compartimentado y estabilidad" del capítulo II-1 del Convenio SOLAS, 1974,

TOMANDO NOTA de que el Comité de Seguridad Marítima, en su 58º periodo de sesiones, mediante la resolución MSC.19(58), aprobó enmiendas al Convenio SOLAS 1974 para incluir en la parte B-1 del capítulo II-1, reglas de compartimentado y estabilidad con avería de los buques de carga, aplicables a los buques de carga de eslora superior a 100 m,

TOMANDO NOTA además de que el Comité de Seguridad Marítima, al aprobar las mencionadas enmiendas al Convenio SOLAS 1974, reconoció la necesidad de elaborar las correspondientes notas explicativas para implantar las reglas aprobadas, a fin de asegurar su aplicación uniforme,

HABIENDO EXAMINADO las recomendaciones hechas por el Comité de Seguridad Marítima en su 59º periodo de sesiones,

1. APRUEBA las notas explicativas de las reglas del Convenio SOLAS relativas al compartimentado y estabilidad con avería de los buques de carga de eslora igual o superior a 100 m que figuran en el anexo de la presente resolución;
2. INVITA a los gobiernos a que, cuando implanten las reglas de compartimentado y estabilidad con avería que forman parte de las enmiendas al capítulo II-1 del Convenio SOLAS, 1974, aprobadas mediante la resolución MSC.19(58), apliquen también las notas explicativas.

#### Anexo

### **NOTAS EXPLICATIVAS DE LAS REGLAS DE COMPARTIMENTADO Y ESTABILIDAD CON AVERIA DE LOS BUQUES DE CARGA DE ESLORA IGUAL O SUPERIOR A 100 METROS**

Estas notas están divididas en dos partes. En la parte A se describen los antecedentes del método empleado, mientras que en la parte B se explican y amplían las propias reglas.

---

NOTA: Los cuadros se han reproducido como en inglés.

## Parte A

En esta parte de las notas explicativas se presentan los antecedentes del índice de subdivisión y se desarrollan los cálculos de probabilidad de avería.

Finalmente, se expone el desarrollo de los cálculos de la probabilidad de que un buque siniestrado no zozobre o no se hunda.

### 1 INTRODUCCION

Las reglas del Convenio SOLAS relativas al compartimentado y estabilidad con avería, que figuran en la parte B-1 del capítulo II-1, se basan en el concepto probabilista, en que la probabilidad de conservación de la flotabilidad en caso de abordaje se considera como una medida de la seguridad del buque en la condición de avería, medida que en adelante se denomina "índice de subdivisión obtenido A".

Dicho índice es una medida objetiva de la seguridad del buque y, por ello, no es necesario complementarlo con ninguna prescripción determinista. Por consiguiente, estas reglas se basan primordialmente en el planteamiento probabilista, con sólo unos pocos elementos deterministas que son necesarios para que el concepto sea viable.

El principio en que se basa el concepto probabilista consiste en que dos buques distintos con el mismo índice de subdivisión deben tener el mismo grado de seguridad y, por ello, no hay necesidad de prestar consideración especial a determinadas partes del buque. Las únicas zonas a las que se da un tratamiento especial en estas reglas son las partes de proa y del fondo, de las que tratan reglas especiales sobre compartimentado, previstas para los casos de embestida y varada.

A fin de desarrollar el concepto probabilista de compartimentado se supone que el buque ha sufrido avería. Dado que la localización y tamaño de la avería son datos aleatorios, no es posible establecer la parte del buque que se va a inundar. Sin embargo, la probabilidad de inundación de un espacio puede determinarse si se conoce la probabilidad de que se produzcan ciertas averías. La probabilidad de que se inunde un espacio es igual a la probabilidad de que se produzcan las averías que ocasionarían una abertura en el espacio considerado. Un espacio es aquella parte del volumen del buque que está limitada por divisiones estancas estructurales e intactas.

Se supone luego que se ha inundado un espacio determinado. Aparte de ciertas características invariables del buque, en ese caso hay varios factores que influyen en la capacidad de éste para resistir la inundación, entre los que se incluyen el valor inicial del calado y la altura GM, la permeabilidad del espacio y las condiciones del tiempo, todo lo cual es aleatorio en el momento en que el buque resulta dañado. Siempre que se conozcan las combinaciones limitativas de las anteriores variables y la probabilidad de que ocurran podrá determinarse la probabilidad de que el buque con ese espacio considerado inundado no zozobre o no se hunda.

La probabilidad de conservación de la flotabilidad se determina mediante la fórmula de la probabilidad total, y es la suma de los productos, para cada compartimiento o grupo de compartimientos, de la probabilidad de que un espacio se inunde multiplicada por la probabilidad de que el buque no zozobre o no se hunda con el espacio considerado inundado.

Aunque las ideas apuntadas son muy simples, su aplicación práctica de forma exacta acarrearía varias dificultades. Por ejemplo, para hacer una descripción más amplia, aunque no rigurosamente completa, de la avería, es necesario conocer su ubicación longitudinal y vertical, así como su extensión longitudinal, vertical y transversal. Aparte de las dificultades de manejo de tal variable aleatoria de cinco dimensiones, no es posible determinar su distribución de probabilidad partiendo de las estadísticas de averías disponibles actualmente. Lo mismo sucede con las variables y las relaciones físicas que entran en el cálculo de la probabilidad de que el buque con un espacio inundado no zozobre o no se hunda.

Para que este concepto resulte manejable hay que hacer importantes simplificaciones. Aunque partiendo de esta base simplificada no cabe calcular con exactitud la probabilidad de conservación de la flotabilidad, es posible elaborar un término de comparación que sea de utilidad al disponer el compartimentado longitudinal, transversal y vertical de un buque.

## 2 DETERMINACION DE LA PROBABILIDAD DE INUNDACION DE LOS ESPACIOS DEL BUQUE

### 2.1 Consideración de la ubicación y extensión longitudinal de la avería solamente

El caso más sencillo consiste en considerar únicamente la ubicación y la extensión de la avería en sentido longitudinal. Esto resultará suficiente para buques que no tengan divisiones estructurales estancas longitudinales y horizontales.

Con una ubicación  $x$  y una extensión longitudinal  $y$  de la avería, tal como se define en la figura 1, todos los daños posibles pueden ser representados por puntos en un triángulo, que también aparece en dicha figura.

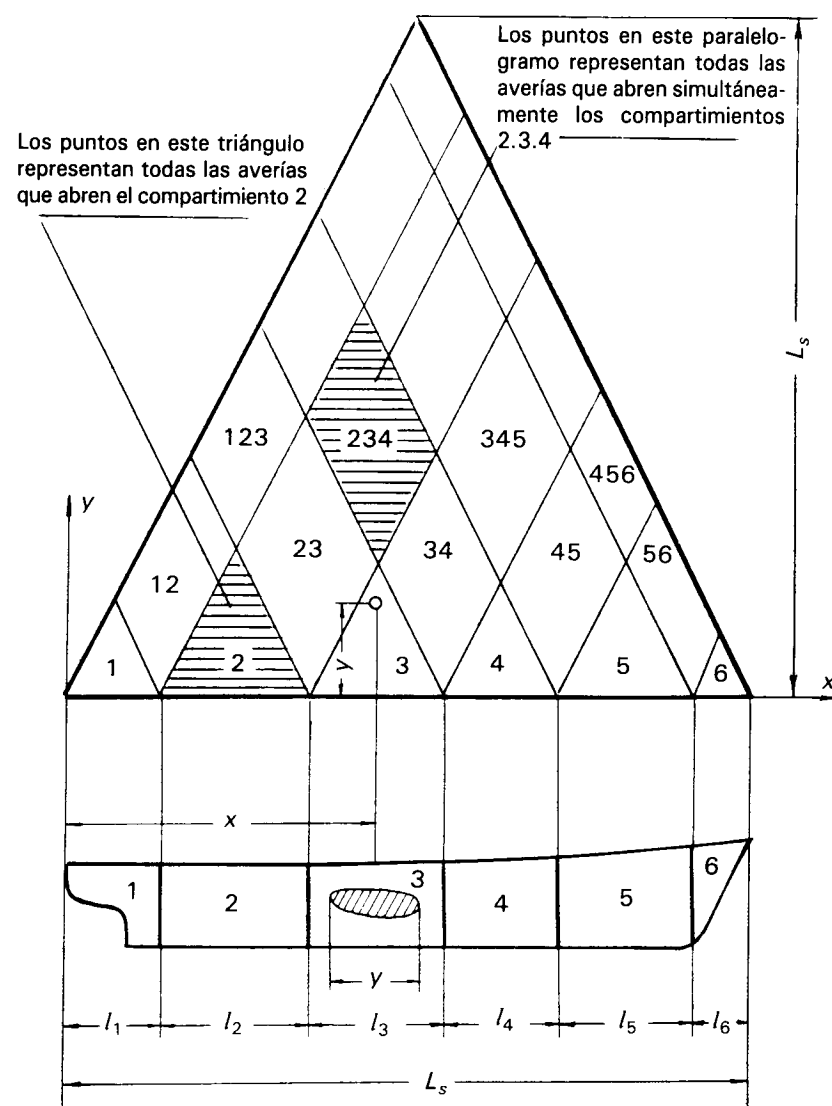


Figura 1

Todas las averías que abren un solo compartimiento de longitud  $l_i$  se representan en la figura 1 por puntos en triángulos cuya base es  $l_i$ . Los triángulos cuya base es  $l_i + l_j$  (siendo  $j = i + 1$ ) encierran puntos correspondientes a averías que abren ya sea el compartimiento  $i$ , o el compartimiento  $j$ , o ambos. En consecuencia los puntos comprendidos en el paralelogramo  $ij$  representan las averías que afectan conjuntamente a los compartimientos  $i$  y  $j$ .

La ubicación  $x$  y la extensión longitudinal  $y$  de la avería son variables aleatorias. Su densidad de distribución  $f(x,y)$  puede deducirse de las estadísticas de averías. El significado de  $f(x,y)$  es el siguiente (véase la figura 2): el volumen total entre el plano  $x$ - $y$  y la superficie dada por  $f(x,y)$  es igual a la unidad y representa la probabilidad de que haya avería (esto se da por seguro). El volumen situado por encima del triángulo correspondiente a las averías que producen una abertura en un compartimiento representa la probabilidad de que dicho compartimiento resulte abierto. Del mismo modo, a todas las áreas del plano  $x$ - $y$  que correspondan a la abertura de compartimientos o grupos de compartimientos corresponden también volúmenes que representan la probabilidad de que los compartimientos o grupos de compartimientos considerados resulten abiertos por la avería.

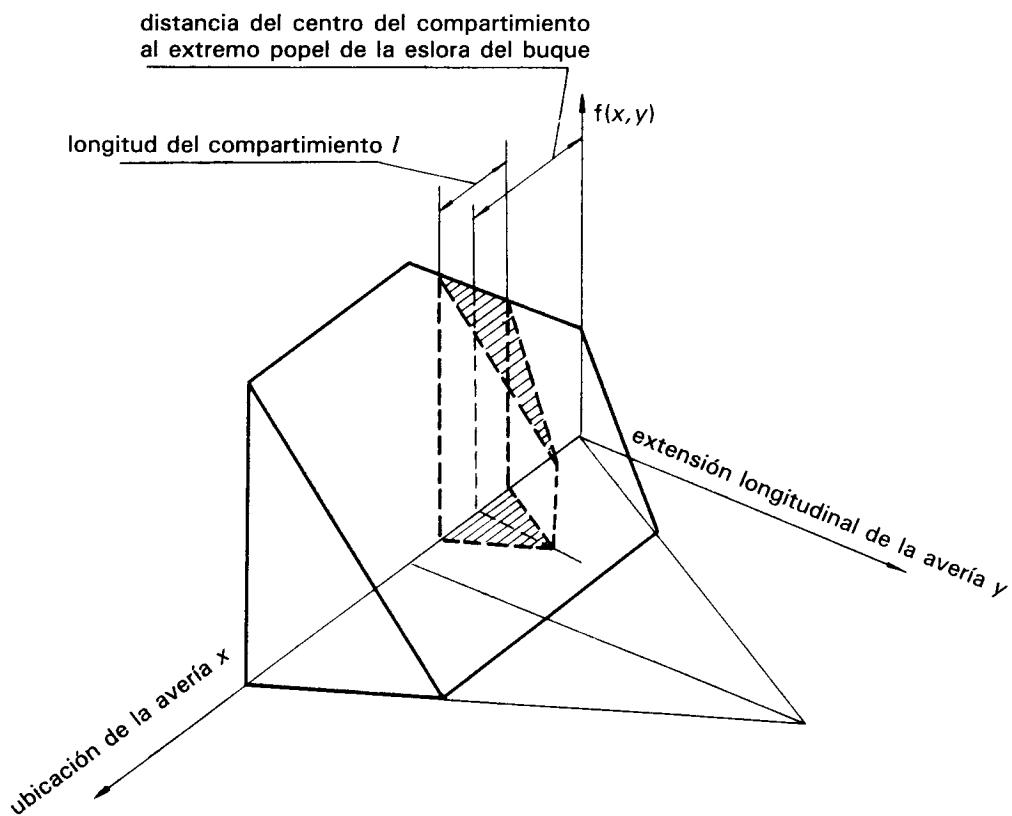


Figura 2

La probabilidad de que un compartimiento o grupo de compartimientos adyacentes queden abiertos por la avería viene expresada por el factor  $p_i$ , calculado de conformidad con la regla 25-5.

La consideración de la ubicación  $x$  y de la extensión longitudinal  $y$  de la avería sólo resultará correcta en el caso de buques que tengan exclusivamente compartimentado transversal. Ahora bien, la inmensa mayoría de los buques, si no todos, tienen al menos doble fondo.

En tal caso la probabilidad de inundación de un compartimiento deberá dividirse en las tres componentes siguientes: probabilidad de inundación del doble fondo únicamente, probabilidad de inundación del espacio situado por encima del doble fondo únicamente y probabilidad de inundación simultánea del doble fondo y del espacio situado por encima (véase la figura 3). Para cada uno de estos casos puede haber una probabilidad diferente de que el buque conserve la flotabilidad en la condición de inundación. Una solución de este dilema, que puede utilizarse al aplicar estas nuevas reglas, es suponer que la extensión vertical de la avería más desfavorable (de esas tres posibilidades) se da con la probabilidad total  $p$ . Por tanto se desprecia la contribución a la probabilidad de conservación de la flotabilidad debida a casos más favorables. A fines comparativos el concepto sigue siendo significativo ya que el error cometido al no tener en cuenta los efectos favorables del compartimentado horizontal no es grande, toda vez que se conserva totalmente la influencia más importante de la ubicación y extensión longitudinal de la avería.

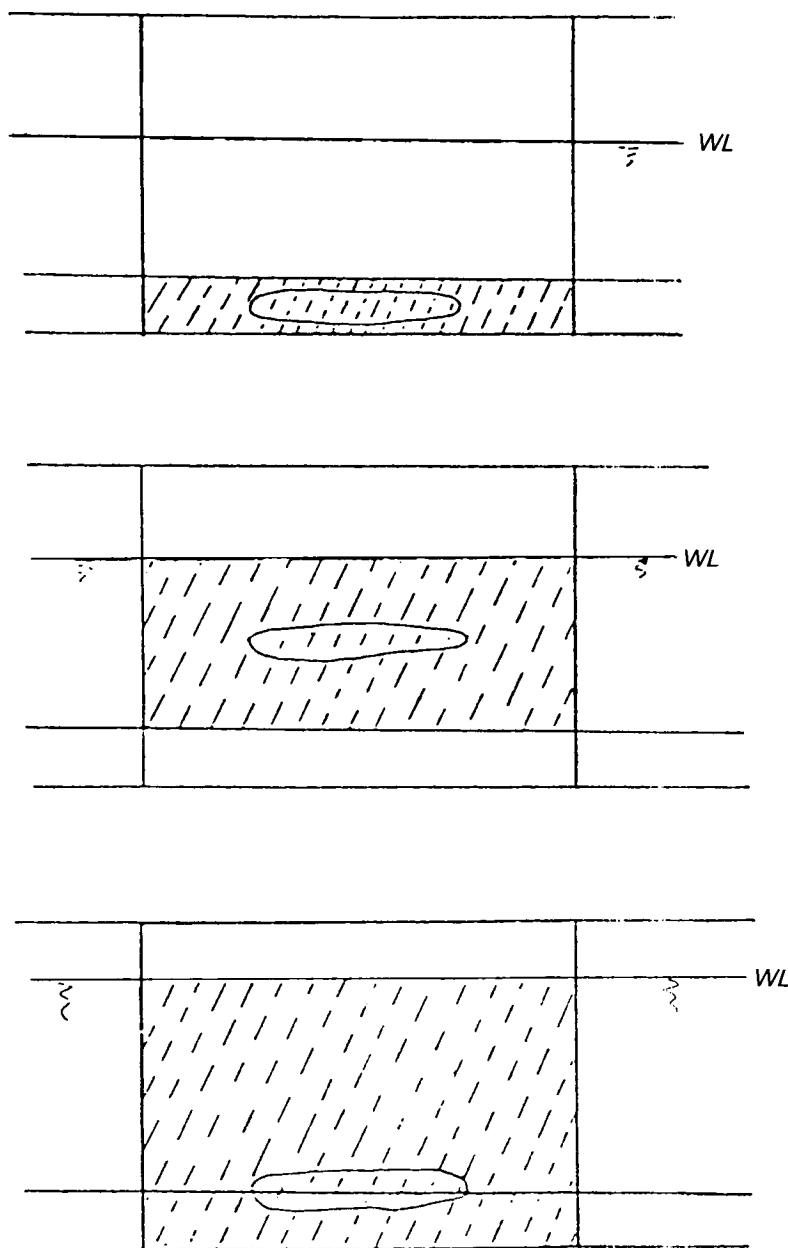


Figura 3

En el apéndice 1 se dan algunos ejemplos de cómo tratar otros casos de compartimentado horizontal.

## 2.2 Consideración del compartimentado horizontal por encima de la flotación

En el caso de que el buque tenga compartimentado horizontal por encima de la flotación, la extensión vertical de la avería podrá limitarse a la profundidad del compartimentado horizontal. La probabilidad de que no se sufra avería en las divisiones horizontales viene representada por el factor  $v_i$ , calculado de conformidad con la regla 25-6. Este factor representa la supuesta función de distribución de la extensión vertical de la avería y varía desde cero, cuando el compartimentado está al nivel de la flotación, ascendiendo linealmente hasta la unidad, al nivel que marca la altura mínima de la proa que se estipula en el Convenio de líneas de carga, 1966 (véase la figura 4).

