

PARTE 8

REQUERIMIENTOS DE PLANTA

8.1. ALCANCE DEL CAPITULO	247
8.2. DISPOSICIONES GENERALES SOBRE ORGANIZACION DEL TRAFICO MARITIMO	248
8.2.1. AMBITO DE APLICACION	248
8.2.2. OBJETIVOS	248
8.3. DETERMINACION DE LA CONFIGURACION Y DIMENSIONES EN PLANTA DE LAS AREAS DE NAVEGACION Y FLOTACION	249
8.4. VIAS DE NAVEGACION	250
8.4.1. FACTORES QUE AFECTAN A SU PROYECTO	250
8.4.2. RECOMENDACIONES GENERALES DE TRAZADO	251
8.4.3. ANCHURA DE LAS VIAS DE NAVEGACION	252
8.4.3.1. CRITERIOS GENERALES	252
8.4.3.2. DETERMINACION DE LA ANCHURA NOMINAL « B_n » POR EL METODO DETERMINISTICO	252
8.4.3.3. DETERMINACION DE LA ANCHURA NOMINAL « B_n » POR EL METODO SEMIPROBABILISTICO	274
8.4.4. PUNTO DE NO RETORNO	275
8.4.5. BALIZAMIENTO DE LAS VIAS DE NAVEGACION	276
8.5. BOCANAS DE PUERTOS	287
8.5.1. FACTORES QUE AFECTAN A SU PROYECTO	287
8.5.2. CONDICIONES IMPUESTAS POR LA NAVEGABILIDAD	287
8.5.3. ANCHURA MINIMA DE LA BOCANA DEL PUERTO	289
8.5.4. BALIZAMIENTO DE LA BOCANA DEL PUERTO	289
8.6. AREAS DE MANIOBRA	289
8.6.1. CONCEPTO	289
8.6.2. FACTORES QUE AFECTAN A SU DIMENSIONAMIENTO	289

8.6.3.	DIMENSIONAMIENTO DE LA ZONA DE PARADA DEL BUQUE	290
8.6.3.1.	DIMENSIONAMIENTO POR METODOS DETERMINISTICOS	290
8.6.3.2.	DIMENSIONAMIENTO POR METODOS PROBABILISTICOS	297
8.6.3.3.	PARADA FUERA DE AGUAS PROTEGIDAS	298
8.6.4.	DIMENSIONAMIENTO DE LAS ZONAS DE MANIOBRAS DE REVIRO	299
8.6.4.1.	DIMENSIONAMIENTO POR METODOS DETERMINISTICOS	299
8.6.4.2.	DIMENSIONAMIENTO POR METODOS SEMIPROBABILISTI- COS	304
8.6.5.	DIMENSIONAMIENTO DE LA ZONA DE ARRANCADA DE BUQUES	306
8.6.6.	BALIZAMIENTO DE LAS AREAS DE MANIOBRAS	306
8.7.	FONDEADEROS	306
8.7.1.	DEFINICION	306
8.7.2.	FACTORES QUE AFECTAN A SU PROYECTO	307
8.7.3.	DIMENSIONES DE LOS FONDEADEROS	309
8.7.4.	BALIZAMIENTO DE LOS FONDEADEROS	316
8.8.	AMARRADEROS Y CAMPOS DE BOYA	316
8.8.1.	DEFINICION	316
8.8.2.	FACTORES QUE AFECTAN A SU DIMENSIONAMIENTO	316
8.8.3.	DIMENSIONES DE LAS AREAS DE FLOTACION REQUERIDAS	316
8.8.4.	CONDICIONES OPERATIVAS	319
8.8.5.	BALIZAMIENTO DE LOS AMARRADEROS Y CAMPOS DE BOYAS	319
8.9.	CONDICIONES COMUNES APLICABLES A VIAS DE NA- VEGACION, AREAS DE MANIOBRAS, FONDEADEROS, ANTEPUERTOS, AMARRADEROS Y CAMPOS DE BOYAS	322
8.10.	DARSENAS Y MUELLES	324
8.10.1.	FACTORES QUE AFECTAN A SU DIMENSIONAMIENTO	324
8.10.2.	ACCESIBILIDAD NAUTICA A LAS DARSENAS	325
8.10.3.	DIMENSIONES DE LAS DARSENAS	327
8.10.4.	RECOMENDACIONES ESPECIFICAS PARA DARSENAS DE EM- BARCACIONES DEPORTIVAS	336
8.10.5.	CONDICIONES LIMITES DE OPERACION	339
8.10.6.	BALIZAMIENTO DE LAS DARSENAS Y SEÑALIZACION DE MUE- LLES	341

8.11. INSTALACIONES ESPECIALES	341
8.11.1. ESCLUSAS.....	341
8.11.2. DIQUES SECOS Y MUELLES ESPECIALES.....	342
8.11.3. ZONAS DE VARADA DE EMERGENCIA	343
8.12. CONDICIONES LIMITES DE OPERACION	343

Indice

8.01.	Anchura de las vías de tramo recto con un solo carril de navegación	253
8.02.	Navegación en tramos rectos con condiciones climáticas variables a lo largo de la traza	260
8.03.	Configuración tramos rectos con condiciones climáticas variables una sola vía de navegación	262
8.04.	Sobreancho debido al rabeo de la popa	262
8.05.	Configuración geométrica tramos curvos soluciones con márgenes rectas	264
8.06.	Configuración geométrica tramos curvos soluciones con márgenes curvas	265
8.07.	Anchura de las vías de tramo recto con dos carriles de navegación. Operación con dos buques del mismo porte	267
8.08.	Anchura de las vías de tramo recto con dos carriles de navegación. Operación con dos buques de distinto porte	268
8.09.	Configuración tramos rectos con condiciones climáticas variables. Dos vías de navegación	269
8.10.	Tramo para adelantamiento de buques	272
8.11.	Tramo para cruzamiento de buques	273
8.12.	Dimensionamiento de vías navegables por el método semiprobabilístico	276
8.13.	Sistemas de balizamiento marítimo (AISM)	278
8.14.	Sistemas de balizamiento marítimo (AISM)	278
8.15.	Sistemas de balizamiento marítimo (AISM)	279
8.16.	Sistemas de balizamiento marítimo (AISM)	279
8.17.	Sistemas de balizamiento marítimo (AISM)	280
8.18.	Sistemas de balizamiento marítimo (AISM)	280
8.19.	Sistemas de balizamiento marítimo (AISM)	281
8.20.	Sistemas de balizamiento marítimo (AISM)	281
8.21.	Balizamiento de tramos curvos. Soluciones con márgenes rectas	282
8.22.	Configuración geométrica tramos curvos. Soluciones con márgenes curvas	283
8.23.	Balizamiento de tramos rectos con condiciones climáticas variables. Dos vías de navegación	284
8.24.	Balizamiento de tramo para adelantamiento de buques	285
8.25.	Balizamiento de tramo para cruzamiento de buques	286
8.26.	Parada en tramo recto	291
8.27.	Tramo final de la distancia de parada terminando en área de reviro dimensionada sin remolcadores	292

8.28.	Tramo final de la distancia de parada terminando en área de reviro dimensionada con remolcadores	293
8.29.	Parada en círculo	294
8.30.	Parada en trayectoria mixta	296
8.31.	Parada fuera de áreas adecuadas para las maniobras de reviro y atraque	299
8.32.	Area de reviro sin ayuda de remolcadores ni fondeo de anclas	300
8.33.	Area de reviro sin ayuda de remolcadores y con fondeo de anclas	301
8.34.	Area de reviro con ayuda de remolcadores	303
8.35.	Radio de borneo de un buque fondeado a la gira	310
8.36.	Superficie para el fondeo con dos anclas por proa a barba de gato	311
8.37.	Superficie para el fondeo con dos anclas por proa a la entrante y vaciante	312
8.38.	Superficie para el fondeo con ancla en proa y en popa	313
8.39.	Radio de borneo de un buque amarrado a una boya por proa	317
8.40.	Superficie para el amarre con dos boyas, una en proa y otra en popa	319
8.41.	Superficie para el fondeo con dos anclas por proa y amarre a dos boyas por popa	320
8.42.	Superficie para el amarre a dos boyas por proa y dos boyas por popa	321
8.43.	Superficie para el fondeo con dos anclas por proa y amarre a tres boyas por popa	322
8.44.	Superficie para el amarre en campo de boyas	323
8.45.	Zona de reviro en la boca de la dársena	326
8.46.	Zona de reviro desplazada del eje de la dársena (dibujada para maniobras con remolcadores y sin variaciones geométricas del área de reviro)	327
8.47.	Zona de reviro interconectada con dársena	328
8.48.	Resguardos en línea de atraque	329
8.49.	Anchura de dársenas. Condicionantes debidos al uso del muelle transversal	331
8.50.	Anchura de dársenas, alineaciones longitudinales con dos muelles	332
8.51.	Anchura de dársenas. Alineaciones longitudinales con un muelle	333
8.52.	Anchura de dársenas con abarloadamiento de buques en muelles longitudinales	334
8.53.	Anchura de dársenas con atraque de buques de punta o a la mediterránea en muelle longitudinal	335
8.54.	Dársenas con atraque de buques a la mediterránea en muelle transversal	337
8.55.	Configuración típica para embarcaciones deportivas	338
8.56.	Configuración típica de una esclusa	342