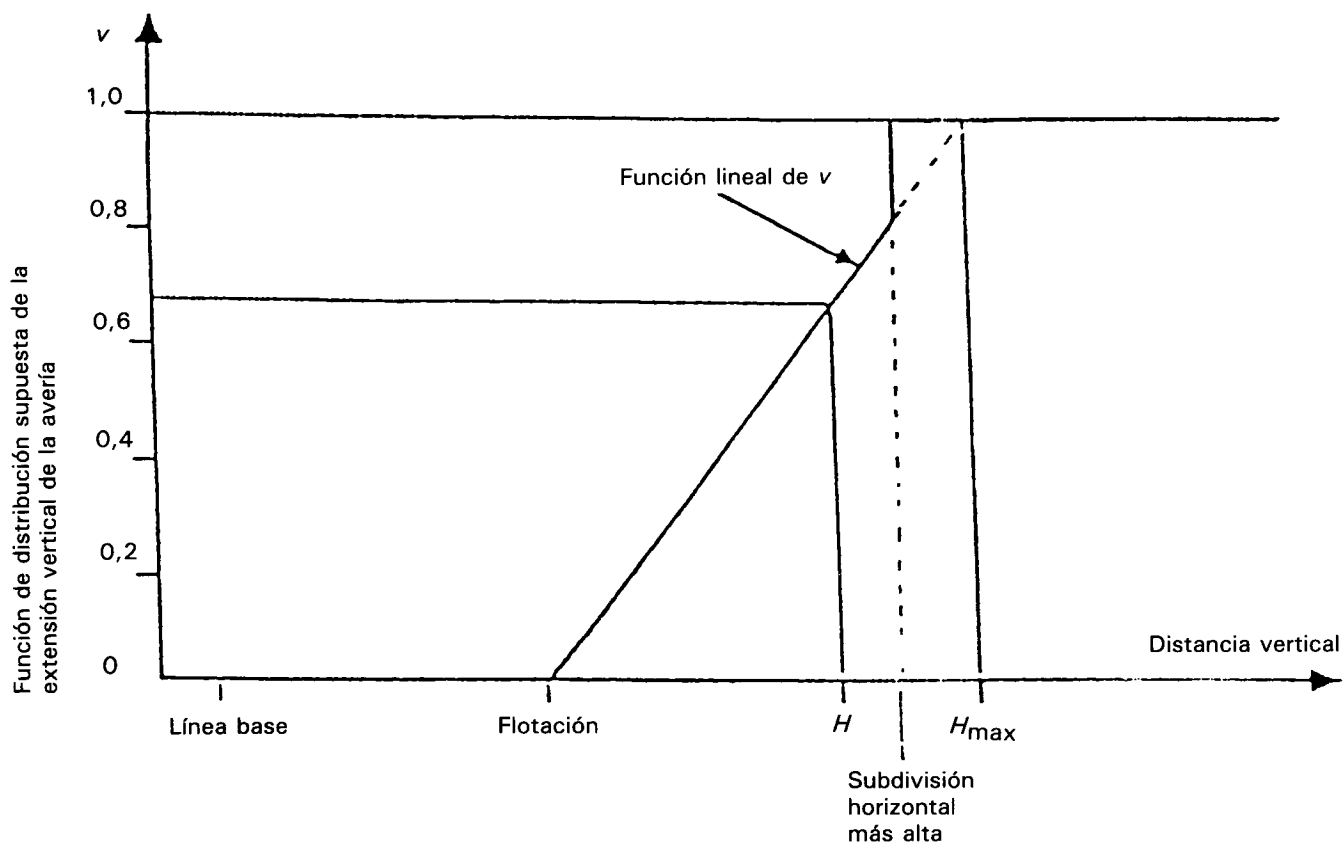


Figura 4

## 2.3 Consideración de la penetración, además de la ubicación y extensión de la avería longitudinal

Partiendo de la hipótesis simplificadora de que la avería es rectangular y que tiene la extensión vertical estipulada en 2.2), es posible definirla mediante su ubicación  $x$ , extensión longitudinal y penetración  $z$  (véase la figura 5). Estas variables pueden representarse en un sistema de coordenadas de tres ejes como se muestra en la figura 6. Cada punto en el prisma de base triangular representa una avería.

Todas las averías que producen una brecha en un compartimento lateral corresponden a puntos de un prisma más pequeño de altura  $b$  igual a la distancia del mamparo longitudinal al costado del buque, que se levanta sobre un triángulo cuya base  $l_i$  es igual a la longitud del compartimento lateral considerado. Es fácil identificar en la figura 5 los volúmenes que corresponden a las averías que inundan otras partes del buque limitadas por subdivisiones estructurales estancas longitudinales y transversales.

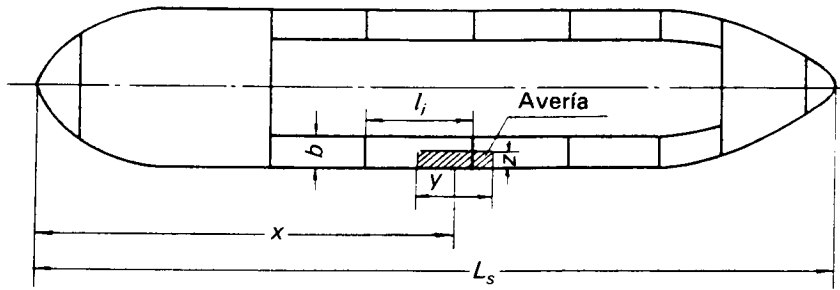


Figura 5

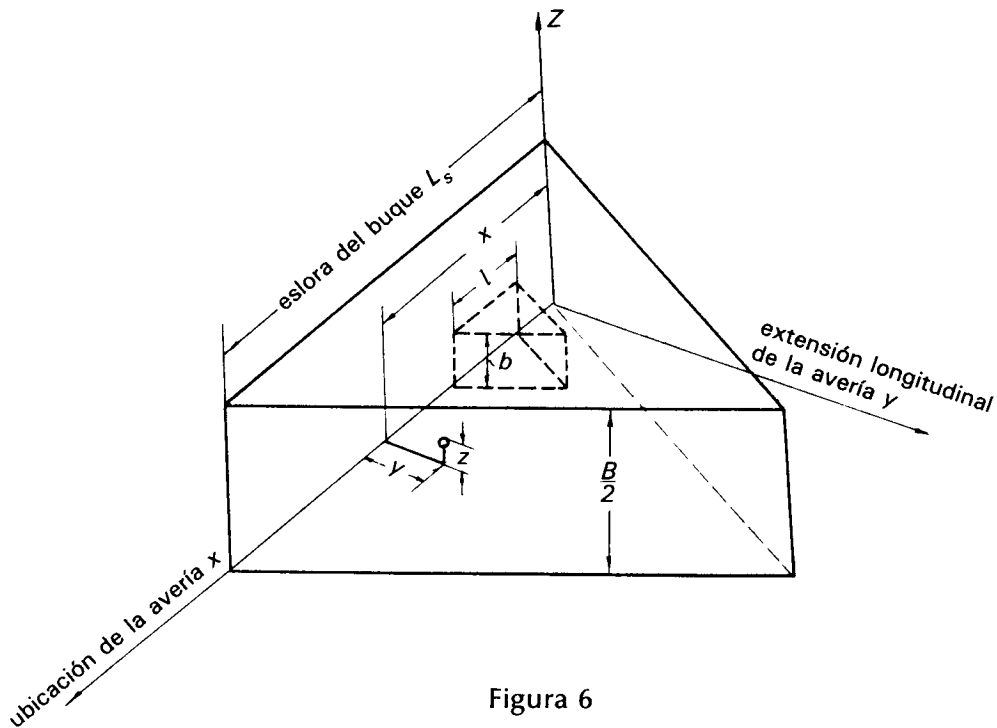


Figura 6

La ubicación  $x$ , longitud  $y$  y penetración  $z$  de la avería son variables aleatorias. La densidad de distribución  $f(x,y,z)$  puede deducirse de las estadísticas de avería. Esa densidad de distribución puede representarse gráficamente suponiendo que es una densidad que varía de un punto a otro del volumen indicado en la figura 6. La "ponderación" del volumen total es igual a la unidad y representa la probabilidad de que haya avería (lo cual se da por seguro). La "ponderación" de un volumen parcial (que representa la inundación de ciertos espacios) es la probabilidad de que los espacios considerados queden abiertos a la inundación.

La probabilidad de que un compartimiento lateral quede abierto puede expresarse por  $p_i r$ , donde  $p_i$  se calcula de conformidad con la regla 25-5.1 y  $r$  según lo dispuesto en la regla 25-5.2. La probabilidad de que quede abierto un compartimiento central (que se extienda al menos hasta el plano de crujía) junto con un compartimiento lateral se expresa por  $p_i(1-r)$ .

En el apéndice 2 figuran algunos ejemplos del cálculo de la probabilidad de que se abran un espacio lateral o un espacio lateral y uno central.

Nótese una vez más que la probabilidad calculada no es exacta debido a la hipótesis simplificadora de que se ha partido. No obstante, se obtiene un término de comparación de cómo la probabilidad de que se abran espacios depende del compartimentado estructural transversal y longitudinal, y de ese modo se toman en consideración las influencias más esenciales, desechando solamente los

efectos secundarios. Si se despreciara la variación aleatoria de la extensión longitudinal y transversal de la avería se cometería un error mucho más grave que el resultante de no tener en cuenta los efectos secundarios.

### 3 ESTADÍSTICAS DE AVERÍA

#### 3.1 Origen de los datos

Las siguientes consideraciones se basan en información contenida en varios documentos de la OMI. En estos se resumen los datos remitidos a la OMI en 811 fichas de avería. De ellos, 296 son casos de buques abordados, en los que se da la siguiente información:

Eslora del buque	- $L$
Manga del buque	- $B$
Ubicación de la avería	- $x$
Extensión longitudinal de la avería	- $y$
Penetración de la avería	- $z$

A fin de evitar incongruencias en los resultados derivados de los datos, lo cual es posible si se usan muestras diferentes, estas investigaciones se han basado solamente en los mencionados 296 casos. Sin embargo, se han llevado a cabo investigaciones adicionales utilizando además información sobre otros casos. A pesar de la dispersión obtenida, que podía preverse debido al uso de muestras diferentes compuestas de modo aleatorio, se ha llegado a las mismas conclusiones. Para la investigación de la influencia que sobre la extensión longitudinal de la avería ejerce el año del abordaje se utilizó una muestra diferente de 209 casos en los que se conocía  $L$ ,  $y$  y el año del abordaje.

#### 3.2 Consideraciones generales sobre la extensión de la avería

Es evidente que los factores principales que afectan a la extensión de la avería son:

- .1 las características estructurales del buque abordado;
- .2 las características estructurales del buque que aborda;
- .3 la masa del buque abordado en el momento del abordaje;
- .4 la masa del buque que aborda en el momento del abordaje;
- .5 la velocidad del buque abordado en el momento del abordaje;
- .6 la velocidad del buque que aborda en el momento del abordaje;
- .7 el ángulo entre los rumbos del buque que aborda y el abordado; y
- .8 la ubicación de la avería en función de la eslora del buque.

Desde el punto de vista del buque abordado sólo está determinado el factor del apartado .1; los demás datos son aleatorios. El estudio de la extensión de la avería en buques con diferente número de cubiertas ha demostrado que esta característica no influye de manera significativa. De ello no debe concluirse que tal característica no tenga su influencia, pero puede deducirse que la influencia de las características estructurales es relativamente pequeña, por lo que parece justificado despreciarla.

La masa del buque abordado depende de su tamaño y de la condición de carga. La influencia de esta última es pequeña, de ahí que se haya ignorado a fines de simplificación. Para tener en cuenta el tamaño del buque abordado, la extensión longitudinal de la avería se ha relacionado con la eslora, y la penetración con la manga.

A continuación se verá que la extensión longitudinal de la avería no depende de manera significativa del punto en que se produce con respecto a la eslora del buque. De esto se deduce que la extensión de la avería no depende de su ubicación excepto en los extremos del buque, en donde la extensión de la avería viene limitada por la definición de su ubicación como punto central de la avería.

A continuación se hacen algunos comentarios acerca de la masa del buque que aborda.



### 3.3 Distribución de la extensión longitudinal de la avería

De las investigaciones preliminares se ha concluido que la distribución de la relación entre la extensión longitudinal de la avería y la eslora del buque  $y/L$  es más o menos independiente de la eslora. Esto se demuestra más abajo. Por tanto  $y/L$  puede considerarse independiente de  $L$ .

Partiendo de consideraciones teóricas (aplicando el teorema del límite central) se deduce que  $y/L + \epsilon_y$  (siendo  $\epsilon_y$  una constante) tiene una distribución aproximadamente logarítmica normal. Esto se confirma en las figuras 7 y 8, que muestran una buena correlación de la función de distribución logarítmica normal con la densidad de distribución y con los resultados correspondientes de las estadísticas de averías.

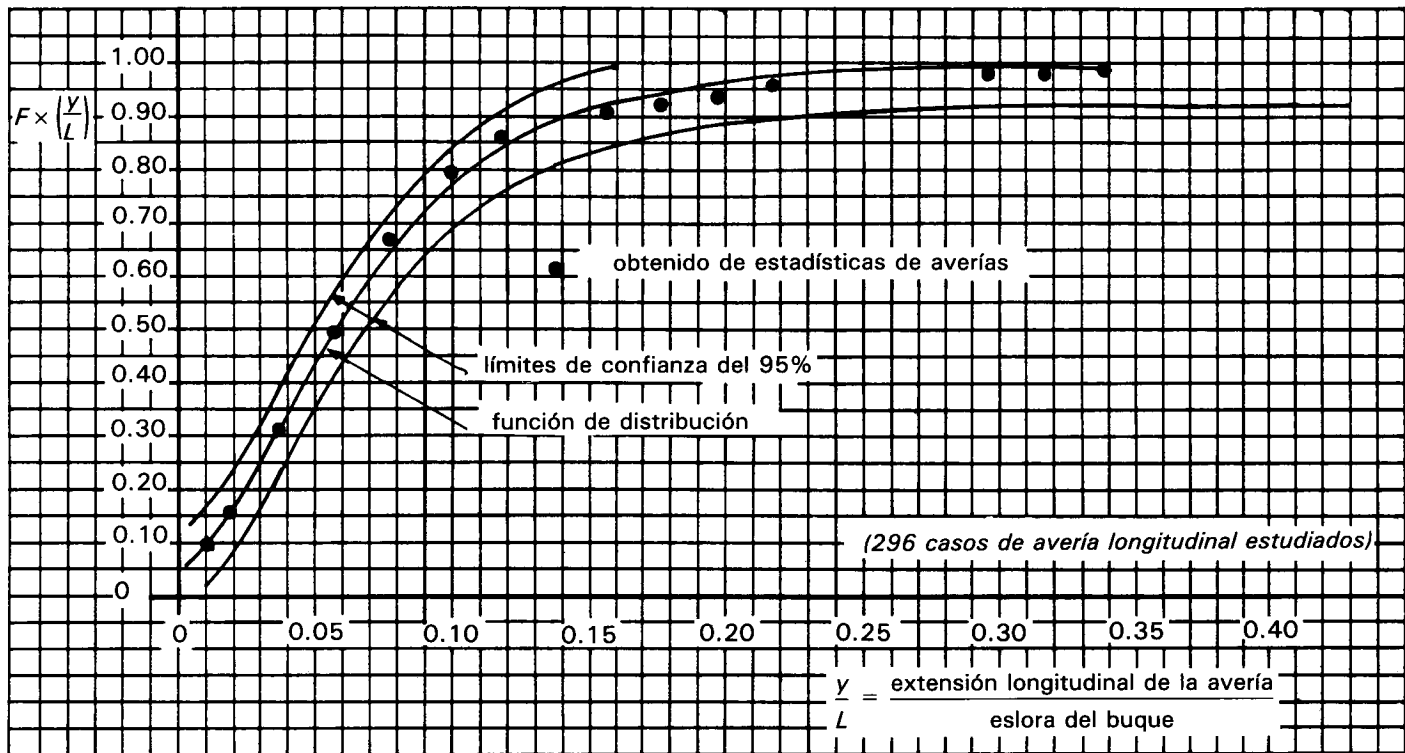


Figura 7 - Función de distribución de la extensión longitudinal adimensional de la avería

La figura 9 muestra la regresión de  $y/L$  en función de  $L$  para  $L \leq 200$  m (cinco averías corresponden a buques de  $L > 200$  m). La línea de regresión presenta una ligera pendiente negativa que ha resultado ser insignificante, lo cual hace pensar que puede ser debida a que se tomaron muestras al azar. Quizás haya una ligera relación entre  $y/L$  y la eslora del buque, pero es tan pequeña que no puede deducirse de los ejemplos estudiados. Por tanto, no se comete un error grave al suponer que  $y/L$  es independiente del tamaño del buque para  $L \leq 200$  m.

Posiblemente esta independencia se debe a que es más probable que los buques pequeños aborden a buques pequeños y los grandes aborden a buques grandes. Sin embargo, este razonamiento no puede hacerse extensivo a los buques de gran tamaño ya que el número total de tales buques es escaso. Dado el número reducido de casos de avería en los buques de  $L > 200$  m, nada puede decirse en cuanto a la distribución de averías en tales buques. Parece razonable suponer, por aproximación, que para buques de  $L > 200$  m la mediana de la extensión longitudinal de la avería es constante e igual a la mediana para  $L = 200$  m. Esta última es igual a  $200 \times (y/L)_{50}$ , siendo  $(y/L)_{50}$  la mediana de la extensión longitudinal adimensional de la avería para buques de  $L = 200$  m.

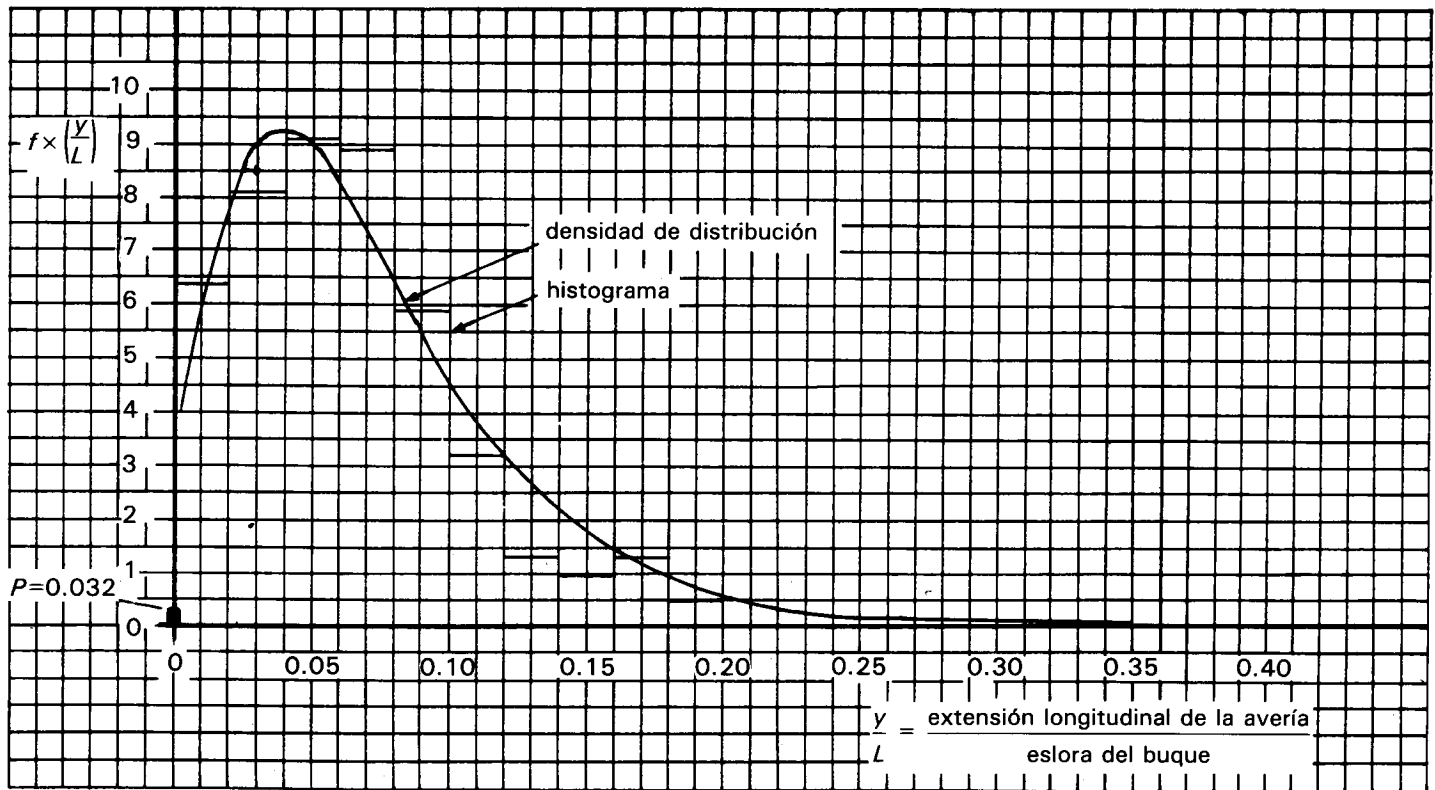


Figura 8 - Densidad de distribución de la extensión longitudinal adimensional de la avería