Indice

8.1. Condiciones límites de operación de buques en muelles y pantalanes..... 339

8.2. Tiempos medios aceptables de cierre de un area por presentarse con-
diciones climáticas adversas (superiores a las establecidas como límites
de operación para los buques de proyecto)..... 345

PARTE 8

8.1. ALCANCE DEL CAPITULO

8.1.1. El presente capítulo recoge los criterios para la definición geométrica en planta de las Areas de Navegación y Flotación de los puertos y otras instalaciones portuarias, ya sean marítimas, fluviales o lacustres. La configuración y dimensiones en planta de las diferentes Areas de Navegación y Flotación podrán ser variables, estableciéndose en cada una de ellas teniendo en cuenta la vida útil de la instalación, las condiciones de operatividad admitidas para las mismas, la disponibilidad de remolcadores, el número y tipos de ayudas a la navegación, las características y distribución del tráfico de buques, los costos de construcción y mantenimiento y otros aspectos indicados en el Capítulo 2. La configuración y dimensiones que se adopten deberán permitir durante todo el tiempo y condiciones de operatividad que se establezcan para la instalación, la navegación, maniobras, permanencia y carga o descarga de los buques, en condiciones de seguridad, para todos los barcos que utilicen dichas Areas de Navegación y Flotación.

El procedimiento para determinar esta definición geométrica sigue los criterios generales establecidos en el apartado 2.5, es decir:

- Calcular los espacios ocupados por los buques, que dependen por una parte del propio buque y de los factores que afectan a su maniobrabilidad y por otra de los sistemas de balizamiento y ayudas a la navegación.
- Incrementar estos espacios en los Márgenes de Seguridad.
- Comparar estos requerimientos de espacio con los disponibles o exigibles en el emplazamiento.

8.1.2. Dado que la navegación de acceso y salida de buques a puertos e instalaciones análogas corresponde a las etapas inicial y final de la navegación de buques, se comienza el capítulo recogiendo en su apartado 8.2 una introducción a las disposiciones generales sobre organización del tráfico marítimo establecidas por la Organización Marítima Internacional (OMI), que es el organismo competente a nivel internacional para la regulación de esta materia. Estas disposiciones están referidas a las zonas de convergencia o gran densidad de tráficos marítimos o a aquellas otras en las que la libertad de movimientos de los buques se ve disminuida por restricciones de espacio, obstáculos para la navegación, limitaciones de profundidad o condiciones meteorológicas desfavorables. Estas regulaciones, que están formuladas con criterio de generalidad, son aplicables fundamentalmente a la navegación exterior a los puertos, si bien deben considerarse como guía para el diseño de las Areas de Navegación y Flotación específicamente portuarias, que se regulan con mayor detalle dentro de esta Recomendación.

8.1.3. Por lo que se refiere a estas áreas de Acceso y Flotación de los puertos, su análisis se realiza en los apartados 8.4 a 8.11 con la ordenación y contenido siguientes:

- Vías de navegación, que comprenden las rutas de aproximación, canales de acceso y canales interiores.
- Bocanas de puertos.
- Areas de maniobras, comprendiendo las zonas necesarias para la parada y el reviro del buque.
- Fondeaderos y antepuertos.
- Amarraderos y campos de boyas.

- Dársenas y muelles.
- Areas de emergencia.
- Instalaciones especiales (astilleros, esclusas, etc.).

8.1.4. Adicionalmente a estos criterios de dimensionamiento, se recogen en el apartado 8.12 denominado «Condiciones límites de operación» los valores de las variables climáticas marítimas y meteorológicas (vientos, oleajes, corrientes, etc.) que vienen utilizándose habitualmente como límites para la realización de las diferentes maniobras de navegación, acceso, reviro, atraque, permanencia o salida de los buques en las distintas Areas de Navegación o Flotación. De los valores que finalmente se adopten para estas variables climáticas dependerá no sólo las dimensiones del área que se analice, sino también los requerimientos de remolcadores y ayudas a la navegación, así como los porcentajes de inoperatividad de la zona que se considere. Estos valores, en el supuesto de que se adopten, o los que en cada caso particular se establezcan, deberán incorporarse a las Normas de Operación del puerto o instalación portuaria que se considere, sin perjuicio de las mejoras que puedan establecerse para operación de buques menores del de diseño (ver apartado 3.1) o para diferentes combinaciones de variables climáticas, tal como se esboza en el apartado 8.12.

8.1.5. La presente ROM establece criterios para el proyecto de las diferentes Areas de Navegación y Flotación en función de los buques que pueden operar en ellos, pero no entra en el análisis de la capacidad de estas Areas. El número de carriles de circulación que haya de tener una vía de Navegación, o el número de estaciones de fondeo, o el número de muelles o puntos de atraque, o cualquier otro aspecto relacionado con la capacidad de estas Areas depende fundamentalmente de las previsiones de tráfico en los diferentes años horizonte y de otros muchos aspectos de planificación, explotación y equipamiento de la instalación que se considere, cuya evaluación técnica y económica excede del alcance de esta ROM.

8.2. DISPOSICIONES GENERALES SOBRE ORGANIZACION DEL TRAFICO MARITIMO

8.2.1. AMBITO DE APLICACION

El contenido del apartado 8.2 está tomado literalmente de la Resolución A.572 (14) de la Organización Marítima Internacional (OMI) de fecha 20 de Noviembre de 1985. La OMI es el único organismo internacional con competencia reconocida para establecer y recomendar a nivel internacional medidas relativas a la organización del tráfico marítimo.

La selección y el establecimiento de los sistemas de organización del tráfico incumben principalmente a los Gobiernos interesados.

El Gobierno que proponga un nuevo sistema de organización del tráfico o una modificación de un sistema ya aprobado, que en parte rebase sus aguas territoriales, deberá consultar a la OMI para que ésta apruebe o modifique dicho sistema a los efectos de la navegación internacional.

A los Gobiernos que establezcan dispositivos de separación del tráfico totalmente comprendidos en sus aguas territoriales se les pide que en la concepción de los mismos se ajusten a los criterios de la OMI aplicables a tales dispositivos y que los sometan a la OMI a fines de aprobación. Si un Gobierno, por la razón que fuese, decide no someter un dispositivo de separación del tráfico a la consideración de la OMI, hará que, cuando el dispositivo sea dado a conocer a los navegantes, en las cartas y en las publicaciones náuticas aparezcan indicaciones claras en cuanto a las reglas aplicables al mismo.

La resolución A.572 (14), que se reproduce en el Anejo n.º solamente en sus aspectos técnicos, recoge además los Procedimientos para la tramitación, aprobación e implantación de los Sistemas de Organización del tráfico marítimo.

8.2.2. OBJETIVOS

- a) La organización del tráfico marítimo tiene por objeto acrecentar la seguridad de la navegación en las zonas de convergencia y en aquellas otras en que hay gran densidad de tráfico o en las que la libertad de movimiento de los buques se ve disminuida por

restricciones de espacio, obstáculos para la navegación, limitaciones de profundidad o condiciones meteorológicas desfavorables.

b) Los objetivos concretos de todo sistema de organización del tráfico dependerán de las circunstancias de peligro que se quieran atenuar en cada caso, pero entre ellos podrán figurar algunos de los siguientes, en su totalidad o en parte:

1. Separar corrientes de tráfico opuestas a fin de reducir la frecuencia de casos en que los buques lleven rumbos encontrados;
2. Reducir los peligros de abordaje entre buques que crucen vías de circulación establecidas y los que naveguen por estas vías;
3. Simplificar las características de la corriente del tráfico en las zonas de convergencia;
4. Organizar un tráfico seguro en zonas de gran densidad de exploración o explotación mar adentro;
5. Organizar el tráfico dentro de zonas en que la navegación sea peligrosa o no aconsejable para todos los buques o para ciertas clases de buques, o alrededor de dichas zonas;
6. Reducir riesgos de varada dando a los buques orientación especial en las zonas en que sea incierta o crítica la profundidad del agua;
7. Encauzar el tráfico separándolo de los caladeros u organizarlo a través de éstos.

8.3. DETERMINACION DE LA CONFIGURACION Y DIMENSIONES EN PLANTA DE LAS AREAS DE NAVEGACION Y FLOTACION

8.3.1. La determinación de la configuración y dimensiones en planta necesarias en las diferentes Areas de Navegación y Flotación se realizará en cada caso tomando en consideración los factores siguientes:

- El tamaño, dimensiones y características de maniobrabilidad de los buques y los factores relacionados con los barcos, incluida la disponibilidad de remolcadores, de los que depende la superficie necesaria para la realización de la navegación, maniobras o permanencia de los buques en el Area que se considere (B_1).
- Las ayudas a la navegación disponibles y los factores que afectan a su exactitud y fiabilidad, que determinarán las líneas o puntos de referencia para emplazar el buque (B_2).
- Los márgenes de seguridad que se establezcan para prevenir un contacto del buque con los contornos de las Areas de Navegación o Flotación, o con otras embarcaciones u objetos fijos o flotantes que puedan existir en el entorno. La valoración de estos márgenes de seguridad se incluye dentro del bloque de factores B_1 .

La consideración de los factores anteriores cuantificará la superficie y dimensiones mínimas requeridas en planta, o dimensiones nominales, que deberán ser exigidas a las profundidades nominales de agua si se analiza la utilización de espacios de agua o en los gálidos aéreos si se trata de la ocupación de estos espacios, calculadas ambas (profundidad nominal y gálibo) con los criterios recogidos en la Sección VII. Estas superficies horizontales, para poder quedar garantizadas como espacios disponibles en el emplazamiento tal como se especifica en el apartado 2.5, exigirán tomar además en consideración un conjunto de factores relacionados con los contornos (B_3).

Adicionalmente a estos factores que son específicos de la navegación y flotación del buque, será necesario tomar en cada caso otros condicionantes ajenos a esta función, que pueden resultar determinantes para el diseño del Area que se analice. El estudio de estos aspectos excede del alcance de esta ROM, si bien en cada caso concreto se recoge una relación de los más significativos con objeto de que se tenga presente al efectuar el dimensionamiento correspondiente.

8.3.2. En la actualidad no se dispone de un modelo de análisis integral que tome en consideración todos los factores, por lo que el dimensionamiento en planta de las Areas de

Navegación y Fondeo se viene realizando habitualmente por algunos de los procedimientos siguientes:

- Métodos totalmente empíricos que fijan las dimensiones en función de criterios de buena práctica de ingeniería.
- Métodos semiempíricos, que combinan el análisis matemático de algunos de los factores, con la consideración empírica de los restantes.
- Simulación mediante modelos con ordenador con pilotos humanos o mediante el uso de pilotos automáticos, en combinación con el análisis estadístico de los resultados obtenidos.

En la presente Recomendación y tal como se expuso en el apartado 2.4.2 se establecen dos procedimientos: determinístico y semiprobabilístico, de los cuales el primero es semiempírico y el segundo está basado en la utilización del simulador mediante modelos con pilotos humanos, y ambos permiten asociar al dimensionamiento a las condiciones de operación que se establezcan en cada caso y al riesgo que se haya fijado para el proyecto. En ambos casos los Márgenes de Seguridad (B_3) se determinan empíricamente.

En la Sección 9 de esta ROM se analiza la utilización de modelos de simulación y se establecen recomendaciones sobre la conveniencia de recurrir a este tipo de estudios, que en general serán más necesarios en los supuestos siguientes:

- Cuando las condiciones climáticas marítimas o meteorológicas sean variables en el Area que se analice.
- Cuando las maniobras se efectúen con pilotos manuales y la disponibilidad de espacios en planta no permita desarrollar las soluciones recomendadas por métodos determinísticos.
- Cuando se desee optimizar el proyecto dimensionado por métodos determinísticos, entendiéndose que el proyecto comprende los elementos definidos en el apartado 2.3 (configuración geométrica, sistemas de señalización y balizamiento, condiciones climáticas límites de operación y disponibilidad de remolcadores).
- Cuando se trate de establecer soluciones de consenso o para el entrenamiento de operadores que vayan a intervenir en la navegación o maniobras.

8.4. VIAS DE NAVEGACION

8.4.1. FACTORES QUE AFECTAN A SU PROYECTO

El proyecto de una vía de navegación depende principalmente de los siguientes factores:

- El tamaño, dimensiones y características de maniobrabilidad de los buques más desfavorables que se prevé recibir (que pudieran no ser los mayores, por lo que habitualmente se precisará analizar diversos tipos de buques); en el supuesto de que el estudio se realice considerando la flota subdividida en tramos se considerará el más desfavorable de cada tramo.
- El volumen y naturaleza del tráfico, así como las velocidades admisibles de navegación.
- El tipo de navegación que se prevea realizar, en función del número de vías de circulación disponibles.
- Las características geométricas de la alineación de la vía navegable y las condiciones del entorno en que se encuentre situada.
- El tipo de las ayudas a la navegación, así como sus características de exactitud y disponibilidad.
- La profundidad y características geométricas transversales de la vía navegable.
- La estabilidad de los taludes de la vía navegable.

- Las condiciones climáticas marítimas y meteorológicas existentes en la zona, especialmente la naturaleza e intensidad de las corrientes transversales y muy destacadamente la variación de estas corrientes a lo largo del eje de la vía navegable.
- La experiencia de los operadores de la vía navegable

Para la aplicación de cualquiera de los dos métodos establecidos en esta ROM (determinístico o semiprobabilístico) se partirá de una traza de la vía de navegación, determinándose a continuación la anchura requerida en todas sus secciones críticas, para establecer posteriormente las transiciones de anchura entre los diferentes tramos. El procedimiento será iterativo en la medida en que la consideración de los diferentes factores obligue a reconsiderar alguno de los parámetros iniciales de diseño.

8.4.2. RECOMENDACIONES GENERALES DE TRAZADO

Aunque el trazado en planta de las vías navegables depende en gran medida de las condiciones locales, pueden establecerse las siguientes recomendaciones generales a tomar en consideración en el diseño:

- La vía de navegación debe ser lo más rectilínea posible, evitando trazados en S (curva seguida de contracurva).
- La vía navegable deberá seguir, si es factible, la dirección de las corrientes principales, de manera que se minimice el efecto de las corrientes transversales. Este criterio también deberá seguirse con vientos y oleajes, si bien será más difícil de conseguir dado que normalmente provendrán de diversas direcciones.
- La vía de navegación debe evitar las áreas de acreción o depósito de sedimentos, para minimizar los costos de mantenimiento.
- Las vías de navegación de aproximación se orientarán si es factible, de manera que se eviten los temporales de través, es decir, orientándolas preferentemente en la dirección del oleaje reinante o cuanto más formando ángulo de hasta $15/20^\circ$ entre eje de la vía de navegación y la dirección de estos oleajes reinantes.
- Las vías de navegación de aproximación a las bocas de los puertos deben ser preferentemente rectas evitando curvas en o próximas a la entrada del puerto, de manera que se evite la necesidad de que los buques tengan que efectuar correcciones de rumbo en una zona difícil y crítica para la navegación. Si fuere imprescindible disponer curvas se situarán, si es posible, de manera que la vía de navegación cumpla las condiciones recomendadas para paso de secciones estrechas.
- El trazado de las vías de navegación tratará de evitar que los barcos tengan que efectuar la aproximación a muelles y atraques transversalmente a ellos, lo que podría producir un accidente en caso de pérdida de control del buque. De ser posible la vía de navegación deberá quedar situada paralela a muelles y atraques para que esta maniobra se efectúe con mínimo riesgo. Esta precaución se extremará en caso de tratarse de tráfico de mercancías peligrosas.
- El paso de secciones estrechas (puentes, bocanas, etc.) se efectuará en tramos rectos bien balizados de la vía navegable, manteniendo la alineación recta en una distancia mínima de 5 esloras (L) del buque máximo, a uno y otro lado de la sección estrecha.
- En caso de precisarse curvas es mejor una sola curva que una secuencia de pequeñas curvas a cortos intervalos, siempre y cuando la vía navegable esté correctamente balizada.
- El radio de las curvas será como mínimo de 5 esloras (L) del buque de mayores dimensiones que se prevé utilizará la vía navegable, utilizándose preferiblemente radios de 10 esloras (L) o más si es factible; los valores mayores se utilizarán cuanto más grande sea el ángulo entre las alineaciones rectas que definen la curva.
- La longitud de los tramos curvos no debe ser mayor que la mitad del radio de la curva, lo que significa que el ángulo entre alineaciones rectas no debe ser superior a 30° , si es factible.
- Los tramos rectos situados entre curvas deben tener, si es factible, una longitud de 10 veces la eslora (L) del buque mayor que se prevea utilizará la vía navegable.

- La distancia de visibilidad medida en el eje de la vía de navegación debe ser superior a la distancia de parada del buque de diseño suponiendo que navega a la velocidad máxima de navegación admisible en la vía.
- Las transiciones entre tramos de diferente anchura se efectuarán ajustando las líneas límites o de limitación mediante alineaciones rectas con variaciones en planta no mayores de 1:10 (preferentemente 1:20) en cada una de ellas.