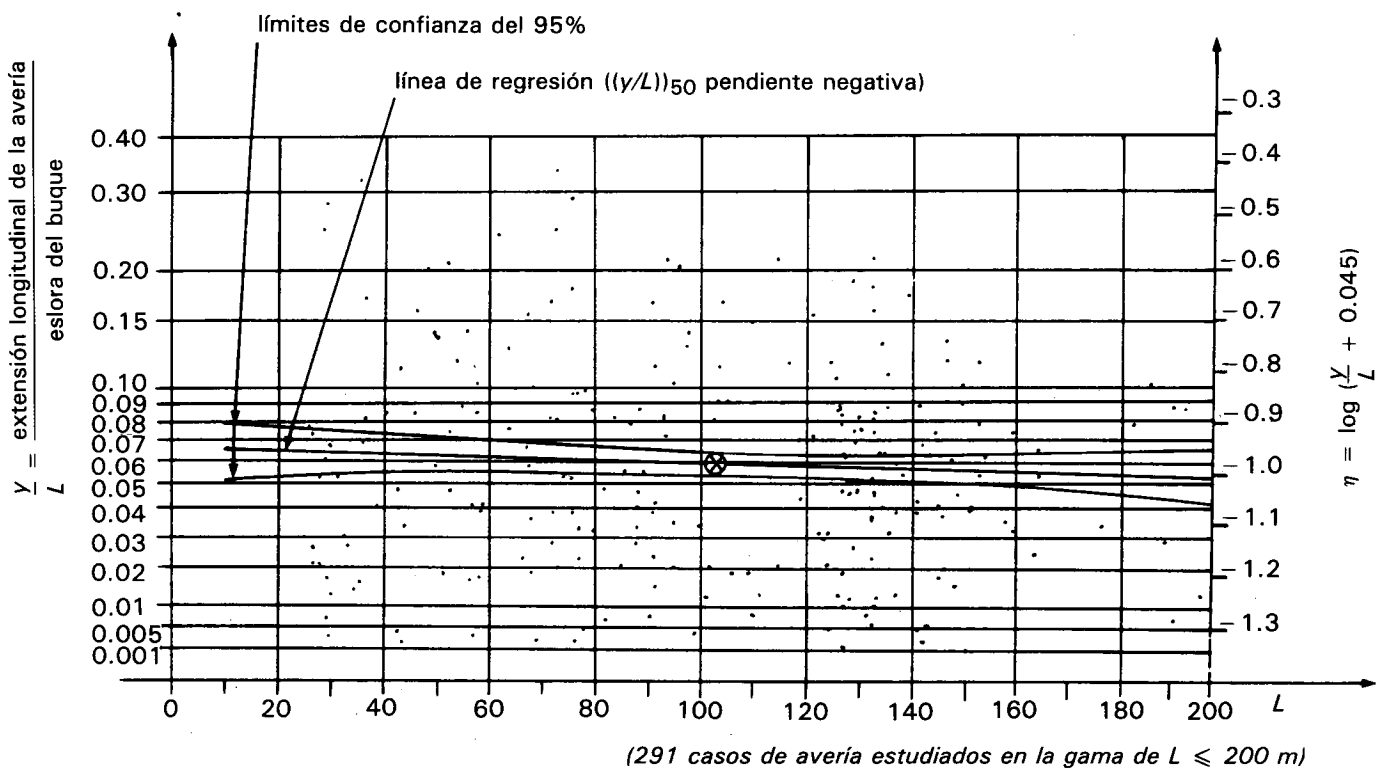


Figura 9 - Regresión de la extensión longitudinal adimensional de la avería en función de la eslora

En la figura 10 se muestra la regresión de la extensión longitudinal adimensional de la avería  $y/L$  en función de la ubicación adimensional de la avería. Se ve que no existe diferencia apreciable entre las distribuciones de averías en la mitad proel y la mitad popel del buque, pero basta un sencillo razonamiento geométrico para comprobar que la extensión longitudinal de la avería en los extremos del buque - tanto a proa como a popa - tiene valores más pequeños que en la parte central del buque. De ahí que la distribución logarítmica normal calculada para todos los valores de  $y/L$  - independientemente de la ubicación de la avería - sea la distribución marginal. No es necesario considerar la correspondiente distribución condicional de  $y/L$  si se conoce la ubicación de la avería, ya que en la práctica se usa una aproximación que permite establecer una relación muy simple entre las distribuciones marginal y condicional de la extensión longitudinal de la avería.

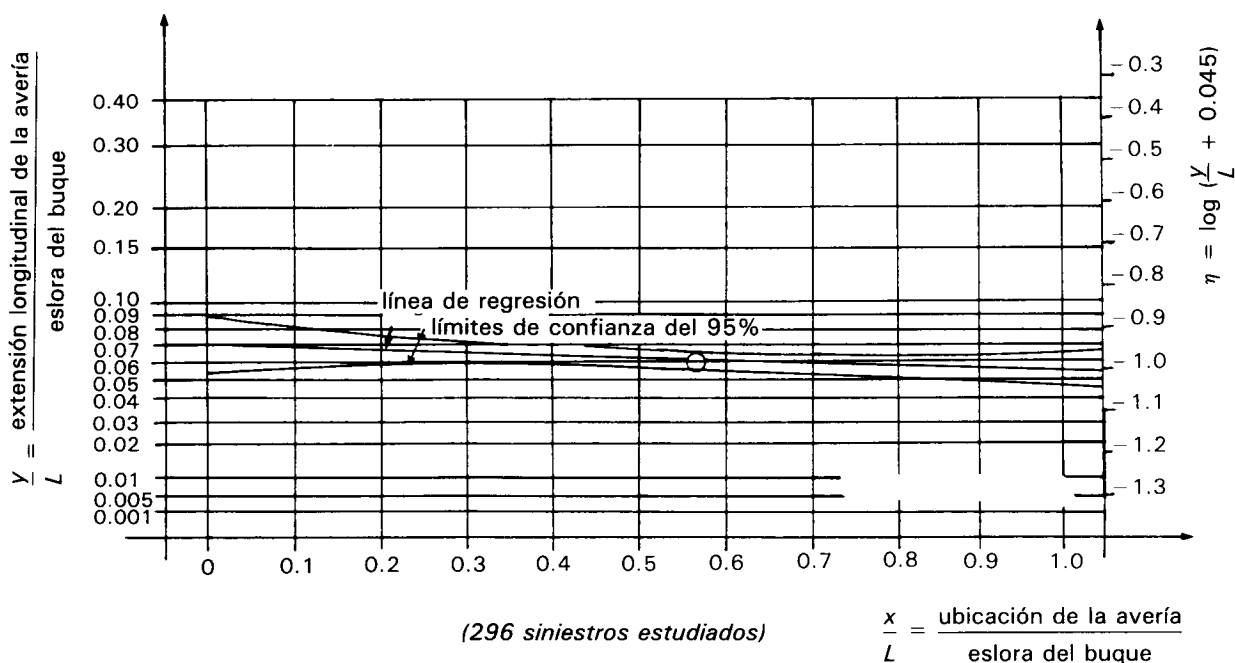


Figura 10 - Regresión de la extensión longitudinal adimensional de la avería en función de su ubicación adimensional

### 3.4 Relación entre el año del abordaje y la extensión longitudinal de la avería

El hecho de que en años recientes la velocidad y el tamaño de los buques han tendido a aumentar sugiere que el promedio de la extensión de las averías por abordaje también está aumentando. Para comprobar esta hipótesis se ha efectuado un análisis de regresión del logaritmo de la extensión adimensional de la avería en función del año del abordaje. El resultado puede verse en la figura 11. Este gráfico muestra una clara pendiente positiva de la línea de regresión lo que demuestra que, por término medio, la extensión longitudinal de la avería aumenta con el tiempo.

Por lo tanto parece prudente no utilizar la distribución resultante de todos los datos de averías independientemente del año del abordaje. Suponiendo que la variancia acerca de la línea de regresión es constante, es posible deducir del análisis de regresión la función de distribución de la extensión longitudinal adimensional de la avería para cualquier año arbitrariamente escogido; dicha función se determina con la media (deducida de la línea de regresión) y la variancia acerca de la línea de regresión del logaritmo de  $y/L + \epsilon_y$ . En las figuras 12 y 13 se dan ejemplos de ello.

### 3.5 Distribución de la penetración de la avería

Consideraciones similares a las anteriores nos llevan a la conclusión de que  $z/B + \epsilon_z$  tiene aproximadamente una distribución logarítmica normal y no depende del tamaño del buque, representado

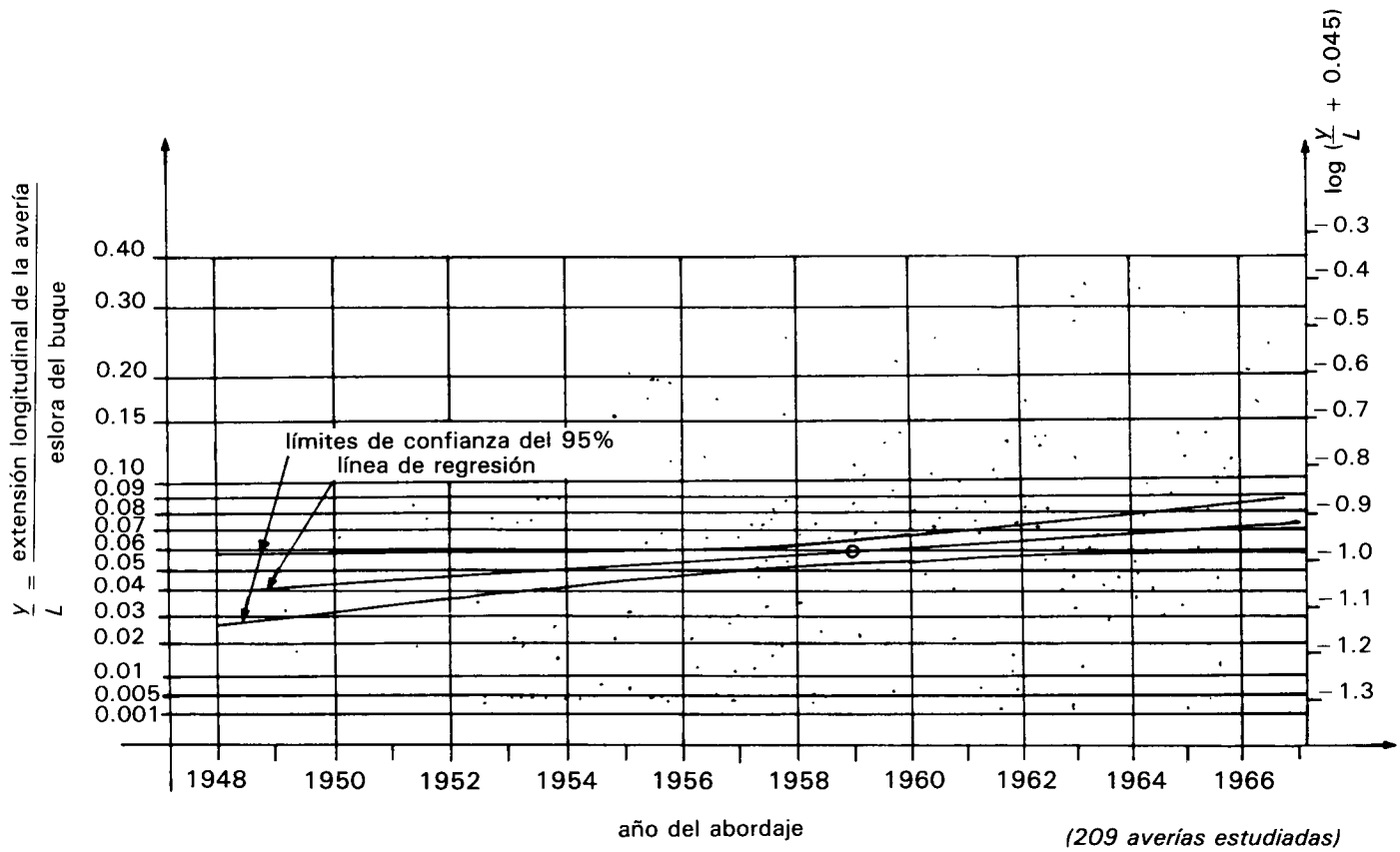


Figura 11 – Regresión de la extensión longitudinal adimensional de la avería en función del año del abordaje

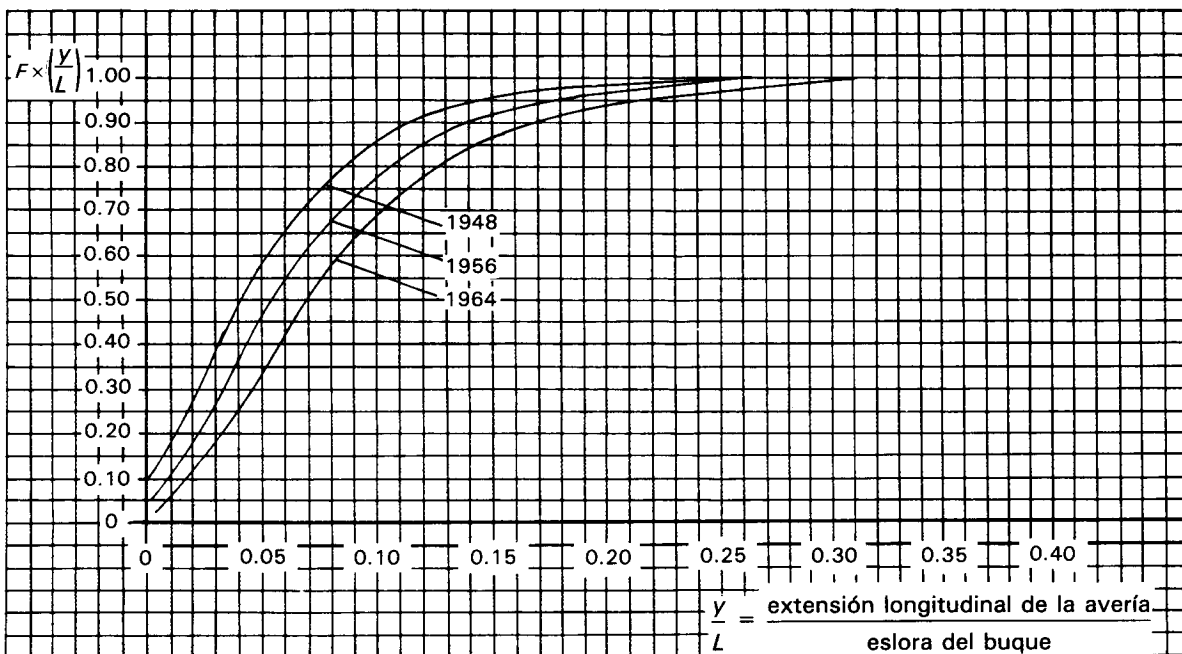


Figura 12 – Función de distribución de la extensión adimensional de la avería según el año del abordaje

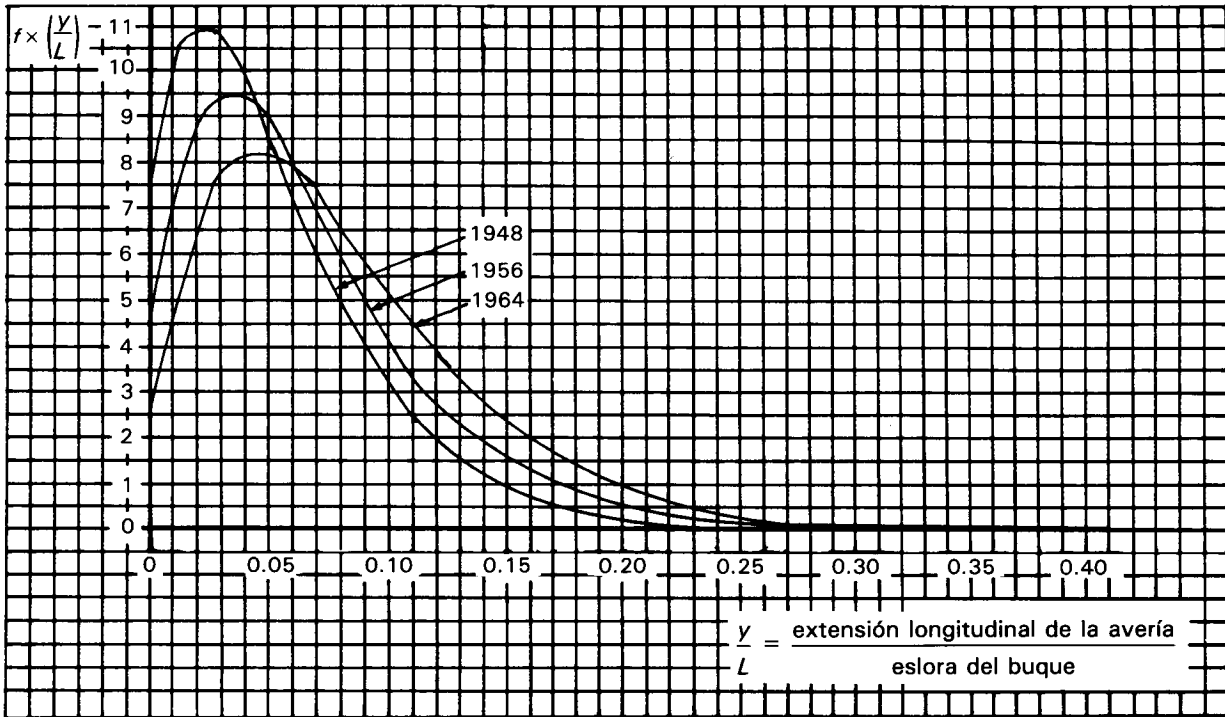


Figura 13 – Densidad de distribución de la extensión longitudinal adimensional de la avería según el año del abordaje

en este caso por su manga  $B$ . Las figuras 14 y 15 muestran una buena correlación entre la distribución logarítmica normal y los correspondientes valores obtenidos de las estadísticas de averías. La figura 16 prueba que, de hecho, no es significativa la dependencia entre  $z/B$  y  $B$ .