8.4.3. ANCHURA DE LAS VIAS DE NAVEGACION

8.4.3.1. CRITERIOS GENERALES

La anchura de la vía de navegación, medida perpendicularmente al eje longitudinal de la vía, se determinará como suma de los términos siguientes:

$$B_t = B_n + B_r$$

en donde:

B_t = Anchura total de la vía de navegación

B_n = Anchura nominal de la vía de navegación o espacio libre que debe quedar permanentemente disponible para la navegación de los buques, incluyendo los Márgenes de Seguridad. Esta anchura nominal incluye por tanto la influencia de todos los factores designados como B_1 y B_2 en el apartado 8.3.1.

B_r = Anchura adicional de reserva para tomar en consideración los factores (B_3) relacionados con los contornos. (Por ejemplo reserva para inestabilidad de los taludes en el caso de que los contornos de la vía de navegación estén resueltos con esta tipología estructural). Esta anchura podrá ser diferente a una y otra margen « B_{ri} » o « B_{rd} » según la naturaleza y características de las mismas.

La anchura total « B_t » se medirá en el punto más estrecho de la sección transversal de la vía de navegación, que, tratándose de espacios de agua, normalmente coincidirá con la anchura entre taludes o cajeros de las márgenes de la vía medida a la profundidad nominal de la vía de navegación correspondiente al buque de diseño.

En el supuesto de que se desarrollen muelles o atraques o cualquier otro tipo de instalación en las márgenes de la vía de navegación, los espacios requeridos para su implantación y operación con los márgenes de seguridad que se establezcan, se situarán fuera de la anchura total « B_t » de la vía de navegación. A falta de criterios específicos se mantendrá una reserva de espacio de 2,5 veces la manga del buque de diseño, entre el límite del canal y cualquier barco que pudiera estar atracado en los muelles contiguos. Asimismo se mantendrá este espacio de reserva de 2,5 B, entre el límite del canal y la posición más avanzada que pudiera alcanzar un buque fondeado o amarrado en sus proximidades.

La determinación de la anchura nominal « B_n » de la vía de navegación se calculará de acuerdo con los criterios siguientes, según se utilice el método determinístico o el semiprobabilístico.

8.4.3.2. DETERMINACION DE LA ANCHURA NOMINAL « B_n » POR EL METODO DETERMINISTICO

a) VIAS CON UN SOLO CARRIL DE NAVEGACION

1. Navegación en tramos rectos con condiciones climáticas constantes a lo largo de la traza

La anchura nominal mínima de una vía de navegación de tramo recto, dotada de un solo carril (sin posibilidad por tanto de efectuar maniobras de cruzamiento o adelantamiento de buques), en el supuesto de que las condiciones climáticas marítimas y meteorológicas (vientos, oleajes y corrientes) sean constantes a lo largo de la traza, se determinará como suma de las dimensiones siguientes (ver fig. 8.01)

$$B_n = B + b_d + 2(b_e + b_r + b_b) + (rh_{sm} + rh_{sd})_i + (rh_{sm} + rh_{sd})_d$$

siendo:

B = Manga máxima de los buques que circularán por la vía de navegación.

- Para derivas ocasionadas únicamente por la acción del viento (en este caso también denominadas abatimientos)

$$\beta = \arcsen \frac{K_v \cdot C_v \cdot C_{sr} \cdot \sen \alpha_{vr}}{V_r}$$

siendo:

K_v = Coeficiente dependiente de la forma del casco, de la relación h/D entre la profundidad de agua en el emplazamiento (h) y el calado del buque (D) y del ángulo α_{vr}

Para el caso de cascos con proa de bulbo, el coeficiente K_v podrá obtenerse interpolando linealmente entre los valores siguientes:

h/D	K_v			
	$\alpha_{vr} \leq 10^\circ$	$\alpha_{vr} = 30^\circ$	$\alpha_{vr} = 60^\circ$	$\alpha_{vr} = 90^\circ$
≤ 1.20	0,0343	0,0227	0,0184	0,0172
2.00	0,0402	0,0266	0,0216	0,0201
≥ 5.00	0,0423	0,0280	0,0227	0,0211

Para el caso de cascos con proa convencional, el coeficiente K_v podrá obtenerse interpolando linealmente entre los valores siguientes:

h/D	K_v			
	$\alpha_{vr} \leq 10^\circ$	$\alpha_{vr} = 30^\circ$	$\alpha_{vr} = 60^\circ$	$\alpha_{vr} = 90^\circ$
≤ 1.20	0,0243	0,0161	0,0130	0,0121
2.00	0,0255	0,0168	0,0136	0,0127
≥ 5.00	0,0259	0,0171	0,0139	0,0129

$$C_v = \left(\frac{A_{LV}}{A_{LC}} \right)^{0.5}$$

A_{LV} = Area de la proyección longitudinal del buque expuesta a la acción del viento. Para su determinación ver apartado 4.8.

A_{LC} = Area longitudinal sumergida del buque proyectada sobre el plano de crujía. Para su determinación ver apartado 4.8.

V_{vr} = Velocidad relativa del viento referida al buque analizado. Para su determinación se partirá de los valores absolutos de la velocidad del viento que se consideren como límite de operación de la vía navegable.

V_r = Velocidad relativa del buque referida al agua. Para su cuantificación se seguirán los criterios establecidos en el apartado 7.2.3.4.3 adoptando los valores menores de la velocidad del buque que sean compatibles con la navegación analizada.

α_{vr} = Ángulo entre la dirección del viento relativo (de donde viene) y el plano de crujía del buque.

- Para derivas ocasionadas únicamente por la acción de la corriente

$$\beta = \arctg \frac{V_c \cdot \sen \alpha_{cv}}{V + V_c \cdot \cos \alpha_{cv}}$$

siendo:

V_c = Velocidad absoluta de la corriente que se considere como límite de operación de la vía navegable.

- V = Velocidad absoluta del buque con respecto al fondo. Para su cuantificación se seguirán los criterios establecidos en el apartado 7.2.3.4.3 adoptando los valores menores de la velocidad del buque que sean compatibles con la navegación analizada.
- α_{cv} = Angulo entre la dirección de la corriente absoluta (de donde viene) y la velocidad absoluta del buque.

- Para derivas ocasionadas únicamente por la acción del oleaje

$$\beta = \arcsen \left[K_w \cdot \left(\frac{g}{D} \right)^{0.5} \cdot \frac{H_s}{V_r} \right]$$

siendo:

- K_w = Coeficiente dependiente de la forma del casco, de la relación h/D entre la profundidad del agua en el emplazamiento (h) y el calado del buque (D) y del ángulo α_w (Se supone en primera aproximación que este coeficiente es independiente del período y longitud de ola, aunque podría efectuarse una valoración más detallada en función de estos parámetros utilizando la formulación general de la Parte 4).

Para el caso de cascos con proa de bulbo, el coeficiente K_w podrá obtenerse interpolando linealmente entre los valores siguientes:

h/D	K_w						
	$\alpha_w \leq 10^\circ$	$\alpha_w = 30^\circ$	$\alpha_w = 60^\circ$	$\alpha_w = 90^\circ$	$\alpha_w = 120^\circ$	$\alpha_w = 150^\circ$	$\alpha_w \geq 170^\circ$
≤ 1.20	0.0418	0.0725	0.1508	0.1871	0.1673	0.1025	0.0592
2.00	0.0490	0.0849	0.1768	0.2193	0.1961	0.1201	0.0693
≥ 5.00	0.0515	0.0892	0.1857	0.2303	0.2060	0.1261	0.0728

Para el caso de cascos con proa convencional, el coeficiente K_w podrá obtenerse interpolando linealmente entre los valores siguientes:

h/D	K_w						
	$\alpha_w \leq 10^\circ$	$\alpha_w = 30^\circ$	$\alpha_w = 60^\circ$	$\alpha_w = 90^\circ$	$\alpha_w = 120^\circ$	$\alpha_w = 150^\circ$	$\alpha_w \geq 170^\circ$
≤ 1.20	0.0296	0.0512	0.1067	0.1323	0.1183	0.0725	0.0418
2.00	0.0310	0.0537	0.1118	0.1387	0.1240	0.0760	0.0439
≥ 5.00	0.0315	0.0546	0.1137	0.1410	0.1261	0.0772	0.0446

- α_w = Angulo entre la dirección de propagación del oleaje (de donde viene) y el plano de crujía del buque.
- g = Aceleración de la gravedad.
- H_s = Altura de ola significativa del oleaje que se considere como límite de operación de la vía navegable para el buque se analice.
- V_r = Velocidad relativa del buque referida al agua. Para su cuantificación se seguirán los criterios recogidos en el apartado 7.2.3.4.3 adoptando los valores menores de la velocidad del buque que sean compatibles con la navegación analizada.
- D = Calado del buque que se analice

- Para derivas ocasionadas únicamente por la acción de remolcadores

$$\beta = \arcsen \left[K_r \cdot \left(\frac{g \cdot F_{TR}}{A_{LC} \cdot \gamma_w} \right)^{0.5} \cdot \frac{1}{V_r} \right]$$

siendo:

K_r = Coeficiente dependiente de la forma del casco y de la relación h/D entre la profundidad de agua en el emplazamiento y el calado del buque (D). Podrá obtenerse interpolando linealmente entre los valores siguientes:

h/D	K_r	
	Proa de bulbo	Proa convencional
≤ 1.20	0.63	0.45
2.00	0.74	0.47
≥ 5.00	0.78	0.48

g = Aceleración de la gravedad.

F_{TR} = Componente en el sentido transversal del buque de la fuerza resultante de los remolcadores que actúen sobre él.

A_{LC} = Area longitudinal sumergida del buque proyectada sobre el plano de crujía. Para su determinación ver apartado 4.8.

γ_w = Peso específico del agua.

V_r = Velocidad relativa del buque referida al agua. Para su cuantificación se seguirán los criterios establecidos en el apartado 7.2.3.4. adoptando los valores menores de la velocidad del buque que sean compatibles con la navegación realizada.

- *Para derivas ocasionadas por la acción simultánea de vientos, corrientes, oleajes y remolcadores*

El ángulo de deriva « β » se calculará suponiendo que su seno es la suma de los senos de los ángulos de deriva correspondiente a las diferentes acciones actuando independientemente, es decir:

$$\text{sen } \beta = (\text{sen } \beta)_{\text{viento}} + (\text{sen } \beta)_{\text{corrientes}} + (\text{sen } \beta)_{\text{oleajes}} + (\text{sen } \beta)_{\text{remolcadores}}$$

Esta suma será algebraica considerando por tanto cada deriva con el signo que la corresponda. Se hace notar al respecto que para cada efecto la deriva se produce en el sentido de llevar la proa hacia la banda de donde viene la acción.

Se recomienda que las condiciones límites de navegación se seleccionen de manera que no se produzcan ángulos de deriva superiores a los valores siguientes, en el supuesto de que el buque navegue a las menores velocidades de tránsito admisibles:

	β
— Vías navegables en áreas de $h/D \leq 1,20$	
• Tramos normales	5°
• Puntos singulares	10°
— Vías navegables en áreas de $h/D = 1,50$	
• Tramos normales	10°
• Tramos singulares	15°
— Vías navegables en áreas de $h/D \geq 5,00$	
• Tramos normales	15°
• Puntos singulares	20°

en donde (h) es la profundidad de agua en reposo y (D) el calado del buque.

b_e = Sobreancho por errores de posicionamiento. Corresponde a la diferencia (sólo la componente transversal al eje de la vía) entre la verdadera posición del buque y la posición estimada por el capitán utilizando los medios de información y ayuda a la navegación disponibles en el Area de Navegación o Flotación que se analice. A falta de mayor información sobre la precisión de estos sistemas de ayuda se utilizarán los valores siguientes. Todos los valores para sistemas electrónicos corresponden a precisión predecible al 95%.

	Operación sin práctico o sin capitán experimentado en el emplazamiento considerado	Operación con práctico o capitán experimen- tado en el emplazamiento considerado
• Posicionamiento visual en estuarios abiertos, sin balizamiento:	100 m	50 m
• Posicionamiento visual referido a boyas o balizas en vías de aproximación:	50 m	25 m
• Posicionamiento visual entre alineaciones de boyas o balizas que marquen los límites de la vía:	20 m	10 m
• Posicionamiento visual mediante enfilaciones:	0,5°	0,5°
• Posicionamiento mediante sistemas radioeléctricos (válidos para situarse sobre una carta náutica, sin posicionamiento visual)		
— Radiofaros:	5,0°	5,0°
— Radar (a bordo). Banda S:	1,5°	1,5°
— Radar (a bordo). Banda X:	1,0°	1,0°
— RACON(distancia /demora):	150 m/0,3°	150 m/0,3°
— TRANSIT. Doble Frecuencia:	25 m	25 m
GPS:	100 m	100 m
DGPS:	10 m	10 m

En todos los valores indicados en grados, la diferencia de posición es el producto de la distancia por el seno del ángulo correspondiente y no siempre coincidirá con la componente transversal al eje de la vía que es valor « b_e » buscado.

En el supuesto de que la vía de navegación se dimensione suponiendo «operación con práctico o capitán experimentado» deberá quedar recogida esta condición en las Normas o Manuales de Operación correspondientes.

En el caso de que no se conozcan las características del sistema de ayuda a la navegación, se adoptará, para estudios preliminares, como medida de este sobrecancho « b_e », un valor igual a la manga máxima « B » de los buques que operen en la vía navegable.

b_r = Sobrecancho para respuesta, que valora la desviación adicional que puede producirse desde el instante en que se detecta la desviación del buque en relación a su posición teórica y el momento en que la corrección es efectiva. Este sobrecancho se determinará en función de las características de maniobrabilidad del buque, de la manga máxima (B), de la relación entre la profundidad de agua en reposo en el emplazamiento (h) y el calado del buque (D), y del Riesgo máximo admisible (E_{max}) durante la Vida Útil de la Fase del Proyecto que se analiza, mediante la expresión:

$$b_r = (1,50 - E_{max}) \cdot b_{ro}$$

siendo:

E_{max} = Riesgo Máximo admisible determinado con los criterios establecidos en la Tabla 2.2.

b_{ro} = Sobrecancho para respuesta correspondiente a un valor de $E_{max} = 0,50$, determinable con los criterios siguientes:

Maniobrabilidad del buque	b_{ro}	
	$h/D \leq 1,20$	$h/D \geq 1,50$
Buena	$0,10 \cdot B$	$0,10 \cdot B$
Media	$0,20 \cdot B$	$0,15 \cdot B$
Mala	$0,30 \cdot B$	$0,20 \cdot B$

siendo:

- Buques de capacidad de maniobra buena: Buques de guerra (excepto submarinos), buques ferries y ro-ros, embarcaciones menores (pesqueras y deportivas).
- También podría considerarse que los buques del párrafo siguiente tienen capacidad de maniobra buena si su estado de carga es menor del 50%.
- Buques de capacidad de maniobra media: petroleros, graneleros, metañeros, transportadores de gases licuados, portacontenedores, mercantes de carga general, polivalentes y buques de pasajeros, con estados de carga iguales o mayores del 50%.
- Buques de capacidad de maniobra mala: Buques averiados y buques antiguos mal mantenidos.

Para el dimensionamiento de vías navegables sometidas a tráfico general se utilizarán las condiciones de maniobrabilidad media de los buques, ya que, en general, la maniobrabilidad mala corresponderá a determinados buques antiguos que no serán habitualmente los de mayores dimensiones o a buques averiados cuyo tránsito por la vía podrá regularse con ayudas especiales a la navegación de manera que se reduzcan los riesgos.

b_b = Sobreecho para cubrir el error que pudiera derivarse de los propios sistemas de balizamiento. A falta de mayor información sobre las características de estos sistemas se utilizarán los criterios siguientes:

- Para balizamiento mediante boyas se calculará el borneo máximo que pueda presentar la boya en relación con su posición teórica, en las Condiciones Climáticas Límites de Operación y en las condiciones extremas de marea que pudieran presentarse. Asimismo se considerará la posibilidad de garreo de los muertos de fondeo de las boyas en el supuesto de que las condiciones climáticas o las de mantenimiento del canal no garanticen la permanencia de los muertos en su posición teórica de fondeo.
- Errores instrumentales de enfilaciones ópticas: 0,5°.