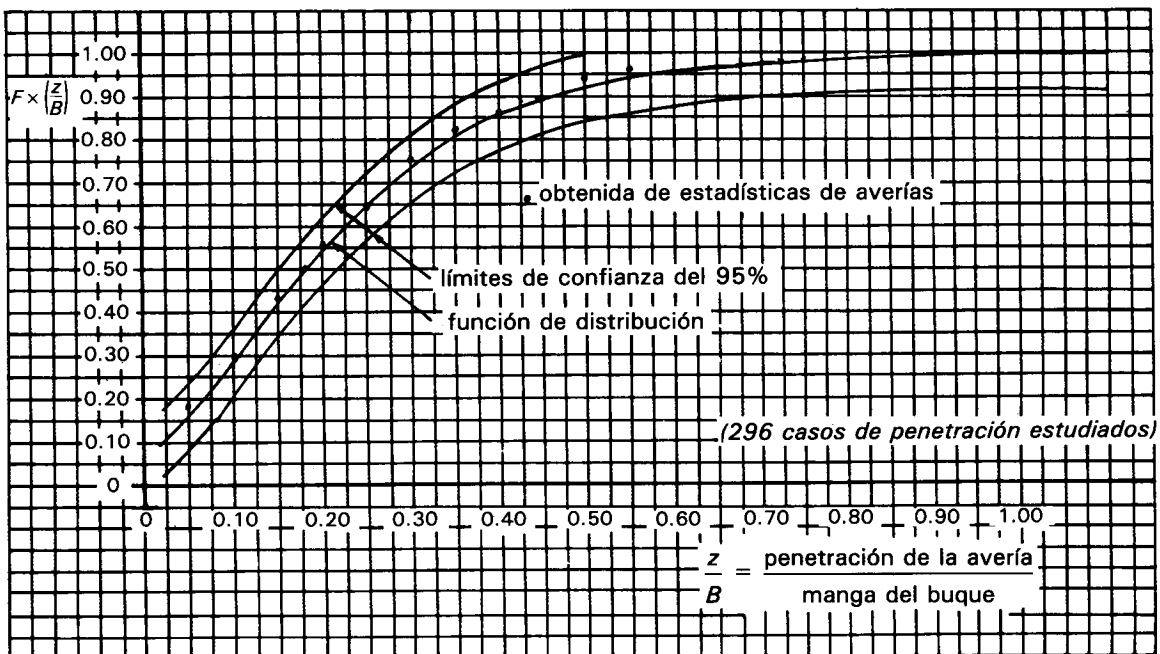


Figura 14 – Función de distribución de la penetración adimensional de la avería

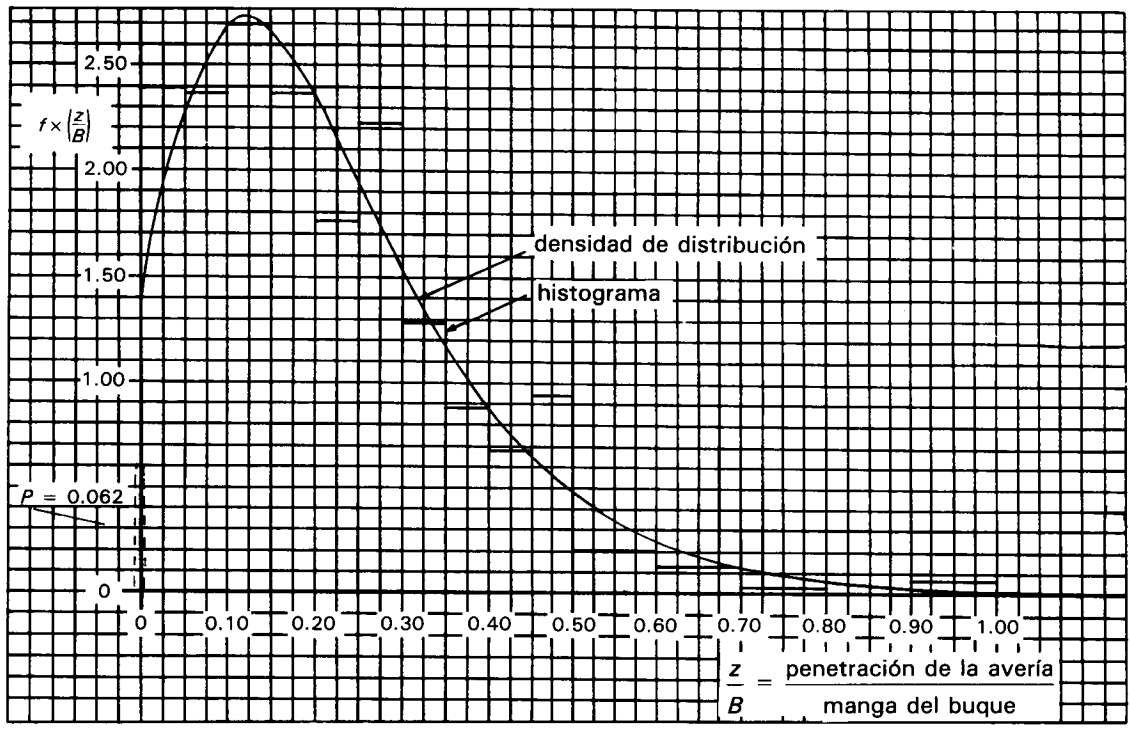


Figura 15 - Densidad de distribuci3n de la penetraci3n adimensional de la avera

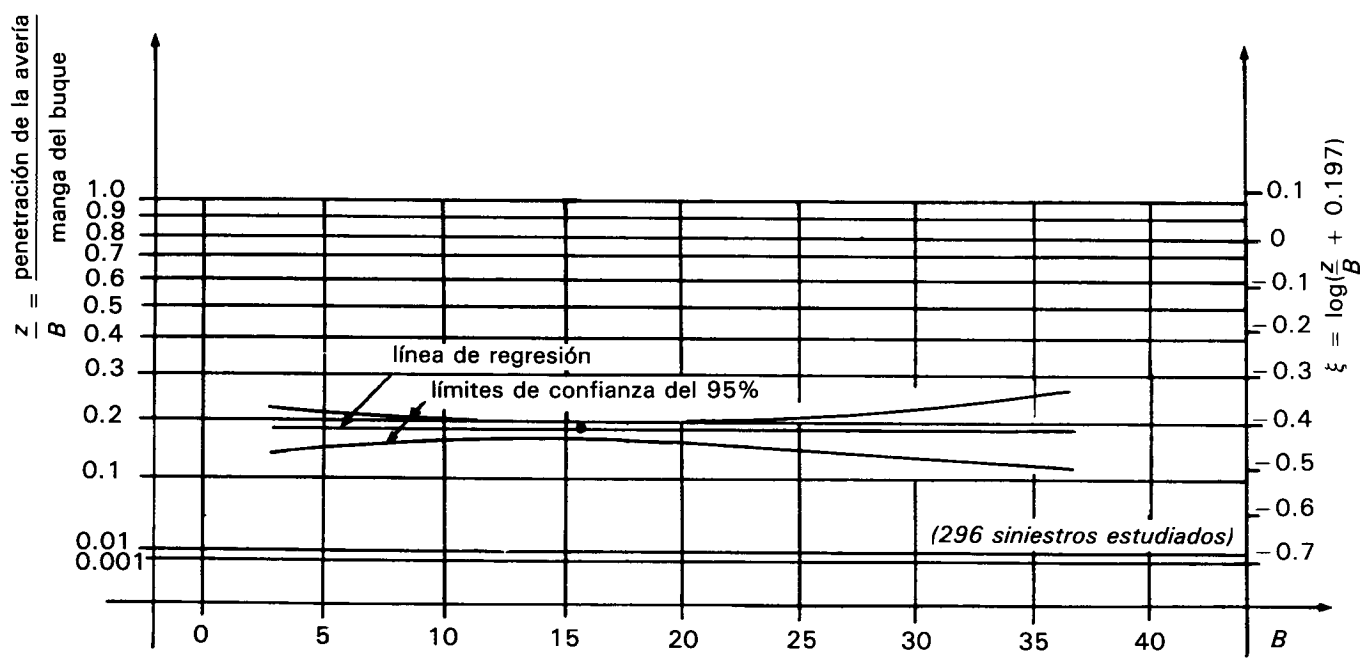


Figura 16 - Regresi3n de la penetraci3n adimensional de la avera en funci3n de la manga

Como era de esperar, se encuentra una gran correlación entre  $z/B$  y  $y/L$ . Las figuras 17 y 18 indican que  $z/B$  aumenta en promedio conforme aumenta  $y/L$ . La distribución conjunta del logaritmo de  $(y/L + \epsilon_y)$  y de  $(z/B + \epsilon_z)$  es una distribución normal bivalente. De esta distribución puede deducirse la distribución condicional de  $z/B$ , siempre que la extensión de la avería alcance ciertos valores  $y/L$ .

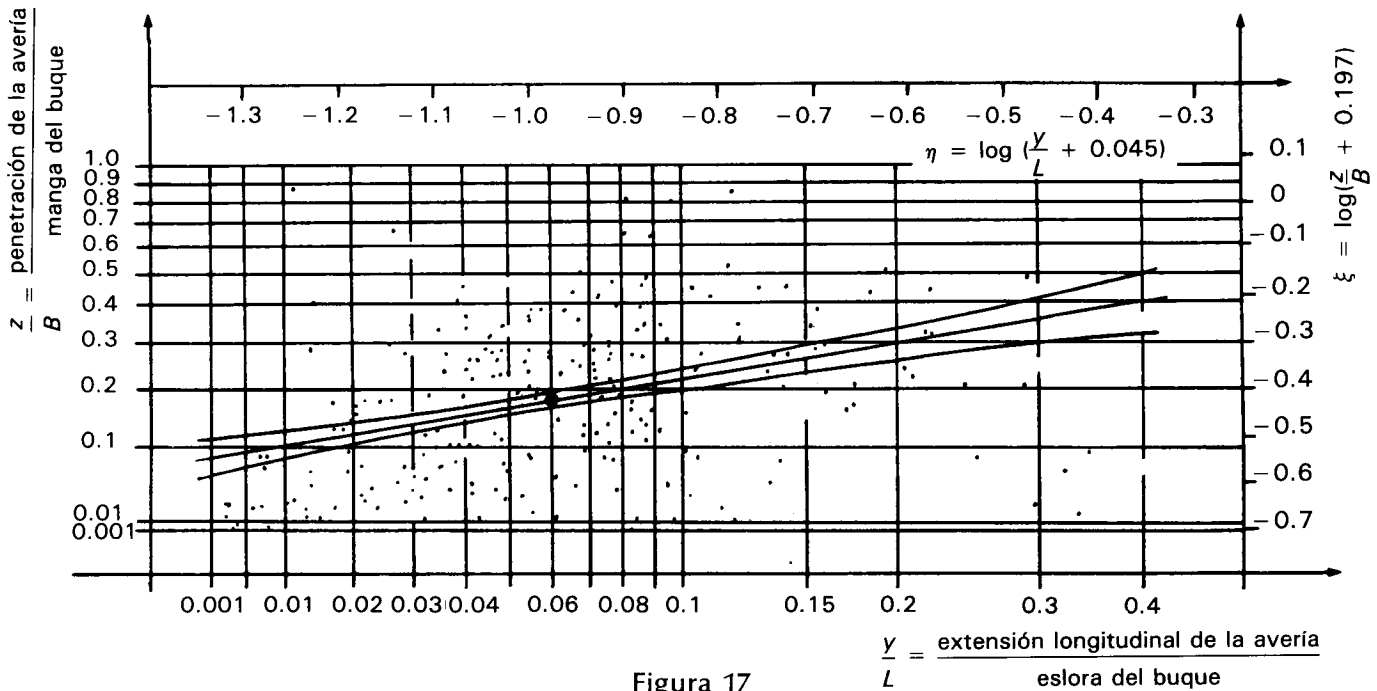


Figura 17

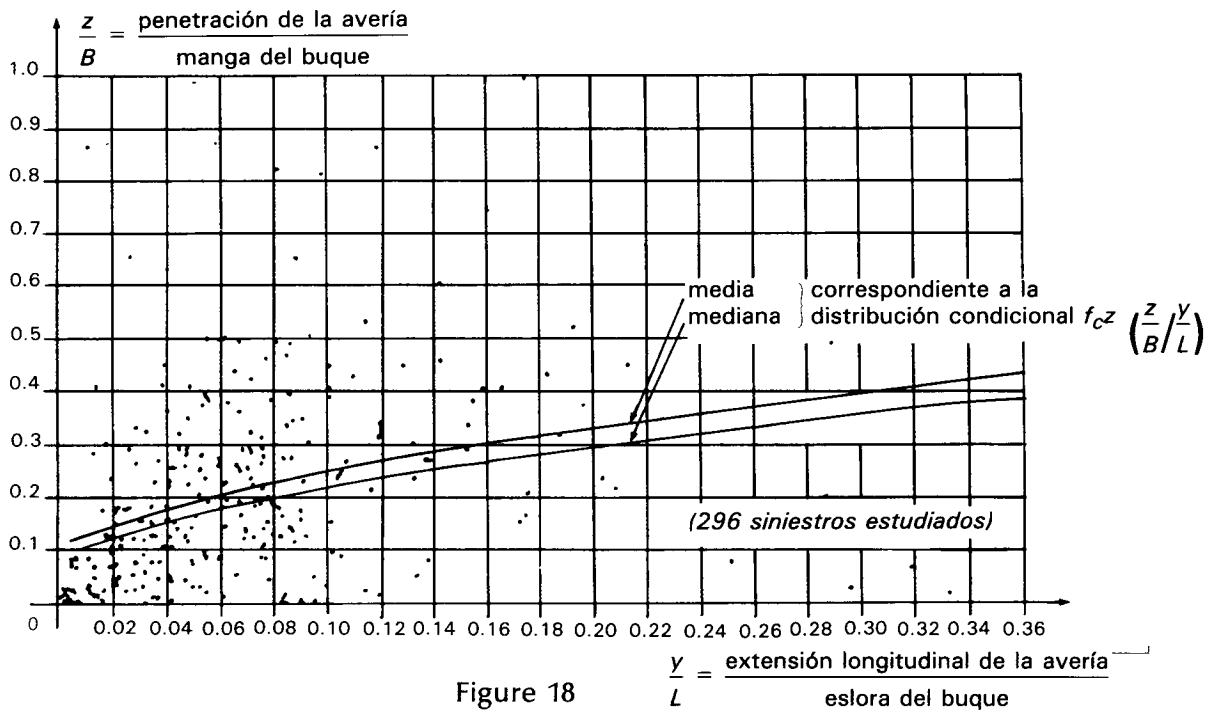


Figure 18

### 3.6 Distribución de la ubicación de la avería

Tras examinar el histograma (figura 19) de la ubicación adimensional de la avería puede verse que los daños se producen con más frecuencia en la mitad proel que en la mitad popel del buque. No se

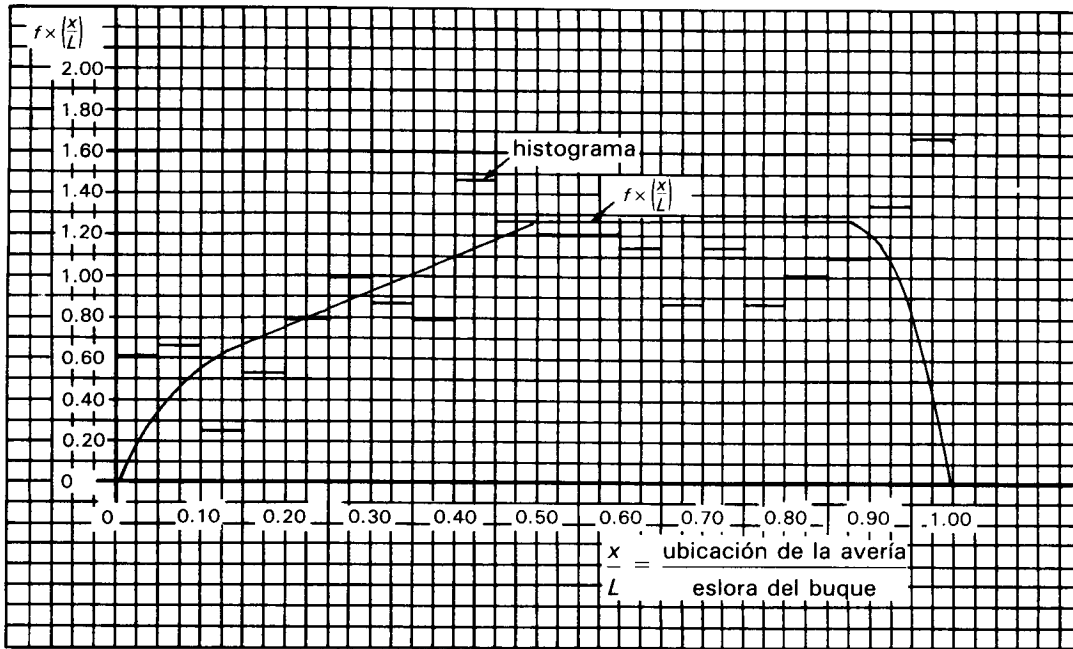


Figura 19 - Densidad de distribución de la ubicación adimensional de avería

puede dar ninguna explicación respecto a las máximas del histograma en  $x/L = 0,45$  y  $x/L = 0,95$ , excepto que son aleatorias debido al limitado número de buques incluido en la muestra.

Debido a que la ubicación de la avería se define como la distancia desde el extremo popel de  $L$  hasta el centro de la avería, éste siempre está a una distancia  $y/2L$  de los extremos del buque. Partiendo de una simple hipótesis para la distribución condicional de  $x/L$ , siempre que  $y/L$  alcance ciertos valores, se ha deducido la densidad de distribución marginal que aparece en la figura 19. La función de distribución correspondiente se da en la figura 20.

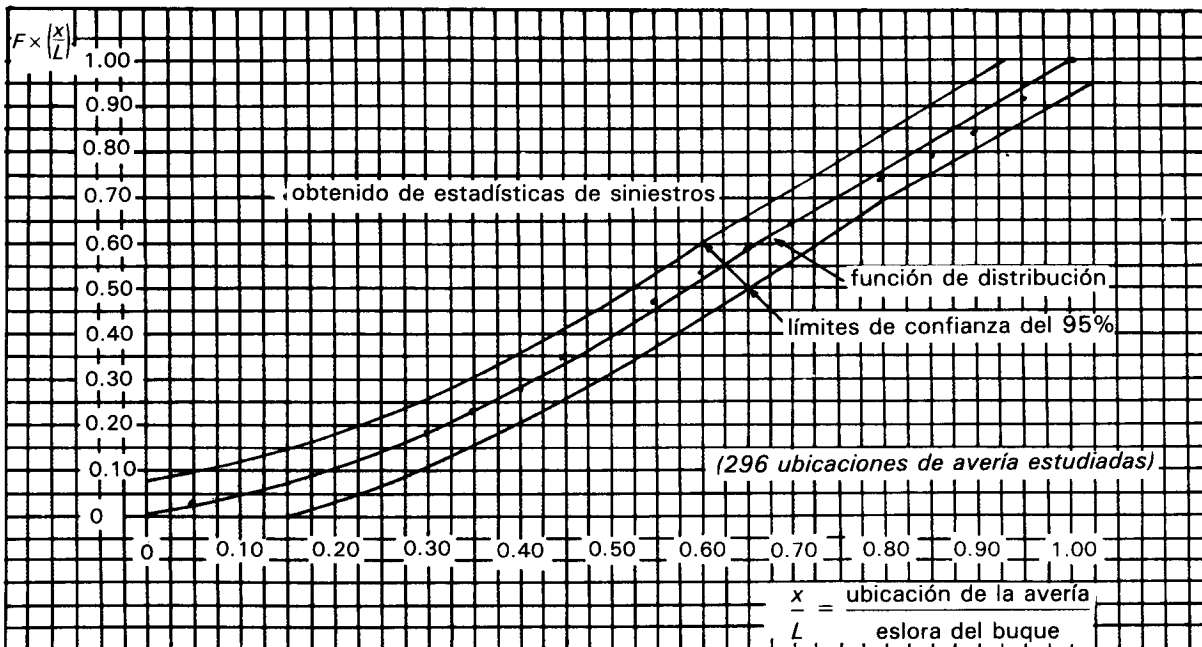


Figura 20 - Función de distribución de la ubicación adimensional de avería



#### **4 PROBABILIDAD DE ZOZOBRA**

(Determinación de la probabilidad de que un buque averiado no zozobre o no se hunda – cálculo del valor de  $s_i$ ).

##### **4.1 Criterios de prevención de la zozobra o el hundimiento**

Dados los conocimientos actuales sobre esta materia no es posible establecer con precisión suficiente criterios de prevención de la zozobra relacionados con la probabilidad de zozobra de los buques en olas. Por consiguiente, las fórmulas que contienen estas reglas se han simplificado basándolas en las normas comúnmente empleadas en los cálculos de estabilidad con avería.

## **Parte B**

Esta parte de las notas explicativas contiene orientación útil sobre la manera de aplicar determinadas reglas.

### **Regla 25-1**

El propósito del punto 6 de la nota de pie de página referente a la regla 25-1 es excluir de la aplicación de las reglas de compartimentado y estabilidad con avería de los buques de carga (parte B-1) únicamente a los buques que deben cumplir con las prescripciones de estabilidad con avería del Convenio de líneas de carga, 1966, necesarias para obtener la asignación de francobordos tipo A o tipos B-60 a B-100.