La diferencia de posición producida por este error es el producto de la distancia por el seno del ángulo por lo que, en cada caso, será preciso calcular la correspondiente transversal al eje de la vía que es el valor « b_p » buscado.

rh_{sm} = Resguardo adicional de seguridad que deberá considerarse a cada lado de la vía navegable, para permitir la navegación del buque sin que resulte afectada por los efectos de succión y rechazo de las márgenes. Este resguardo podrá ser diferente a una y otra margen ($rh_{sm,i}$ y $rh_{sm,d}$) según la naturaleza de las mismas y se determinará según los criterios siguientes, en los que se ha supuesto que siempre se cuenta con el Margen de Seguridad (rh_{sd}) especificado en el párrafo siguiente, por lo que en ningún caso podrán aceptarse valores de « $rh_{sm} + rh_{sd}$ » inferiores a los que aquí se indican:

	rh_{sm}	r_{sm}	$r_{sm} + rh_{sd}$
— Vías de navegación con taludes tendidos ($V/H \leq 1/3$)			
• Velocidad absoluta del buque ≥ 6 m/s	0.6 B	0.1 B	0.7 B
• Velocidad absoluta del buque entre 4 y 6 m/s	0.4 B	0.1 B	0.5 B
• Velocidad absoluta del buque ≤ 4 m/s	0.2 B	0.1 B	0.3 B
— Vías de navegación con taludes rígidos ($V/H \geq 1/2$) o con márgenes rocosos o estructurales			
• Velocidad absoluta del buque entre ≥ 6 m/s	1.2 B	0.2 B	1.4 B
• Velocidad absoluta del buque entre ≤ 4 y 6 m/s	0.8 B	0.2 B	1.0 B
• Velocidad absoluta del buque ≤ 4 m/s	0.4 B	0.2 B	0.6 B

siendo (B) la manga máxima del buque y (V/H) la pendiente del talud de las márgenes calculada por la relación entre la proyección vertical y la horizontal de una unidad de longitud medida sobre el talud.

rh_{sd} = Margen de Seguridad o resguardo horizontal libre que deberá quedar siempre disponible entre el buque y los contornos, taludes o cajeros de la vía navegable. Para su determinación se tomarán los valores indicados en el párrafo anterior que tienden a minimizar el riesgo de contacto del buque atendiendo a la naturaleza de las márgenes de la vía navegable. Este resguardo podrá ser diferente en una y otra margen (rh_{sd})_i (rh_{sd})_d según la naturaleza y características de las mismas.

2. Navegación en tramos rectos con condiciones climáticas variables a lo largo de la traza

En el supuesto de que las condiciones climáticas presenten variaciones en tramos cortos a lo largo del eje de la vía navegable, lo que sucede frecuentemente en las bocanas de los puertos, en la confluencia de cauces, en cambios de alineación de la vía navegable no adaptados al flujo de las corrientes y en otros supuestos similares, las condiciones de navegabilidad de los buques deben adecuarse a este régimen variable, modificando su ángulo de deriva a valores diferentes e incluso opuestos, lo que ocasiona trayectorias curvilíneas o en «zig-zag» con una mayor ocupación de la senda utilizada por el buque. La determinación de la trayectoria y de la mayor senda ocupada por el buque sólo puede realizarse con precisión mediante modelos físicos, modelos matemáticos complejos o realizando estudios de simulación. Con carácter aproximado podrá estimarse el sobreancho necesario para estas maniobras suponiendo que en el tiempo en el que el buque pasa de una a otra posición de equilibrio se produce una deriva ocasionada por las fuerzas transversales descompensadas que aumenta la anchura de la senda ocupada por el buque. Con este supuesto la anchura nominal de la vía navegable en el tramo de variación se determinará aplicando los criterios expuestos en el párrafo 1 de este apartado 8.4.3.2.a, incrementando el sobreancho « b_d » de la senda del buque, en una cantidad adicional « b_{dv} » determinada con la expresión siguiente:

$$b_{dv} = V_{rr} \cdot t_c \cdot (\text{sen } \beta_0 - \text{sen } \beta_1)$$

Siendo:

b_{dv} = Sobreancho adicional de la senda ocupada por el buque, ocasionado por las condiciones climáticas variables.

V_{rr} = Velocidad relativa del buque referida a la velocidad de la corriente de la vía navegable en la misma dirección de su ruta. Para su cuantificación seguirán los criterios establecidos en el apartado 7.2.3.4.3 adoptando los valores menores de la velocidad del buque que sean compatibles con la navegación analizada.

t_c = Tiempo necesario para corregir la maniobra del buque, determinado con los criterios siguientes:

Maniobrabilidad del buque	Operación sin práctico o sin capitán experimentado en el emplazamiento	Operación con práctico o capitán experimentado en el emplazamiento
— Buena		
• Buques pesqueros y deportivos	120 s	60 s
• Otro tipo de buques	135 s	75 s
— Media	150 s	90 s
— Mala	180 s	120 s

Para el dimensionamiento de vías navegables sometidas a tráfico general se utilizarán las condiciones de maniobrabilidad media de los buques, ya que, en general la maniobrabilidad mala corresponderá a determinados buques antiguos que no serán habitualmente los de mayores dimensiones, o a buques averiados cuyo tránsito por la vía podrá regularse con ayudas especiales a la navegación de manera que se reduzcan los riesgos.

En el caso de que la vía de navegación se dimensione suponiendo «operación con práctico o capitán experimentado» deberá quedar recogida esta condición en las Normas o Manuales de Operación correspondientes.

β_0 = Ángulo de deriva máximo en la zona de variación de las condiciones climáticas.

β_1 = Ángulo de deriva en el tramo de navegación permanente anterior (β_{1a}) o posterior (β_{1p}) a la zona de variación de las condiciones climáticas. Se tomará en valor alge-

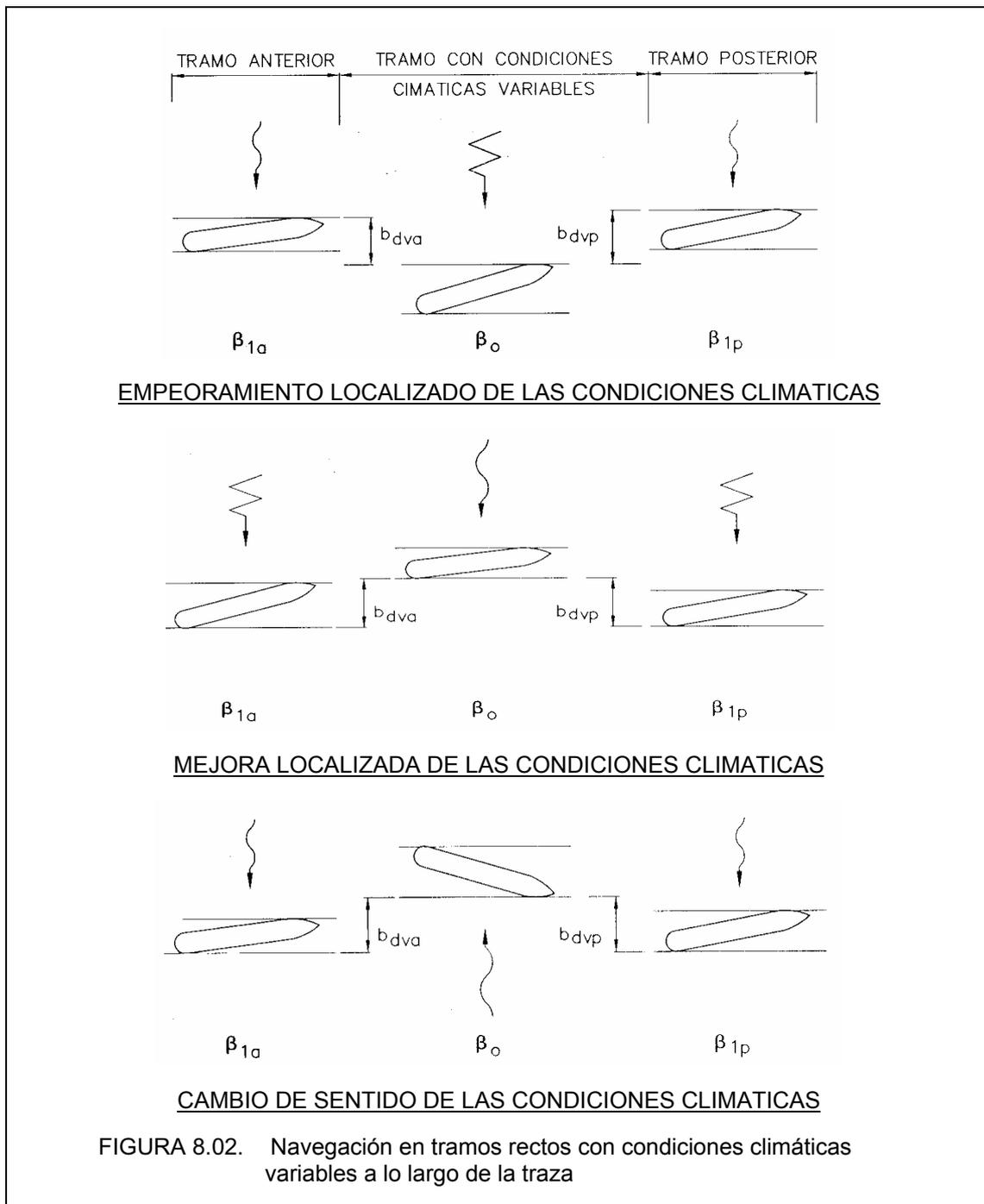
braico en relación con « β_0 », es decir, con signo negativo en el caso de que el ángulo de deriva tenga signo contrario.