Las reglas de la parte B-1 se han elaborado y previsto como una norma obligatoria para todos los buques de carga. No implican ni sugieren equivalencia alguna entre las prescripciones de estabilidad con avería de la parte B-1 y las del Convenio de líneas de carga.

### *Párrafo 3*

Este párrafo de las reglas se aplicaría, por ejemplo, en las circunstancias siguientes:

- .1 buques construidos de conformidad con una norma de estabilidad con avería acordada por la Administración, que incorpore un conjunto de criterios de avería;
- .2 buques en que se haya reforzado sustancialmente el forro lateral mediante la incorporación de un *doble forro*, donde tal vez puedan emplearse valores favorables del factor de reducción  $r$  (regla 25-5.2). En este caso, habrá que facilitar los correspondientes cálculos que indiquen las superiores características de absorción de energía de esa disposición estructural;
- .3 buques de casco múltiple, en que sería necesario evaluar las disposiciones de compartimentado utilizando los principios básicos del método probabilista, ya que las reglas se han elaborado específicamente para monocascos.

### **Regla 25-2**

#### *Párrafo 1.2*

Esta definición no impide que el buque se cargue hasta un calado más profundo que esté permitido en virtud de otras líneas de carga asignadas, como tropical, para buques con cubertada de madera, etc.

#### *Párrafo 1.3*

El calado en rosca es aquel que corresponde al buque en rosca con asiento a nivel. El peso en rosca es el desplazamiento de un buque, en toneladas métricas, cuando no lleva carga, combustible, aceite lubricante, agua de lastre, agua dulce y agua de alimentación en los tanques, víveres, pasajeros, tripulación ni sus efectos.

El calado correspondiente a la línea de carga parcial viene dado por la fórmula siguiente:

$$d_p = dl_s + 0,6 (d_l - dl_s)$$

donde

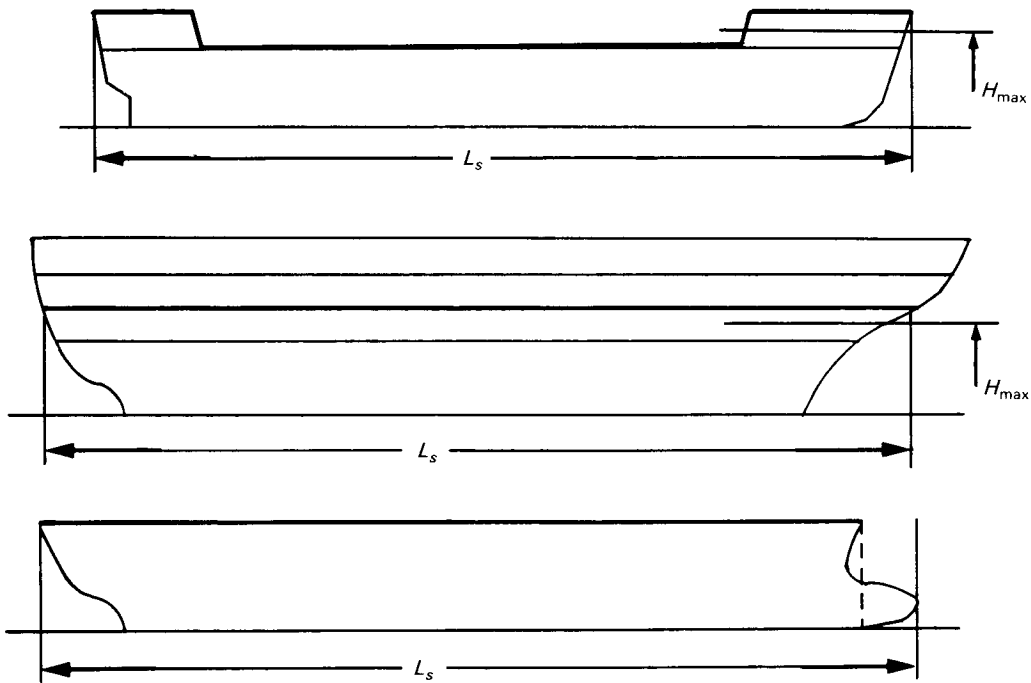
$d_p$  es el calado correspondiente a la línea de carga parcial (en metros);

$d_l$  es el calado correspondiente a la línea de máxima carga de compartimentado (en metros);

$dl_s$  es el calado en rosca (en metros).

**Párrafo 2.1**

La definición de  $L_s$  según el párrafo 2.1 de la regla 25-2 se ilustra en la figura 21.



— cubierta o cubiertas que limitan la extensión vertical de la inundación  
(La altura  $H_{max}$  que especifica la regla 25-6 deberá utilizarse para definir la extensión vertical de la inundación.)

Figura 21 – Ilustración de la definición de  $L_s$  según el párrafo 2.1 de la regla 25-2

En el caso de una cubierta de proa que limite la extensión vertical de la avería,  $H_{max}$  se calculará de conformidad con el calado ( $d_p$ ) en la línea de máxima carga de compartimentado, basándose en la fórmula correspondiente, regla 25-6, párrafo 3.3. El extremo proel en la línea de máxima carga de compartimentado se tomará como se indica en la figura 22 y el extremo popel se determinará de forma análoga.

**Regla 25-4**

**Párrafo 1**

En las reglas no se precisa en qué costado del buque debe suponerse la avería. Cuando hay simetría total con respecto al plano diametral del buque en:

- el propio casco,
- las superestructuras que contribuyen a la flotabilidad en los cálculos de estabilidad con avería, o
- el compartimentado interior que limita la extensión de la inundación en los cálculos de estabilidad con avería,

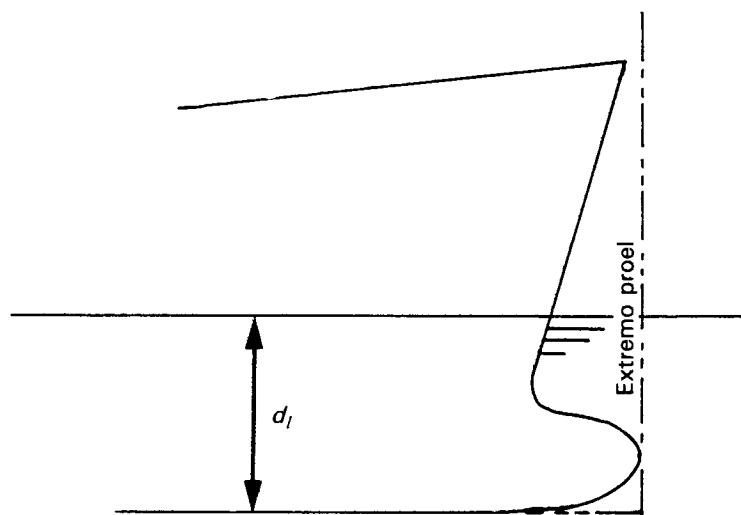
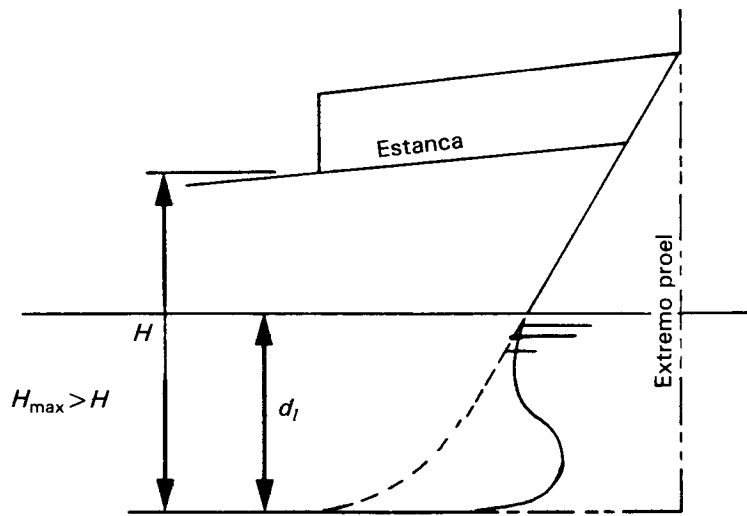
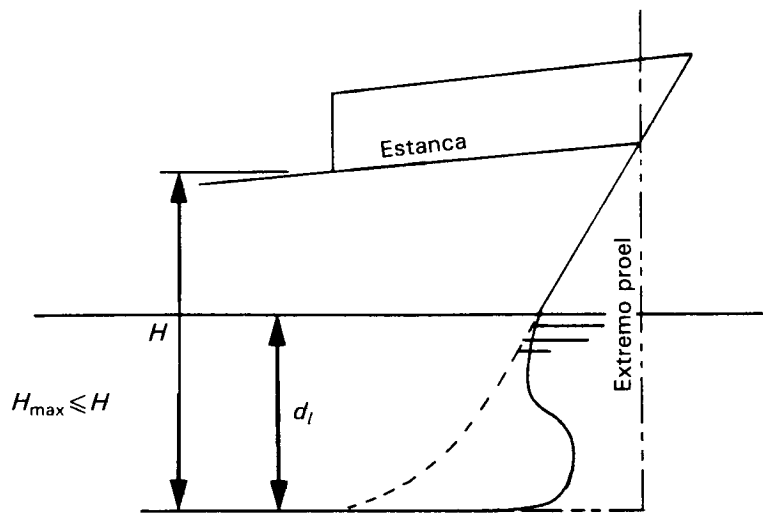


Figura 22

está claro que la avería puede suponerse en el costado de babor o en el de estribor, ya que de ambos se obtiene el mismo valor de  $A$ .

Es poco común que exista simetría total, por lo que, en teoría, deberían realizarse dos cálculos del índice  $A$ , uno suponiendo la avería en el costado de babor y otro en el de estribor.

No obstante, puede tomarse el valor calculado de  $A$  que represente el resultado menos favorable. De otro modo, deberá emplearse el promedio de los valores calculados para ambos costados.

#### *Párrafo 2*

$$A = \Sigma p_i s_i$$

donde:

$p_i$  es independiente del calado, pero incluye el factor  $r$ ;

$s_i$  depende del calado e incluye el factor  $v$ ; y es un promedio ponderado de los factores  $s$  calculados con respecto a los calados  $d_l$  y  $d_p$ .

Se recomienda calcular el producto  $p_i s_i$  empleando cinco decimales, mientras que los resultados finales, esto es, los índices  $A$  y  $R$ , deben darse con tres decimales como mínimo.

#### *Párrafo 3*

En todo buque, incluidos los de quilla inclinada, la flotación de proyecto debe emplearse como referencia para el asiento a nivel.

#### *Párrafo 6*

Véanse las figuras del apéndice 2.

Cuando se ha de considerar más de un compartimiento longitudinal, no es necesario que la penetración se extienda hasta el plano diametral si no contribuye al índice de subdivisión obtenido.

Por ejemplo, en un buque que lleve un túnel de tuberías en crujía, una avería en dicho túnel puede dar lugar a una inundación progresiva que ocasione la pérdida del buque. En ese caso, la penetración puede interrumpirse antes de llegar al túnel de tuberías, con lo que el factor  $p$  se multiplica por el factor  $r$  calculado para la penetración de un solo compartimiento lateral. Si hay además un compartimiento lateral, es posible tener en cuenta dos penetraciones distintas y aplicar el factor  $(r_2 - r_1)$  en lugar de  $(1 - r)$ , que se obtiene cuando la avería se extiende hasta el plano diametral.

De ese modo  $r_2$  es el valor de  $r$  si la penetración llega hasta el túnel de tuberías solamente y  $r_1$  es el valor de  $r$  si la penetración llega hasta el mamparo longitudinal únicamente. Véase la figura A-11 (*vHi*) del apéndice 3.

#### **Regla 25-5**

Véanse las figuras y explicaciones en los apéndices 2 y 3.

En particular, conviene tener presente que al calcular los valores de  $r$  para un grupo de dos o más compartimientos (o zonas) adyacentes, el valor de  $b$  debe ser el mismo para todos los compartimientos (o zonas) de dicho grupo.

#### **Regla 25-6**

##### *Párrafo 1.2*

Si con la flotación definitiva se sumerge la parte inferior de cualquier abertura a través de la cual puede producirse inundación progresiva, podrá volverse a calcular el factor  $s$  teniendo en cuenta dicha inundación. Si el nuevo factor  $s$  es mayor que cero, la contribución  $dA$  del compartimiento o grupo de compartimientos podrá añadirse al índice  $A$ .

### Párrafo 3.3

Cuando la altura de una división horizontal por encima de la línea base no sea constante, deberá utilizarse como valor de  $H$  la altura del punto más bajo de la división horizontal por encima de la línea base.

### Regla 25-8

#### Párrafo 1.1

Es fácil obtener los valores mínimos de la altura  $GM$  (o los valores máximos de la altura  $KG$ ) que cumplan con las correspondientes prescripciones de estabilidad sin avería; tales valores pueden expresarse mediante una curva única en función del calado del buque.

Sin embargo, no es posible obtener un conjunto único de valores mínimos de la altura  $GM$  para el calado de máxima carga ( $d_l$ ) y para el de carga parcial ( $d_p$ ) que garanticen el cumplimiento de las reglas 25-1 a 25-6, ya que existe un número infinito de esos conjuntos de alturas  $GM$  que cumplen con las reglas.

Este problema puede resolverse eligiendo un valor de la altura  $GM$  para el calado de máxima carga tan próximo como sea posible al valor mínimo de la altura  $GM$  calculado con arreglo a las prescripciones de estabilidad sin avería, basado en una condición de carga que responda a la realidad, y seguidamente variando el valor de la altura  $GM$  para el calado de carga parcial, también en condiciones de carga realistas, para obtener un valor límite de la altura  $GM$  que cumpla con las reglas 25-1 a 25-6.

Naturalmente, pueden utilizarse otros planteamientos si resultan prácticos.

#### Párrafo 1.2

Si el buque lleva medios de adrizamiento por inundación transversal, los cálculos se realizarán con arreglo a la resolución A.266(VIII) de la OMI.

El tiempo de igualación no excederá de diez minutos.

#### Párrafo 3

Las curvas de alturas  $GM$  límite se trazarán como se indica en las figuras 23 y 24.

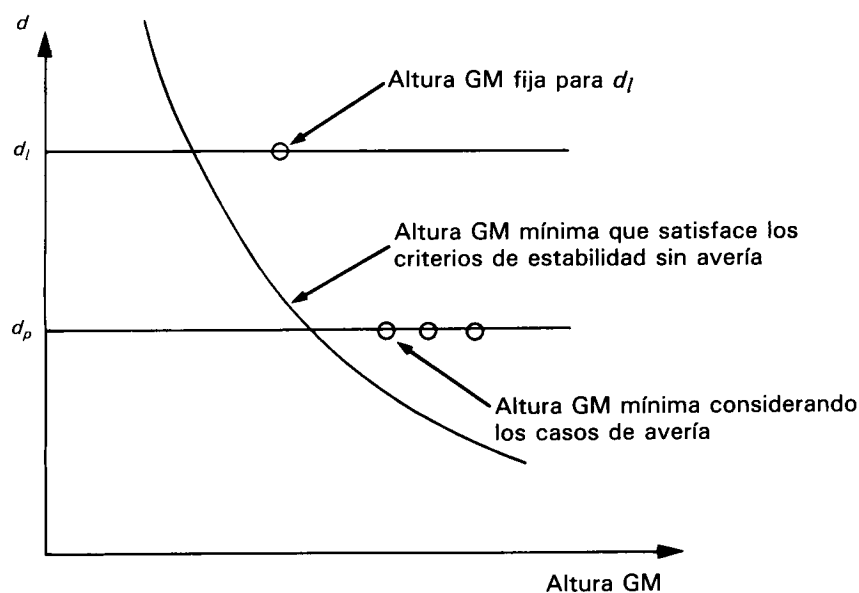


Figura 23

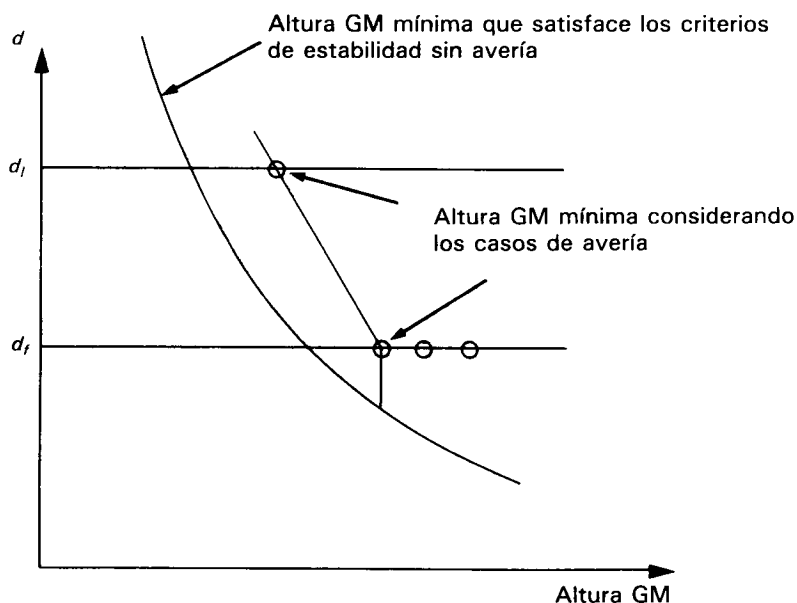


Figura 24

### Regla 25-9

#### Párrafo 4

Las palabras *esenciales* y *satisfactoria* dan a entender que las prescripciones sobre escantillones y sellado de esas puertas o rampas deben representar resistencia suficiente para soportar la altura máxima de agua que corresponda a la flotación con avería.

## Apéndice 1

### Compartimentado transversal

En este apéndice se explica mediante ejemplos la forma de subdividir un buque de eslora  $L_s$  en zonas de avería discretas. Al subdividir el buque en zonas de avería hay que tener en cuenta no sólo los mamparos transversales existentes sino también los compartimientos estancos de menor tamaño que si se inundan pueden influir de manera significativa en los resultados de los cálculos de estabilidad con avería.

1 La figura A-1 muestra el alzado de una parte del buque que contiene dos compartimientos designados con las letras A y B. El compartimiento A está subdividido en dos espacios  $A_1$  y  $A_2$ . Para calcular los productos  $ps$  que más favorablemente contribuyen al índice de subdivisión obtenido, se han considerado tres compartimientos o zonas de avería ficticios. A continuación se expone la base para calcular los valores de  $p$  y de  $s$ :

- .1 zona 1 de longitud  $l_1$ :  $p$  basado en  $l_1$   
 $s$  basado en la inundación del espacio  $A_1$
- .2 zona 2 de longitud  $l_2$ :  $p$  basado en  $l_2$   
 $s$  basado en la inundación del espacio  $A_1$  solamente o de  $A_2$  solamente o de  $A_1$  y  $A_2$  juntos, de estos casos el que dé el mínimo valor de  $s$

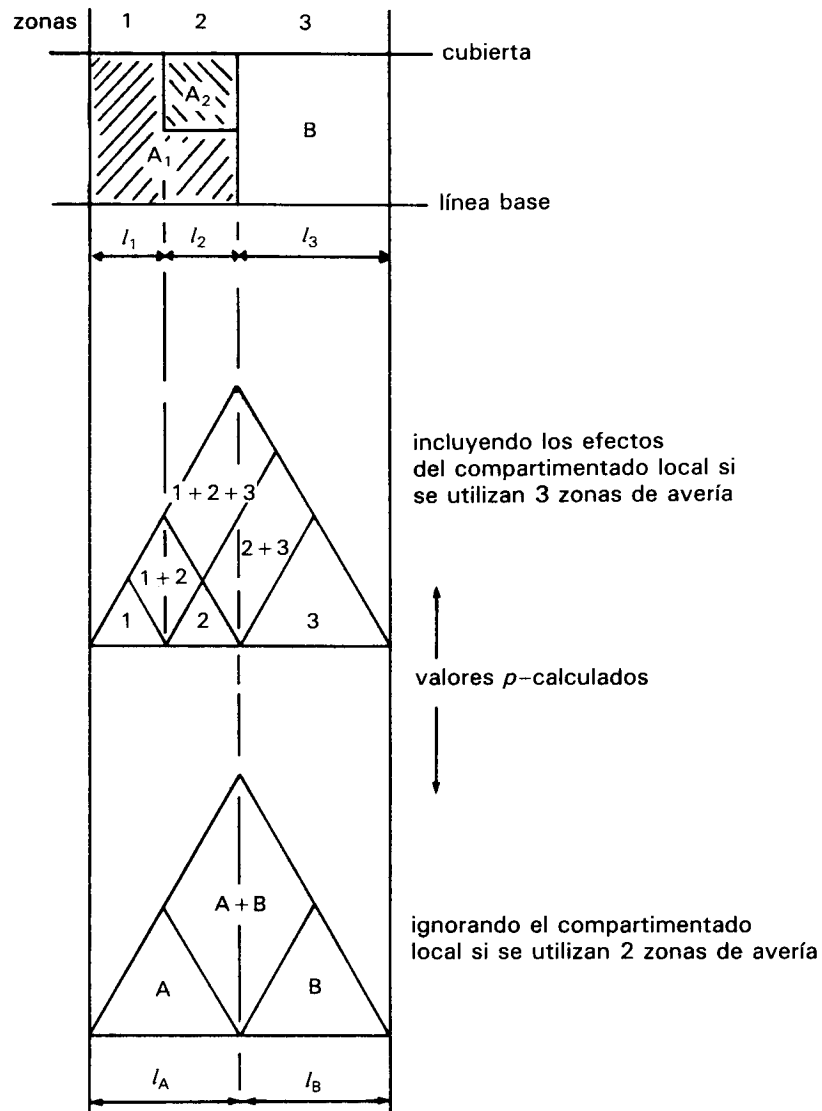


Figure A-1

- |    |  |   |
|----|--|---|
| .3 | zona 3 (o espacio B) de longitud $l_3$ : | $\rho$ basado en $l_3$<br>$s$ basado en la inundación del compartimiento B  |
| .4 | zonas 1 + 2:                             | $\rho$ basado en $l_1$ y $l_2$<br>$s$ basado en la inundación de $A_1$ o de $A_1$ y $A_2$ , de estos casos el que dé el mínimo valor de $s$                         |
| .5 | zonas 2 + 3:                             | $\rho$ basado en $l_2$ y $l_3$<br>$s$ basado en la inundación de $A_1$ y $A_2$ y B, o de $A_1$ y B, o de $A_2$ y B, de estos casos el que dé el mínimo valor de $s$ |
| .6 | zonas 1 + 2 + 3:                         | $\rho$ basado en $l_1$ , $l_2$ y $l_3$<br>$s$ basado en la inundación de $A_1$ y B o de $A_1$ y $A_2$ y B, de estos casos el que dé el mínimo valor de $s$          |

2 También resultaría compatible con las reglas ignorar el compartimentado local en lo que respecta al cálculo del valor  $\rho$ . En tal caso se considerarán los compartimientos y grupos de compartimientos siguientes:

- .1 zona A de longitud  $l_A = l_1 + l_2$ :  $p$  basado en  $l_A$   
 $s$  basado en la inundación del espacio  $A_1$  o del espacio  $A_2$  o de los espacios  $A_1$  y  $A_2$ , de estos casos el que dé el mínimo valor de  $s$
- .2 zona B de longitud  $l_B (=l_3)$ :  $p$  basado en  $l_B$   
 $s$  basado en la inundación del espacio B
- .3 zonas A + B:  $p$  basado en  $l_A$  y  $l_B$   
 $s$  basado en la inundación de  $A_1$  y B o de  $A_2$  y B o de  $A_1$  y  $A_2$  y B, de estos casos el que dé el mínimo valor de  $s$

3 Naturalmente, el método utilizado en el párrafo 1 anterior dará generalmente un índice de subdivisión obtenido superior (o al menos igual) al calculado con el método del párrafo 2. Además, el error cometido al despreciar la distribución real de la avería en la dirección vertical es mucho menor en el primer caso.

4 En la figura A-2 se da otro ejemplo de compartimentado local. En los cuadros siguientes se indica cómo puede tratarse este caso.

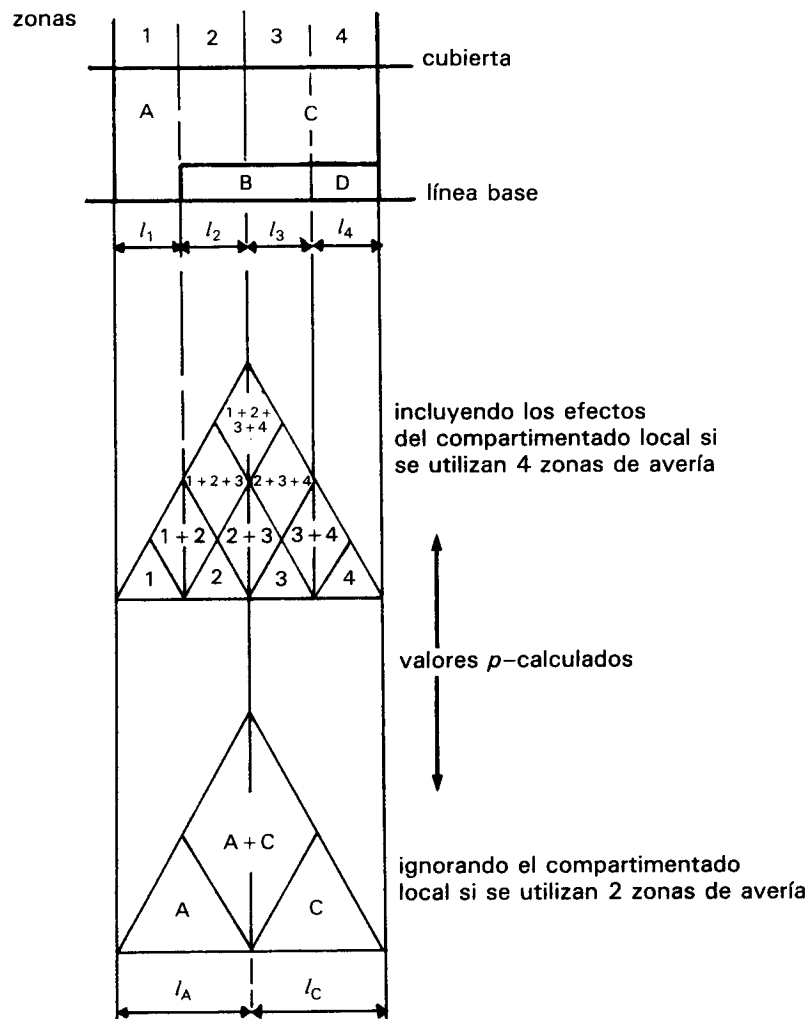


Figura A-2



Cuadro A-1 - Valores de  $p$  calculados incluyendo el efecto del compartimentado local

Zonas de avería cuya longitud es la del espacio abierto	$p$ basado en las longitudes indicadas	$s$ basado en la inundación de los espacios que más desfavorablemente influyen en la estabilidad
1	$l_1$	espacio A
2	$l_2$	espacio A o espacio B o espacios A y B <sup>‡</sup>
3	$l_3$	espacio B o espacio C o espacios B y C <sup>‡</sup>
4	$l_4$	espacio C o espacio D o espacios C y D <sup>‡</sup>
1+2	$l_1, l_2$	espacio A o espacios A y B <sup>‡</sup>
2+3	$l_2, l_3$	espacio B o espacios A y C o espacios A, B y C <sup>‡</sup>
3+4	$l_3, l_4$	espacio C o espacios B y D o espacios B y C y D <sup>‡</sup>
1+2+3	$l_1, l_2, l_3$	espacios A y B o A y C o A y B y C <sup>‡</sup>
2+3+4	$l_2, l_3, l_4$	espacios A y C o B y D o A y B y C y D <sup>‡</sup>
1+2+3+4	$l_1, l_2, l_3, l_4$	espacios A y C o A y B y D o A y B y C y D <sup>‡</sup>

<sup>‡</sup> De ellos el que dé el mínimo valor de  $s$ .

Cuadro A-2 - Valores de  $p$  calculados ignorando el compartimentado local

Zonas de avería cuya longitud es la del espacio abierto	$p$ basado en las longitudes indicadas	$s$ basado en la inundación de los espacios que más desfavorablemente influyen en la estabilidad
A	$l_A = l_1 + l_2$	espacio A o espacio B o espacios A y B <sup>‡</sup>
C	$l_C = l_3 + l_4$	espacio C o espacio B o espacio D o espacios C y B o espacios B y D o espacios C y D o espacios B y C y D <sup>‡</sup>
A+C	$l_A, l_C$	espacio B o espacios A y C o espacios B y D o espacios A y B y C o espacios A y B y D o espacios A y B y C y D <sup>‡</sup>

<sup>‡</sup> De ellos el que dé el mínimo valor de  $s$ .

## Apéndice 2

### I Compartimentado transversal, horizontal y longitudinal combinado

1 Las nuevas reglas incluyen disposiciones que permiten la evaluación y aceptación de buques con compartimentado longitudinal y transversal combinado. A fin de facilitar el pleno entendimiento y la aplicación correcta y uniforme de las nuevas disposiciones, en el presente apéndice se incluye el necesario material ilustrativo. Los ejemplos se basan en tres configuraciones diferentes de compartimentado longitudinal y transversal combinado, que se ilustran en las figuras A.3, A.4 y A.5.

2 En esta sección se utiliza la siguiente nomenclatura:

$l_1, l_2, l_3$  etc. distancia entre los mamparos que limitan compartimientos interiores o laterales como se ilustra en las figuras A.3, A.4. y A.5.

$l_{12} = l_1 + l_2; l_{23} = l_2 + l_3; l_{34} = l_3 + l_4$ , etc.

$l_{1-3} = l_1 + l_2 + l_3; l_{2-4} = l_2 + l_3 + l_4$ , etc.

$l_{2-5} = l_2 + l_3 + l_4 + l_5; l_{3-6} = l_3 + l_4 + l_5 + l_6$ , etc.

$p_1, p_2, p_3$ , etc. valores de  $p$  calculados según la regla 25-5.1 utilizando  $l_1, l_2, l_3$ , etc. como  $l$ .

$p_{12}, p_{23}, p_{34}$ , etc. valores de  $p$  calculados según la regla 25-5.1 utilizando  $l_{12}, l_{23}, l_{34}$ , etc. como  $l$ .

$p_{1-3}, p_{2-4}$ , etc. valores de  $p$  calculados según la regla 25-5.1 utilizando  $l_{1-3}, l_{2-4}$ , etc. como  $l$ .

$p_{2-5}, p_{3-6}$ , etc. valores de  $p$  calculados según la regla 25-5.1 utilizando  $l_{2-5}, l_{3-6}$ , etc. como  $l$ .

$r_1, r_2, r_3$ , etc. valores de  $r$  calculados según la regla 25-5.2 utilizando  $l_1, l_2, l_3$ , etc. como  $l$  y  $b$  de acuerdo con la definición de dicha regla.

$r_{12}, r_{23}, r_{34}$ , etc. valores de  $r$  calculados según la regla 25-5.2 utilizando  $l_{12}, l_{23}, l_{34}$ , etc. como  $l$  y  $b$  de acuerdo con la definición de dicha regla.

$r_{2-5}, r_{3-6}$ , etc. valores de  $r$  calculados según la regla 25-5.2 utilizando  $l_{2-5}, l_{3-6}$ , etc. como  $l$  y  $b$  de acuerdo con la definición de dicha regla.

$b$  tal como se define en la regla 25-5.2.

Al calcular los valores de  $r$  para un grupo de dos o más compartimientos adyacentes, el valor de  $b$  es común para todos los compartimientos de ese grupo e igual al menor de los valores de  $b$  obtenidos en ese grupo:

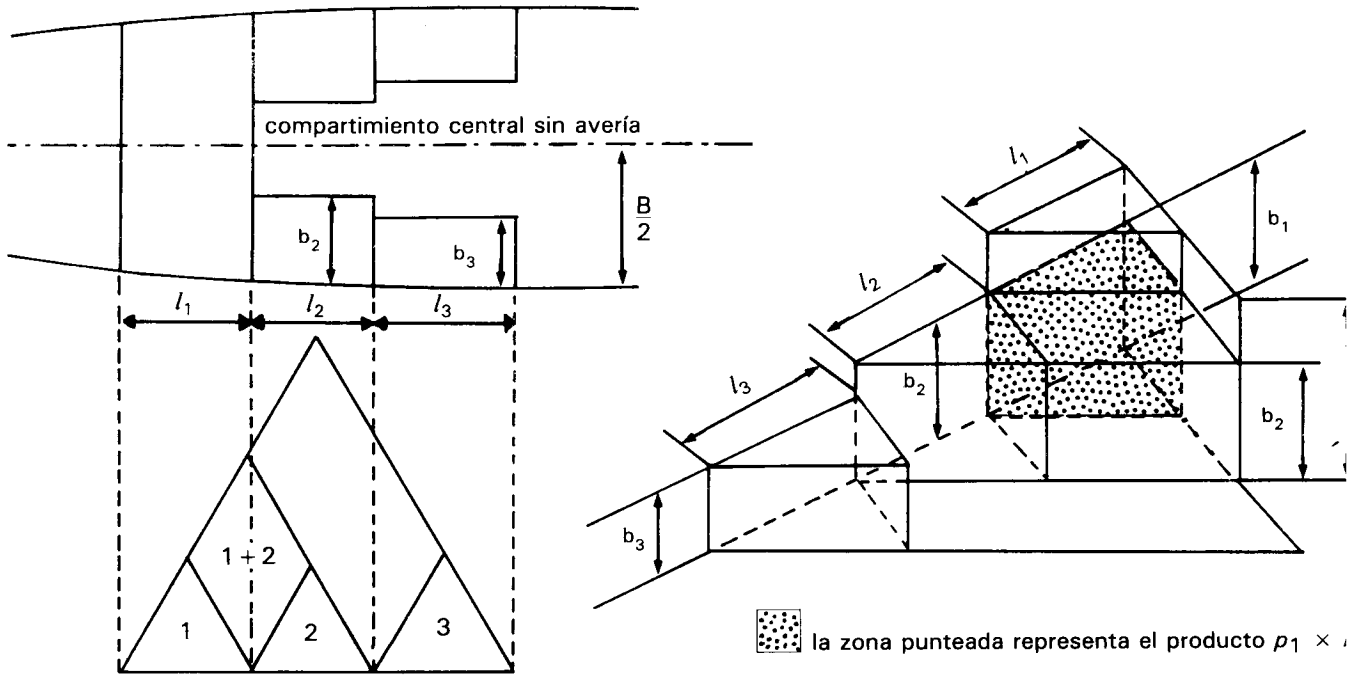
$$b = \min \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$$

donde:

$n$  es el número de compartimientos laterales en ese grupo;

$b_1, b_2, \dots, b_n$  son los valores promedio de  $b$  en los distintos compartimientos laterales que forman el grupo.

Al determinar el factor  $p$  para la inundación simultánea del espacio 1 (en las figuras A.4 y A.5) y el compartimiento o compartimientos laterales adyacentes, los valores  $r_1, r_{12}$ , etc. se calcularán de conformidad con la regla 25-5.2, tomando un valor de  $b$  para el espacio 1 igual a la anchura del compartimiento o compartimientos laterales adyacentes.



El factor  $p$  para los compartimientos 1 + 2 es  $p = p_{12} \times r_{12} - p_1 \times r_1 - p_2 \times r_2$

siendo:  $r_1$  función de  $l_1$  y  $b_2$ ,

$r_2$  función  $l_2$  y  $b_2$ ,

y  $r_{12}$  función de  $l_1 = l_2$  y  $b_2$

Figura A-3 - Ilustración de avería combinada en el extremo de un compartimiento central sin avería

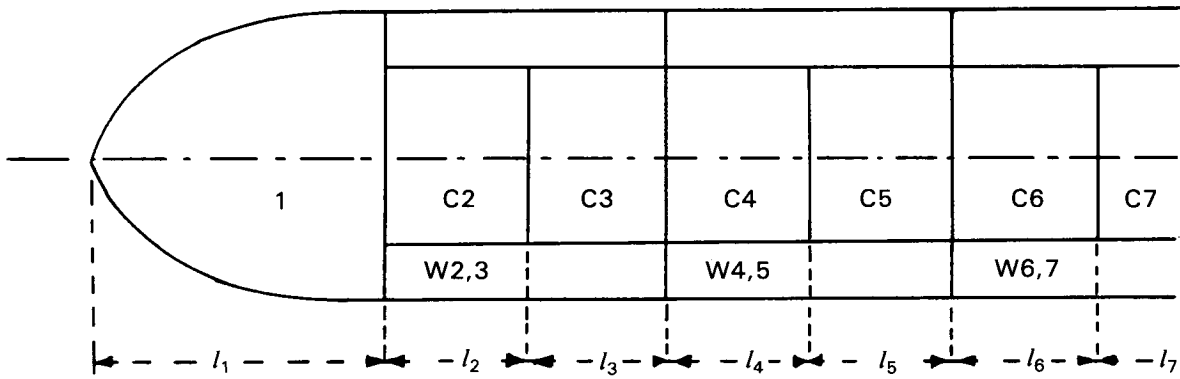


Figura A-4

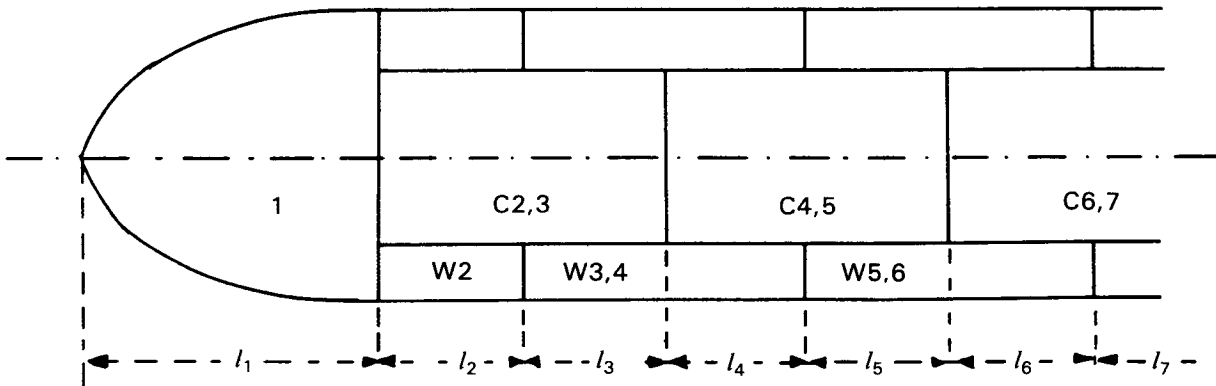


Figura A-5

**Cuadro A-3 - Aplicación de la regla 25-5\* a la disposición del compartimentado indicado en la figura A-4**

Zona or zonas de avería como compartimiento o grupo de compartimientos**	Factor $p$	Distancias $X_1$ y $X_2$ para determinar el factor $p$
1 W 2,3 W 4,5	$p = p_1$ $p = p_{23} \times r_{23}$ $p = p_{45} \times r_{45}$	$X_1 = 0 \quad X_2 = l_1$ $X_1 = l_1 \quad X_2 = l_{1-3}$ $X_1 = l_{1-3} \quad X_2 = l_{1-5}$
1 y W 2,3 W 2,3 y W 4,5	$p = p_{1-3} \times r_{1-3} - p_1 \times r_1 - p_{23} \times r_{23}$ $p = p_{2-5} \times r_{2-5} - p_{23} \times r_{23} - p_{45} - r_{45}$	$X_1 = 0 \quad X_2 = l_{1-3}$ $X_1 = l_1 \quad X_2 = l_{1-5}$
1 y W 2,3 y W 4,5 W 2,3 y W 4,5 y W 6,7	$p = p_{1-5} \times r_{1-5} - p_{1-3} \times r_{1-3} - p_{2-5} \times r_{2-5} + p_{23} \times r_{23}$ $p = p_{2-7} \times r_{2-7} - p_{2-5} \times r_{2-5} - p_{4-7} \times r_{4-7} + p_{45} \times r_{45}$	$X_1 = 0 \quad X_2 = l_{1-5}$ $X_1 = l_1 \quad X_2 = l_{1-7}$

$r_{1-5}$  es función de  $l_{1-5}$  y  $b_{2-5}$ .