La determinación del sobrancho necesitará en la mayoría de los casos efectuar comprobaciones para la navegación en ambos sentidos, analizando en cada uno de ellos dos cambios de rumbo:

- El producido entre la navegación permanente anterior y la zona de condiciones climáticas variables.
- El producido entre la zona de condiciones climáticas variables y la zona de navegación permanente posterior.

En la fig. 8.02 se representan los supuestos de navegación más frecuentes correspondientes a:

- Empeoramiento localizado de las condiciones climáticas transversales.



- Mejora localizada de las condiciones climáticas transversales.
- Cambio de sentido de las condiciones climáticas transversales.

Efectuadas estas determinaciones se dispondrá del sobreancho de la senda del buque producido por la navegación con un ángulo de deriva, en las tres zonas siguientes:

	Para valoración de espacios de agua	Para valoración de espacios aéreos
• Al final del tramo	$L_{pp} \cdot \text{sen } \beta_{1a} + b_{dva}$	$L \cdot \text{sen } \beta_{1a} + b_{dva}$
• Al inicio del tramo	$L_{pp} \cdot \text{sen } \beta_{1p} + b_{dvp}$	$L \cdot \text{sen } \beta_{1p} + b_{dvp}$
• En el tramo variable:	$L_{PP} \cdot \text{sen } \beta_0 + (b_{dva} \text{ ó } b_{dvp})$	$L_{PP} \cdot \text{sen } \beta_0 + (b_{dva} \text{ ó } b_{dvp})$
	el más desfavorable de los 2 si van en sentido contrario o la suma de ambos si van en el mismo sentido.	el más desfavorable de los dos si van sentido contrario o la suma de ambos si van en el mismo sentido.

Para situar correctamente estas anchuras y sobreanchos se recomienda mantener invariable el eje de la vía navegable a lo largo de todo el tramo. En el supuesto de que la deriva adicional « b_{dv} » se produzca siempre en el mismo sentido (por ejemplo cuando se trate de un cauce fluvial que incida sobre la vía navegable) el sobreancho « b_{dv} » se considerará a la banda correspondiente de la vía navegable. Si por el contrario la deriva adicional pudiera producirse en uno y otro sentido, (por ejemplo cuando esté ocasionado por una corriente de marea que incide transversalmente a la vía navegable), será necesario calcular el sobreancho « b_{dv} », a izquierda y derecha de la vía navegable, aplicando la corrección correspondiente en cada banda; en este supuesto podría conseguirse una minoración de la anchura total requerida si se efectuase una maniobra de anticipación de reacciones del buque que corrigiese, al menos parcialmente, el efecto de deriva esperable en la zona de variación de las condiciones climáticas. Esta operación sólo sería aplicable en caso de que las maniobras se efectuasen con práctico o capitán experimentado en el emplazamiento considerado y debería quedar incorporada a las Normas de Operación del puerto, en el caso de que se optimizase el sobreancho de la vía navegable recurriendo a este procedimiento.

El sobreancho requerido para esta navegación en tramos rectos con condiciones climáticas variables se mantendrá en todo el tramo afectado más una longitud adicional (l) aguas arriba y aguas abajo de valor

$$l = 2 \cdot V \cdot t_c$$

en donde para la velocidad absoluta del buque « V » se tomarán los valores máximos admisibles para el Buque de Proyecto según las Normas de Operación de la vía navegable, y para el tiempo « t_c » las cifras indicadas en este apartado para el cálculo de « b_{dv} ». La transición a la anchura requerida en los tramos anterior y posterior de la vía navegable se efectuará con variaciones en planta no mayor de 1:10 (preferentemente 1:20) en cada una de las márgenes. Ver figura 8.03 en la que se ha representado la anchura total B_t en el tramo variable (B_{t0}) y en los tramos anterior (B_{t1a}) y posterior (B_{t1p}).

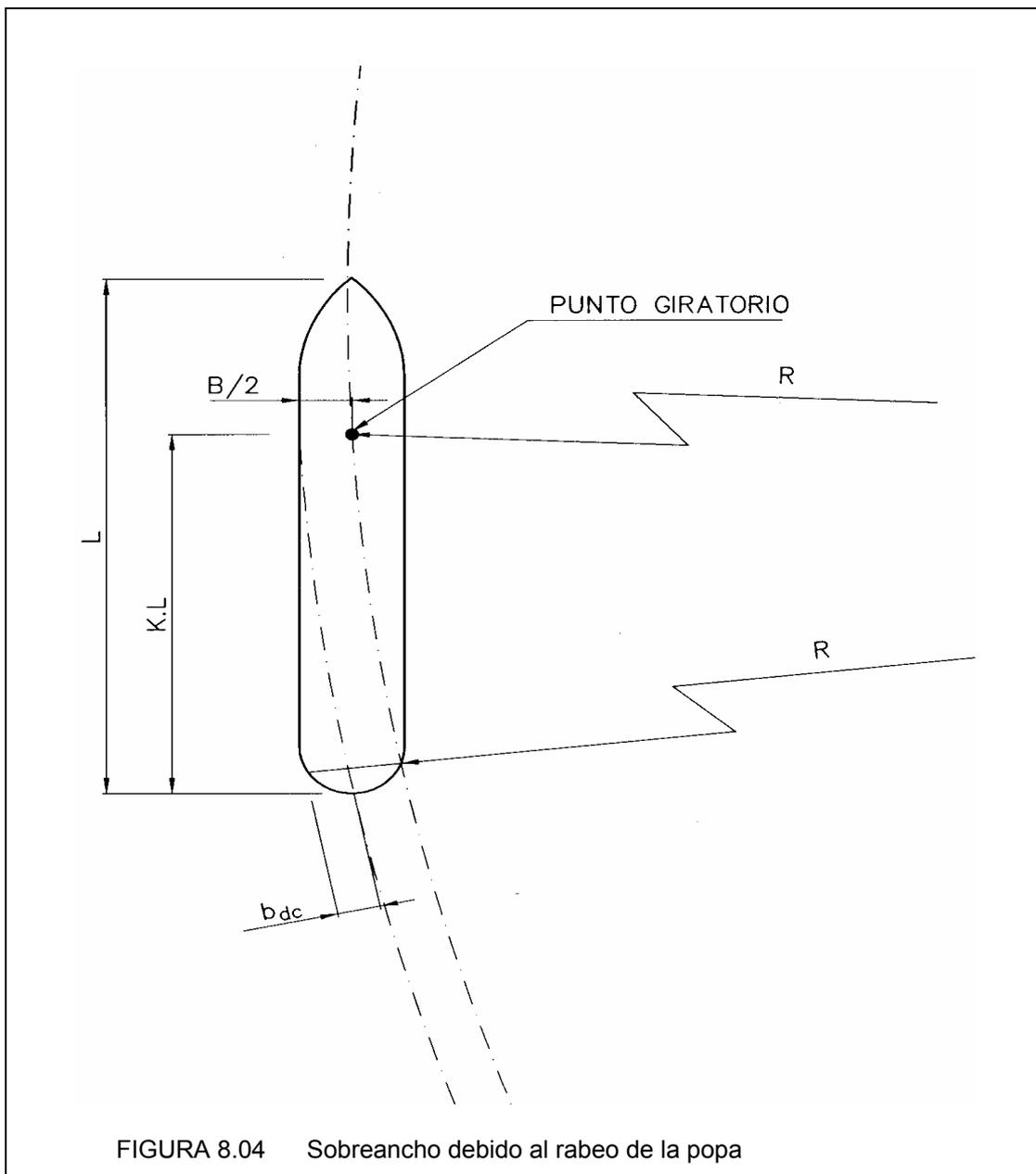
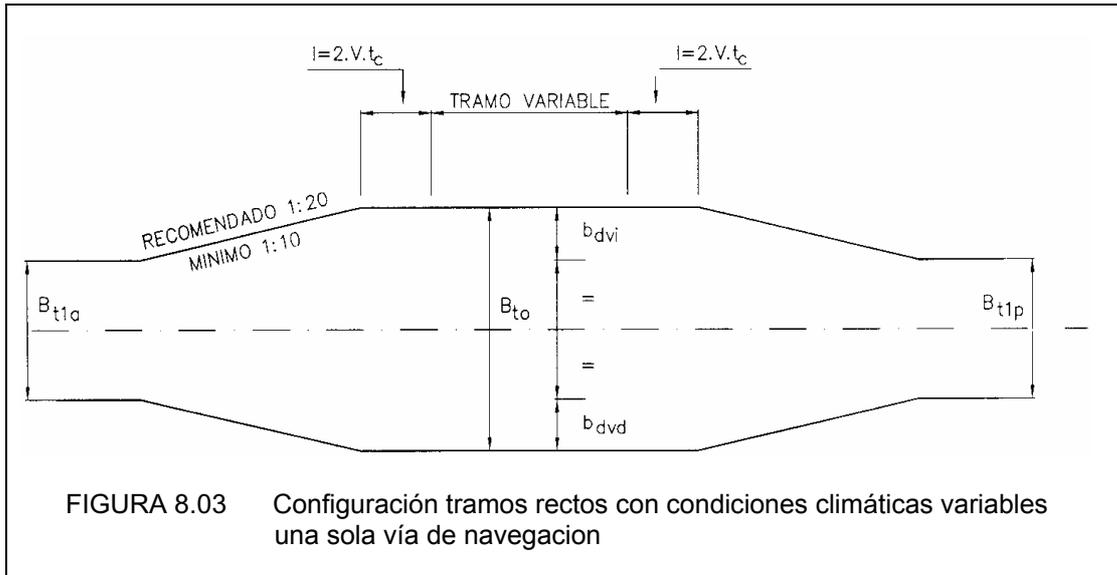
3. Navegación en tramos curvos con condiciones climáticas constantes a lo largo de la traza