$r_{45}$  es función de  $l_{45}$  y  $b_{2-7}$ .

**Cuadro A-4 - Aplicación de la regla 25-5\* a la disposición del compartimentado indicado en la figura A-4**

Zona o zonas de avería como compartimiento o grupo de compartimientos**	Factor $p$	Distancias $X_1$ y $X_2$ para determinar el factor $p$
C 2 y W 2,3 C 3 y W 2,3 C 4 y W 4,5	$p = p_2 \times (1-r_2)$ $p = p_3 \times (1-r_3)$ $p = p_4 \times (1-r_4)$	$X_1 = l_1 \quad X_2 = l_{12}$ $X_1 = l_{12} \quad X_2 = l_{1-3}$ $X_1 = l_{1-3} \quad X_2 = l_{1-4}$
1 y C 2 y W 2,3 C 2 y C 3 y W 2,3 C 3 y C 4 y W 2,3 y W 4,5	$p = p_{12}(1-r_{12}) - p_1(1-r_1) - p_2(1-r_2)$ $p = p_{23}(1-r_{23}) - p_2(1-r_2) - p_3(1-r_3)$ $p = p_{34}(1-r_{34}) - p_3(1-r_3) - p_4(1-r_4)$	$X_1 = 0 \quad X_2 = l_{12}$ $X_1 = l_1 \quad X_2 = l_{1-3}$ $X_1 = l_{12} \quad X_2 = l_{1-4}$
1 y C 2 y C 3 y W 2,3 C 2 y C 3 y C 4 y W 2,3 y W 4,5	$p = p_{1-3}(1-r_{1-3}) - p_{12}(1-r_{12}) - p_{23}(1-r_{23}) + p_2(1-r_2)$ $p = p_{2-4}(1-r_{2-4}) - p_{23}(1-r_{23}) - p_{34}(1-r_{34}) + p_3(1-r_3)$	$X_1 = 0 \quad X_2 = l_{1-3}$ $X_1 = l_1 \quad X_2 = l_{1-4}$

\* En particular, con referencia a las reglas 25-5.1 y 25-5.2.1.

\*\* Que se consideran inundados para el cálculo de  $s$ .

**Cuadro A-5 - Aplicación de la regla 25-5\* a la disposición del compartimentado indicado en la figura A-5**

Zona or zonas de avería como compartimiento o grupo de compartimientos**	Factor $p$	Distancias $X_1$ y $X_2$ para determinar el factor $p$
1	$p = p_1$	$X_1 = 0 \quad X_2 = l_1$
W 2	$p = p_2 \times r_2$	$X_1 = l_1 \quad X_2 = l_{12}$
W 3,4	$p = p_{34} \times r_{34}$	$X_1 = l_{12} \quad X_2 = l_{1-4}$
1 y W 2	$p = p_{12} \times r_{12} - p_1 \times r_1 - p_2 \times r_2$	$X_1 = 0 \quad X_2 = l_{12}$
W 2 y W 3,4	$p = p_{2-4} \times r_{2-4} - p_2 \times r_2 - p_{34} \times r_{34}$	$X_1 = l_1 \quad X_2 = l_{1-4}$
1 y W 2 y W 3,4	$p = p_{1-4} \times r_{1-4} - p_{12} \times r_{12} - p_{2-4} \times r_{2-4} + p_2 \times r_2$	$X_1 = 0 \quad X_2 = l_{1-4}$
W 2 y W 3,4 y W 5,6	$p = p_{2-6} \times r_{2-6} - p_{2-4} \times r_{2-4} - p_{3-6} \times r_{3-6} + p_{34} \times r_{34}$	$X_1 = l_1 \quad X_2 = l_{1-6}$

**Tabla A-6 - Aplicación de la regla 25-5\* a la disposición del compartimentado indicado en la figura A-5**

Zona o zonas de avería como compartimiento o grupo de compartimientos**	Factor $p$	Distancias $X_1$ y $X_2$ para determinar el factor $p$
C 2,3 y W 2	$p = p_2(1-r_2)$	$X_1 = l_1 \quad X_2 = l_{12}$
C 2,3 y W 3,4	$p = p_3(1-r_3)$	$X_1 = l_{12} \quad X_2 = l_{1-3}$
C 4,5 y W 3,4	$p = p_4(1-r_4)$	$X_1 = l_{1-3} \quad X_2 = l_{1-4}$
1 y C 2,3 y W 2	$p = p_{12}(1-r_{12}) - p_1(1-r_1) - p_2(1-r_2)$	$X_1 = 0 \quad X_2 = l_{12}$
1 y C 2,3 y W 2 y W 3,4	$p = p_{1-3}(1-r_{1-3}) - p_{12}(1-r_{12}) - p_{23}(1-r_{23}) + p_2(1-r_2)$	$X_1 = 0 \quad X_2 = l_{1-3}$
C 2,3 y C 4,5 y W 3,4	$p = p_{34}(1-r_{34})$	$X_1 = l_{12} \quad X_2 = l_{1-4}$
C 2,3 y C 4,5 y W 2 y W 3,4	$p = p_{24}(1-r_{24}) - p_2(1-r_2) - p_{34}(1-r_{34})$	$X_1 = l_1 \quad X_2 = l_{1-4}$
C 2,3 y C 4,5 y W 3,4 y W 5,6	$p = p_{35}(1-r_{35}) - p_{34}(1-r_{34}) - p_5(1-r_5)$	$X_1 = l_{12} \quad X_1 = l_{1-5}$
C 2,3 y C 4,5 y W 2 y W 3,4 y W 5,6	$p = p_{25}(1-r_{25}) - p_{24}(1-r_{24}) - p_{35}(1-r_{35}) + p_{34}(1-r_{34})$	$X_1 = l_1 \quad X_2 = l_{1-5}$

\* En particular, con referencia a las reglas 25-5.1 y 25-5.2.1.

\*\* Que se consideran inundados para el cálculo de  $s$ .

## II Nichos

1 Los nichos se considerarán compartimientos reales o ficticios, empleando el ejemplo de la figura A-6.

2 En esta sección se utiliza la siguiente nomenclatura:

- $l_1, l_2, l_3$  longitud de las zonas de avería como se indica en la figura A-6;  
 $p_1, p_2, p_3$  valores de  $p$  calculados según la regla 25-5.1 utilizando  $l_1, l_2, l_3$  como  $l$ ;  
 $p_{12}, p_{23}$  valores de  $p$  calculados según la regla 25-5.1 utilizando  $l_1 + l_2$  y  $l_2 + l_3$  como  $l$ ;  
 $p_{123}$  valor de  $p$  calculado según la regla 25-5.1 utilizando  $l_1 + l_2 + l_3$  como  $l$ ;  
 $r_1$  valor de  $r$  calculado según la regla 25-5.2 utilizando  $l_1$  como  $l$  y  $b$  como se indica en la figura A.6;  
 $r_2$  valor de  $r$  calculado según la regla 25-5.2 utilizando  $l_2$  como  $l$  y  $b$  como se indica en la figura A.6;  
 $r_{12}, r_{23}$  valores de  $r$  calculados según la regla 25-5.2 utilizando  $l_1 + l_2$  como  $l$  y  $b$  como se indica en la figura A.6;  
 $r_{123}$  valor de  $r$  calculado según la regla 25-5.2 utilizando  $l_1 + l_2 + l_3$  como  $l$  y  $b$  como se indica en la figura A.6.

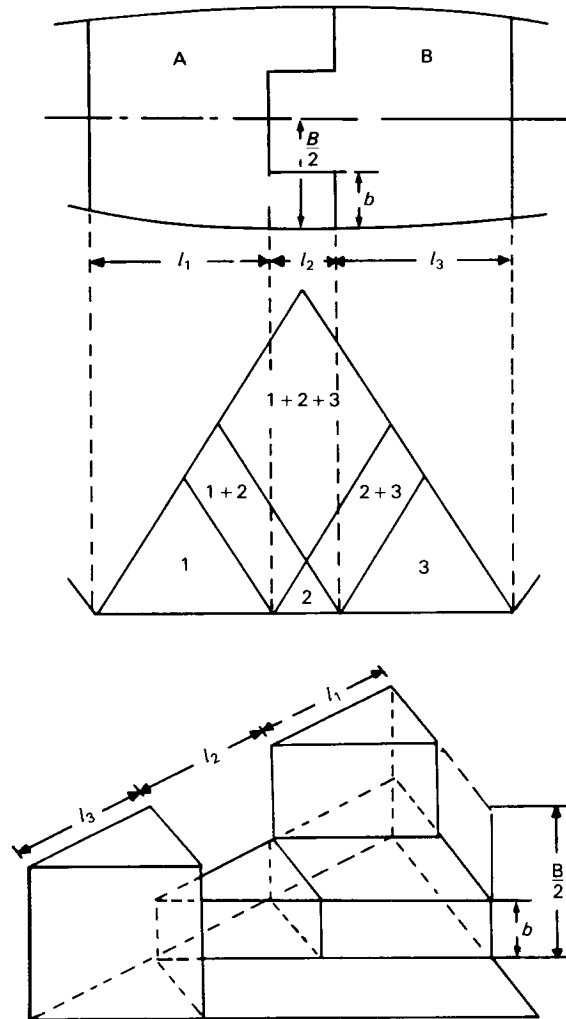


Figura A-6

### 3 Aplicación de las reglas a los compartimientos reales:

Espacios considerados inundados para el cálculo de $s$	factor $p$ utilizado para el cálculo de la contribución al índice de subdivisión obtenido
A	$p = p_{12} \times r_{12}$
B	$p = p_3$
A y B	$p = p_{123} - p_{12} \times r_{12} - p_3$

o, de otro modo:

A	$p = p_1$
B	$p = p_3$
A y B	$p = p_{123} - p_1 - p_3$

### 4 Aplicación a los compartimientos ficticios:

A	$p = p_{12} \times r_{12} + p_1(1 - r_1)$
B	$p = p_3$
A y B	$p = p_{123} - p_{12} \times r_{12} - p_1(1 - r_1) - p_3$

## III Penetración de la avería

A fin de que las presentes reglas puedan aplicarse de manera uniforme, la profundidad de penetración  $b$  se determinará siguiendo las directrices que se exponen a continuación.

La distancia transversal media  $b$  se medirá entre el forro exterior, a la altura de la línea de máxima carga de compartimentado, y un plano vertical que coincida con el mamparo longitudinal o forme parte de éste o sea tangente al mismo, trazado siempre por fuera de dicho mamparo, y orientado de tal modo que esta distancia media transversal hasta el forro exterior sea un valor máximo, salvo que en ningún caso la distancia máxima entre dicho plano y el forro exterior deberá exceder del doble de la distancia mínima entre el plano y el forro.

Cuando el mamparo longitudinal termine por debajo de la línea de máxima carga de compartimentado se supondrá que el plano vertical mencionado *supra* se extiende hacia arriba hasta dicha flotación.

Las figuras A-7 y A-8 ilustran la aplicación de la definición anterior.

Una zona de avería que cambie de anchura de manera abrupta puede subdividirse en zonas más pequeñas, determinando para cada una de ellas un valor constante de  $b$ .

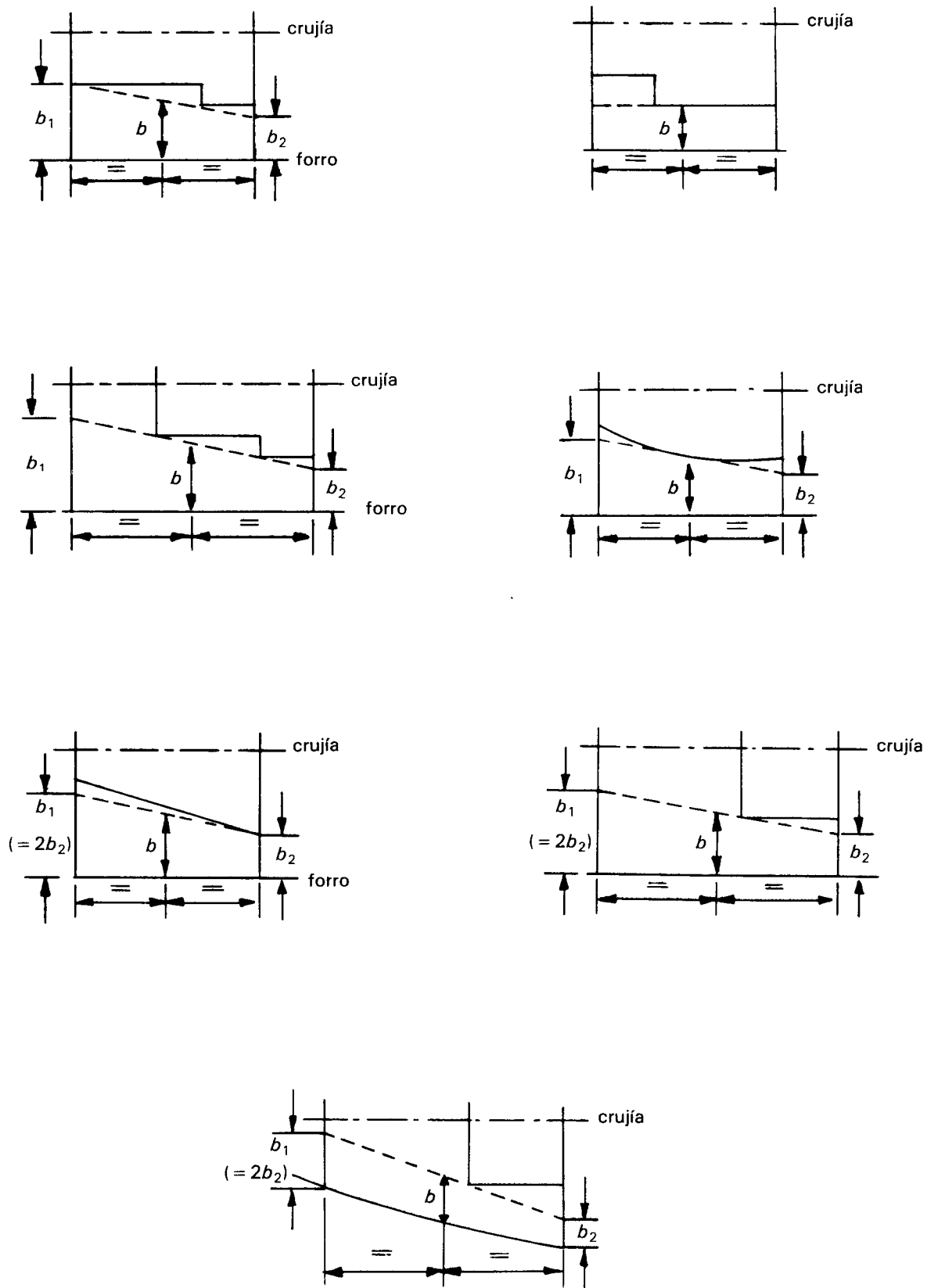


Figura A-7



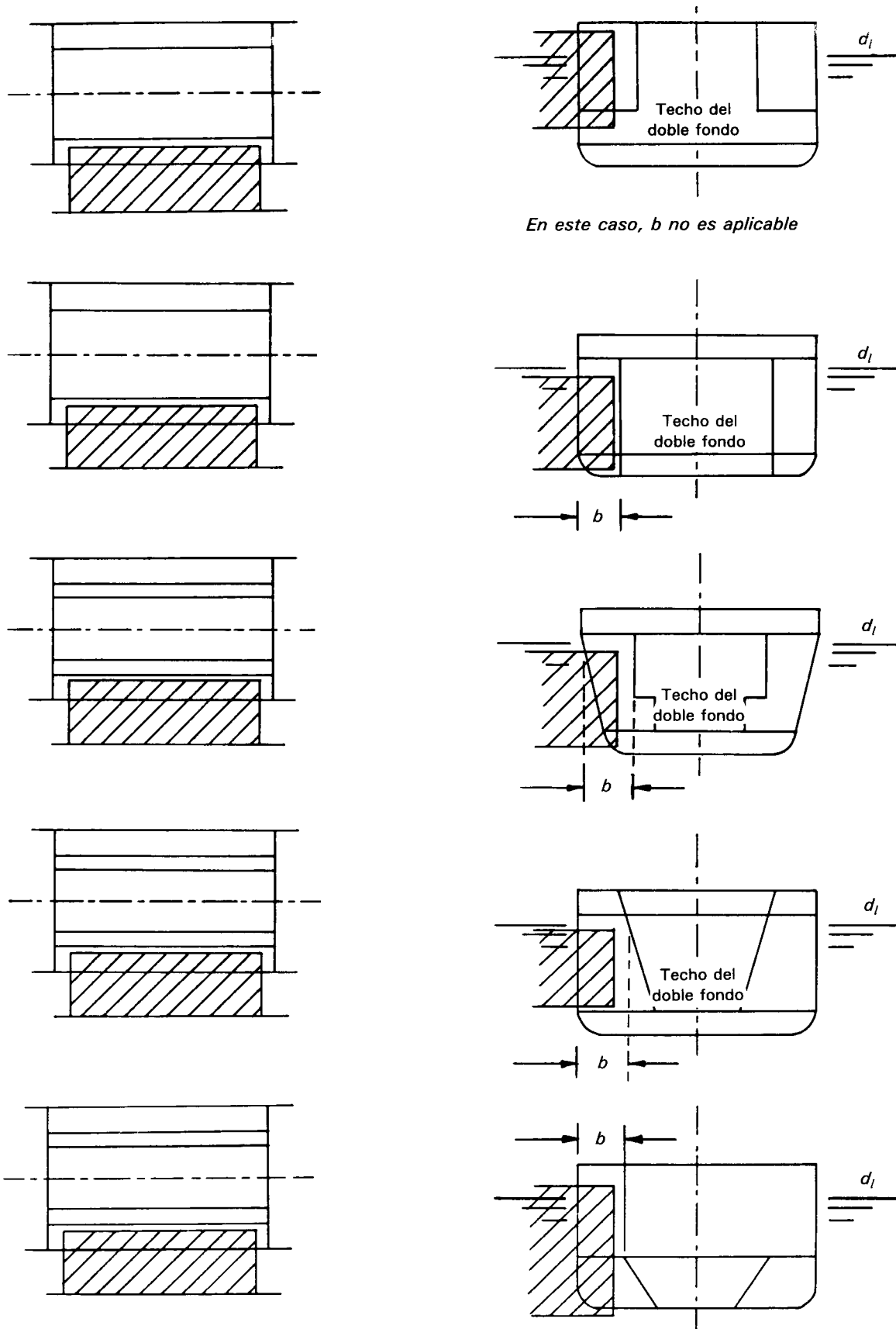


Figura A-8

## Apéndice 3

### 1 Introducción

En este apéndice se describen diversas disposiciones de compartimentado estanco posibles, las consiguientes situaciones hipotéticas de inundación y el método para determinar la correspondiente contribución  $dA$  al índice de subdivisión obtenido  $A$ .

### 2 Definición de los términos y símbolos utilizados

*Nota:* Los subíndices 1, 2, 3, etc., se refieren a los correspondientes espacios de las figuras A-9 a A-12, por ejemplo:

$C_{123}$  es un espacio que comprende los compartimientos  $C_1$ ,  $C_2$  y  $C_3$

$C_{345}$  es un espacio que comprende los compartimientos  $C_3$ ,  $C_4$  y  $C_5$

$s_{67}$  es el factor que representa la probabilidad de conservación de la flotabilidad después de que se inunden los compartimientos  $C_6$  y  $C_7$ , etc.

- > indica la dirección de la avería lateral supuesta
- $dA$  contribución al índice obtenido del caso de avería de que se trate.
- $d$  calado que se esté considerando, que puede ser  $d_l$  o  $d_p$  (o sea, el correspondiente a la línea de máxima carga de compartimentado o a la línea de carga parcial)
- $H_1, H_2$  divisiones horizontales primera y segunda respectivamente, vistas desde la línea base hacia arriba.
- HU división más alta que limita la extensión vertical de la inundación.
- $V_1, V_2$  divisiones longitudinales primera y segunda respectivamente, vistas desde el costado que se supone averiado.
- C denota un compartimiento circundado enteramente por divisiones estancas.
- $C_{123}$  denota un espacio compuesto por los compartimientos  $C_1$ ,  $C_2$  y  $C_3$ , que a los efectos de inundación se considera como un solo espacio.
- denota un compartimiento que queda por fuera de los límites prescritos para todas las situaciones hipotéticas de avería (o sea, el compartimiento permanece intacto en todos los casos de avería supuesta), salvo que se utilice para el adrizamiento por inundación transversal.
- $p_l$  (regla 25-5.1) factor que representa la probabilidad de que la extensión de la avería longitudinal no exceda de la longitud de la zona de avería (longitud  $l$ ) de que se trate.

### 3 Contribución al índice obtenido $A$ mediante la aplicación de varios tipos de compartimentado estanco

En esta sección se explica la contribución al índice obtenido  $A$  de varias combinaciones de compartimentado estanco longitudinal y horizontal, con el fin de ilustrar los conceptos del compartimentado múltiple horizontal y longitudinal.

Para el compartimentado longitudinal múltiple sin divisiones horizontales, la fórmula general es:

$$dA = p_1 \times [r_1 \times s_1 + (r_2 - r_1) \times s_2 + \dots + (1 - r_{m-1}) \times s_m]$$

donde

$m$  = número de divisiones longitudinales, más 1

$r_i$  = valor de  $r$  en función de  $b_i$

$s_i$  = factor  $s$  para el compartimiento  $i$

Para el compartimentado horizontal múltiple sin divisiones longitudinales, la fórmula general es:

$$dA = p_1 \times [v_1 \times s_{\min_1} + (v_2 - v_1) \times s_{\min_2} + \dots + (1 - v_{n-1}) \times s_{\min_n}]$$

donde

- $n$  = número de divisiones horizontales entre la flotación de compartimentado y  $H_{max}$ , más 1
- $v_j$  = valor de  $v$  en función de la altura de la avería supuesta  $H_j$
- $s_{\min_j}$  = el factor  $s$  menor de todas las combinaciones de averías obtenidas cuando la extensión supuesta de la avería va desde la altura de la avería supuesta  $H_j$  hacia abajo.

Por lo general, cuando hay combinaciones de compartimentado longitudinal y horizontal:

$$dA = p_1 \times \{r_1 \times [v_1 s_{\min_{11}} + (v_2 - v_1) \times s_{\min_{12}} + \dots + (1 - v_{n-1}) \times s_{\min_{1n}}] + (r_2 - r_1) \times [v_1 s_{\min_{21}} + (v_2 - v_1) \times s_{\min_{22}} + \dots + (1 - v_{n-1}) \times s_{\min_{2n}}] + \dots + (1 - r_{m-1}) \times [v_1 \times s_{\min_{m1}} + (v_2 - v_1) \times s_{\min_{m2}} + \dots + (1 - v_{n-1}) \times s_{\min_{mn}}]\}$$

donde

- $m$  = número de divisiones longitudinales, más 1
- $n$  = número de divisiones horizontales (dentro de cada compartimiento longitudinal) entre la flotación de compartimentado y  $H_{max}$ , más 1
- $r_i$  = factor  $r$  como función de  $b_i$
- $v_j$  = valor de  $v$  en función de la altura de la avería supuesta  $H_j$
- $s_{\min_{ij}}$  = el factor  $s$  menor de todas las combinaciones de avería obtenidas cuando la avería se extiende desde el forro exterior hasta  $b_i$  y desde la altura de la avería supuesta  $H_j$  hacia abajo.

En los ejemplos siguientes se ilustra la manera de resolver los casos en que se combina el compartimentado longitudinal con el horizontal, suponiendo que la avería se produce entre dos mamparos estancos consecutivos solamente.

No obstante, si la avería afecta a uno o más mamparos estancos, todos los términos  $p_i r_i$ , siendo  $i = 1, 2, \dots, m$ , se calculan para un grupo de compartimientos laterales en función de  $b_i$ .

### 3.1 Ejemplos de compartimentado longitudinal

En la figura A-9 se ilustran varios ejemplos de compartimentado longitudinal únicamente.

Cada parte de la figura muestra los casos de avería que habría que evaluar para una determinada disposición de las divisiones estancas.

En cada caso se facilitan las fórmulas para calcular la contribución al índice obtenido,  $dA$ .

### 3.2 Ejemplos de compartimentado horizontal

En la figura A-10 se ilustran ejemplos de compartimentado horizontal únicamente.

En dicha figura se muestran los principios que se describen en la sección anterior, aplicados al compartimentado horizontal.

La regla 25-4.7 estipula que en el caso de que una menor extensión vertical de la avería represente una contribución inferior al valor de  $A$ , se supondrá dicha extensión en la obtención de los resultados de estabilidad con avería.

### 3.3 Ejemplos de compartimentado longitudinal/horizontal

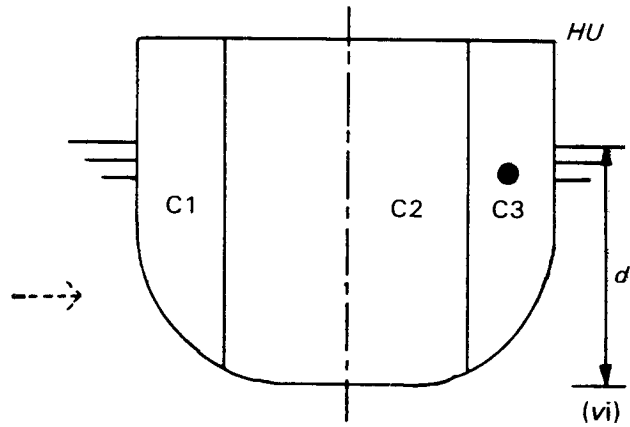
En esta sección se exponen los principios empleados cuando se combina el compartimentado estanco longitudinal con el horizontal que se describen en las dos secciones anteriores. Los ejemplos se presentan en las figuras A-11 y A-12.

Determinación de la contribución al índice de subdivisión obtenido  $A$  ( $dA$ ) en varias situaciones hipotéticas de avería.

**Ejemplos de compartimentado longitudinal múltiple**

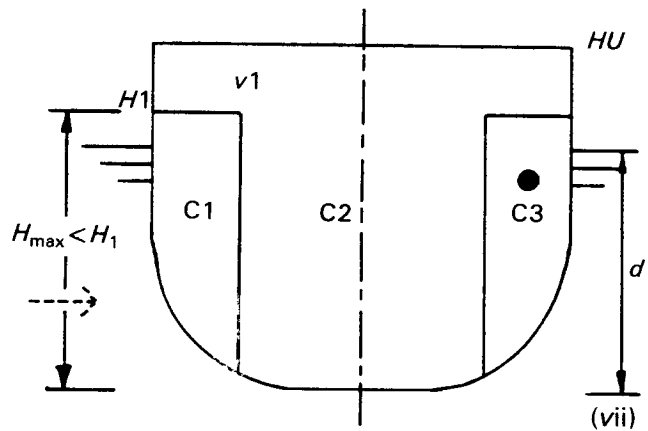
En la figura (vi)

$$dA = p_l \times [r_1 \times s_1 + (1 - r_1) \times s_{12}]$$



En la figura (vii)

$$dA = p_l \times [r_1 \times s_1 + (1 - r_1) \times s_{12}]$$



En la figura (viii)

$$dA = p_l \times [r_1 \times s_1 + (r_2 - r_1) \times s_{12} + (1 - r_2) \times s_{123}]$$

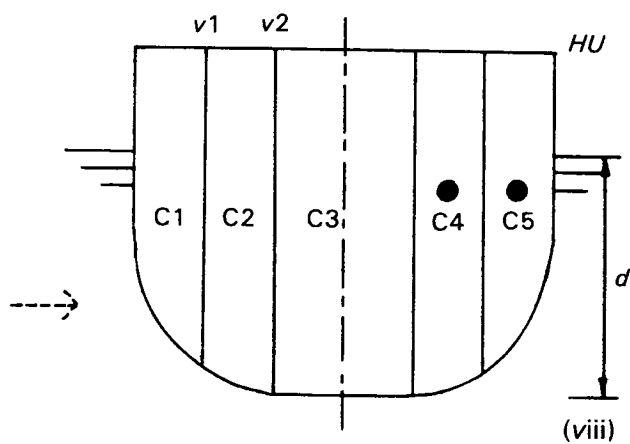


Figura A-9 - Interpretación del compartimentado longitudinal  
(En todos los casos,  $v = 1$ )

Determinación de la contribución al índice de subdivisión obtenido  $A$  ( $dA$ ) en varias situaciones hipotéticas de avería.

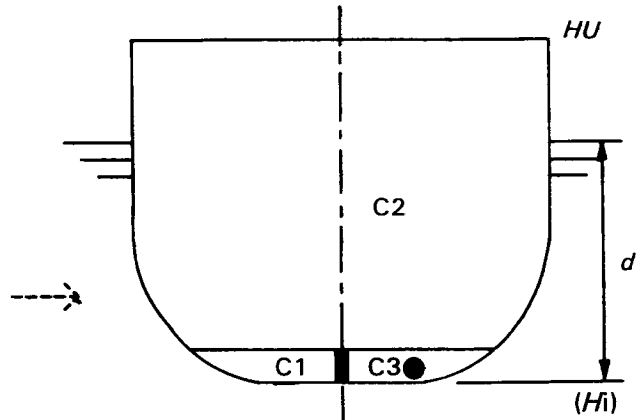
**Ejemplos de compartimentado horizontal múltiple**

En la figura (Hi)

$$dA = p_l \times s_{\min}$$

donde:

$s_{\min}$  = el menor de  $s_{12}$  y  $s_2$



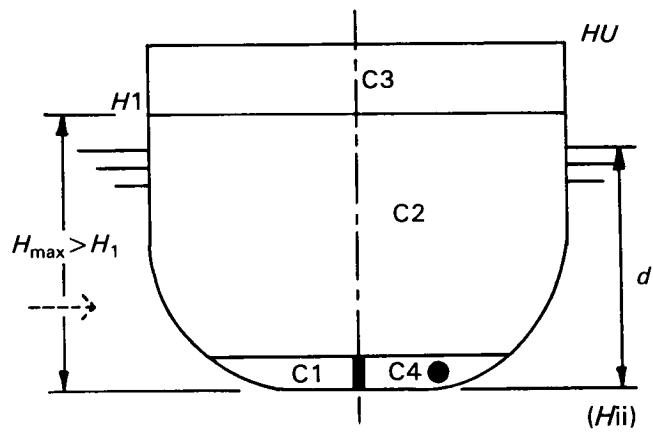
En la figura (Hii)

$$dA = p_l \times [v_1 \times s_{\min_1} + (1 - v_1) \times s_{\min_2}]$$

donde:

$s_{\min_1}$  = el menor de  $s_{12}$  y  $s_2$

$s_{\min_2}$  = el menor de  $s_{123}$  y  $s_{23}$



En la figura (Hiii)

$$dA = p_l \times [v_1 \times s_{\min_1} + (v_2 - v_1) \times s_{\min_2} + (1 - v_2) \times s_{\min_3}]$$

donde:

$s_{\min_1}$  = el menor de  $s_{12}$  y  $s_2$

$s_{\min_2}$  = el menor de  $s_{123}$  y  $s_{23}$

$s_{\min_3}$  = el menor de  $s_{1234}$  y  $s_{234}$

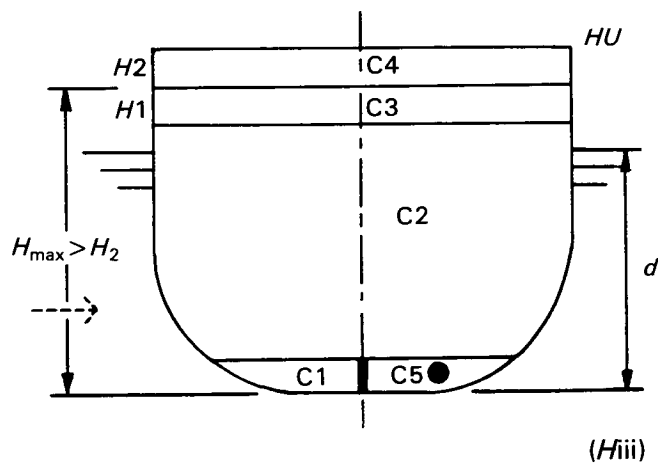


Figura A-10 - Interpretación del compartimentado horizontal múltiple  
(En todos los casos,  $r = 1$ )

Determinación de la contribución al índice de subdivisión obtenido  $A$  ( $dA$ ) en varias situaciones hipotéticas de avería.

**Ejemplos de compartimentado múltiple longitudinal/horizontal**

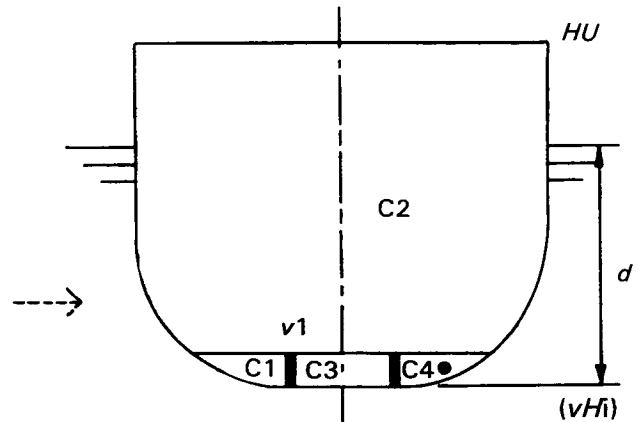
En la figura (vHi)

$$dA = p_l \times [r_1 \times s_{\min_1} + (1 - r_1) \times s_{\min_2}]$$

donde:

$s_{\min_1}$  = el menor de  $s_{12}$  Y  $s_2$

$s_{\min_2}$  = el menor de  $s_{123}$  Y  $s_2$



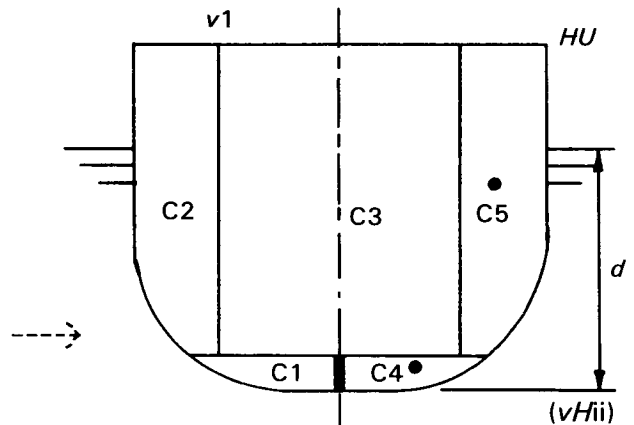
En la figura (vHii)

$$dA = p_l \times [r_1 \times s_{\min_1} + (1 - r_1) \times s_{\min_2}]$$

donde:

$s_{\min_1}$  = el menor de  $s_{12}$  Y  $s_2$

$s_{\min_2}$  = el menor de  $s_{123}$  Y  $s_{23}$



En la figura (vHiii)

$$dA = p_l \times \left\{ r_1 \times [v_1 \times s_{\min_{11}} + (1 - v_1) \times s_{\min_{12}}] + (1 - r_1) \times [v_1 \times s_{\min_{21}} + (1 - v_1) \times s_{\min_{22}}] \right\}$$

donde:

$s_{\min_{11}}$  = el menor de  $s_{123}$  Y  $s_{23}$  Y  $s_3$

$s_{\min_{12}}$  = el menor de  $s_{1234}$  Y  $s_{234}$  Y  $s_{34}$

$s_{\min_{21}}$  = el menor de  $s_{12356}$  Y  $s_{2356}$  Y  $s_{36}$

$s_{\min_{22}}$  = el menor de  $s_{1234567}$  Y  $s_{234567}$  Y  $s_{3467}$

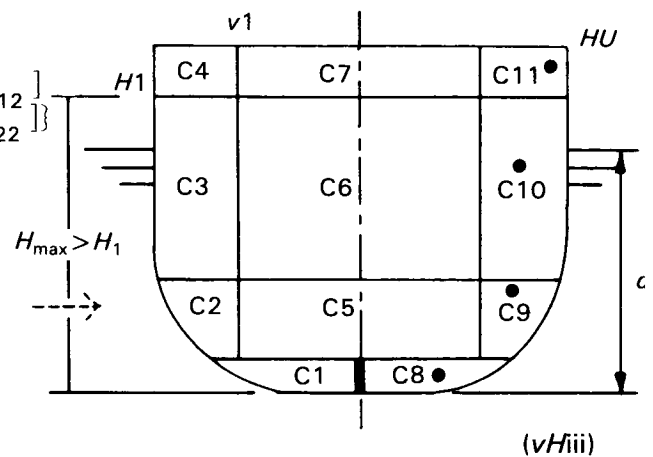


Figura A-11 - Interpretación del compartimentado longitudinal y horizontal combinado

En la figura (vHiv)

$$dA = \rho_l \times \left\{ r_1 \times \left[ v_1 \times s_{\min_{11}} + (1 - v_1) \times s_{\min_{12}} \right] + (1 - r_1) \times \left[ v_1 \times s_{\min_{21}} + (1 - v_1) \times s_{\min_{22}} \right] \right\}$$

donde:

$s_{\min_{11}}$  = el menor de  $s_{1234}$  Y  $s_{234}$  Y  $s_{34}$  Y  $s_4$

$s_{\min_{12}}$  = el menor de  $s_{12345}$  Y  $s_{2345}$  Y  $s_{345}$  Y  $s_{45}$

$s_{\min_{21}}$  = el menor de  $s_{1234678}$   $s_{234678}$  Y  $s_{3478}$  Y  $s_{48}$

$s_{\min_{22}}$  = el menor de  $s_{123456789}$  Y  $s_{23456789}$   
Y  $s_{345789}$  Y  $s_{4589}$

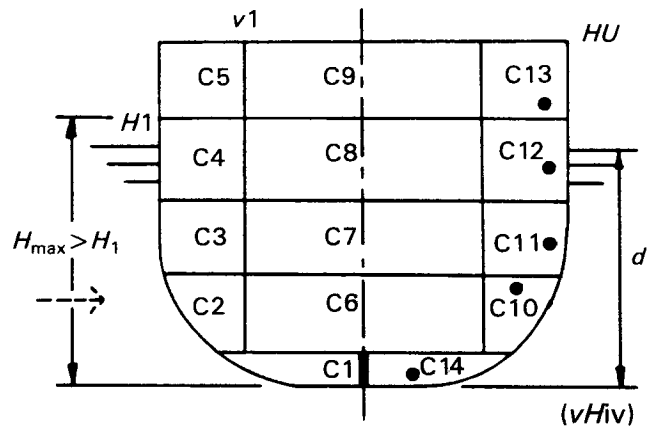


Figura A-12 - Interpretación del compartimentado longitudinal y horizontal combinado