Cuando la navegación se efectúe en tramos curvos con condiciones climáticas constantes a lo largo de la traza, la anchura nominal « B_n » de la vía de navegación se determinará con los mismos criterios expuestos para navegación en tramos rectos, incrementando el sobreancho « b_d » de la senda del buque producido por la navegación con un ángulo de deriva, y el sobreancho « b_r » debido a la velocidad de respuesta del buque, en las cantidades siguientes:

— Incremento del sobreancho de la senda del buque ocasionado por la navegación con un ángulo de deriva.

El valor de este incremento « b_{dc} » se determinará para corregir el efecto de rabeo de la popa del buque (ver apartado 6.2.4.), aplicando la fórmula siguiente (ver fig. 8.04):

$$b_{dc} = \sqrt{\left(R + \frac{B}{2}\right)^2 + (K \cdot L)^2} - \left(R + \frac{B}{2}\right)$$



que puede aproximarse mediante la expresión simplificada siguiente aplicable tanto a la valoración de espacios de agua como de espacios aéreos:

$$b_{dc} = \frac{K^2 \cdot L^2}{2R}$$

siendo:

b_{dc} = Sobreecho adicional de la senda ocupada por el buque, ocasionado por navegación en tramos curvos.

R = Radio de la trayectoria, para el que se adoptará el radio de la curva de la vía navegable.

K = Distancia del punto giratorio a la popa del buque (o a la proa si fuera mayor), expresada en fracción de la Eslora total del buque (L).

L = Eslora total del buque.

B = Manga del buque.

Para buques en los que el punto giratorio se encuentre en el centro de la eslora $K= 0,5$ y la expresión anterior se transforma en la siguiente que es de uso habitual en la bibliografía:

$$b_{dc} = \frac{L^2}{8R}$$

Para los buques de mayores desplazamientos con formas de carena llenas (petroleros, graneleros, etc.) que suelen ser críticos para el dimensionamiento de vías navegables, $K= 0,5$ si la relación entre la profundidad de agua en reposo (h) y el calado del buque (D) es $h/D = 1,20$; mientras que si esta relación $h/D = 1,50$, el valor de $K = 2/3$, con lo que la expresión anterior se transformaría en:

$$b_{dc} = \frac{2L^2}{9R}$$

Para embarcaciones rápidas (buques con formas de carena finas y embarcaciones deportivas) $K= 1$ y el sobreecho llegaría a alcanzar el valor:

$$b_{dc} = \frac{L^2}{2R}$$

En el supuesto de que la vía navegable se dimensione para un tráfico general se adoptará el valor del sobreecho correspondiente a los buques de mayores desplazamientos con formas de carena llenas que habitualmente resultarán críticos para la determinación de las dimensiones de la vía navegable, utilizando el valor de « b_{dc} » calculada para $K= 0,5$ o $K= 2/3$ según la relación h/D del proyecto (para valores intermedios puede interpolarse linealmente):

— Incremento del sobreecho debido a la velocidad de respuesta del buque

El valor de este incremento (b_{rc}), que es adicional al « b_r » definido para tramos rectos, se establece para tomar en consideración las dificultades de maniobra ocasionadas por el hecho de que el buque no responde inmediatamente a las instrucciones del operador y en consecuencia el piloto debe anticipar la maniobra desviándose del eje teórico de la vía de navegación.

A reserva de estudios más precisos y siempre que el trazado de la vía navegable se mantenga dentro de las recomendaciones de trazado recogidas en el apartado 8.4.2 el valor de este sobreecho puede cifrarse en los valores siguientes en función de la Manga del Buque (B), del Riesgo Máximo Admisible (E_{max}) durante la Vida Útil de la Fase del Proyecto que se analiza determinado con los criterios establecidos en la Tabla 2.2 y de la maniobrabilidad del buque (ver apartado de cálculo de (b_r) en este mismo punto):

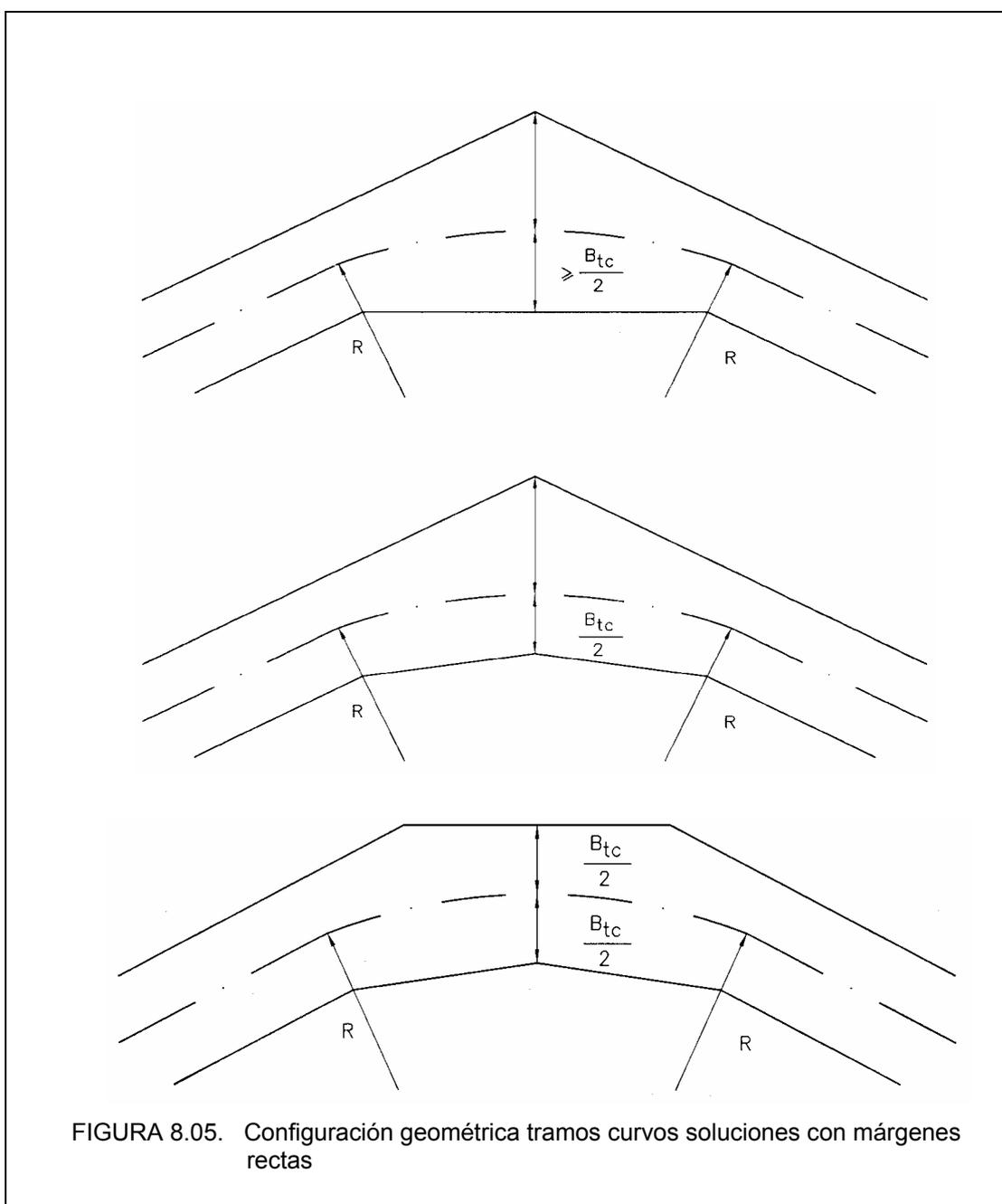
Maniobrabilidad del buque	b_{rc}
Buena	$0,20 \cdot (1,50 - E_{max}) \cdot B$
Media	$0,40 \cdot (1,50 - E_{max}) \cdot B$
Mala	$0,80 \cdot (1,50 - E_{max}) \cdot B$

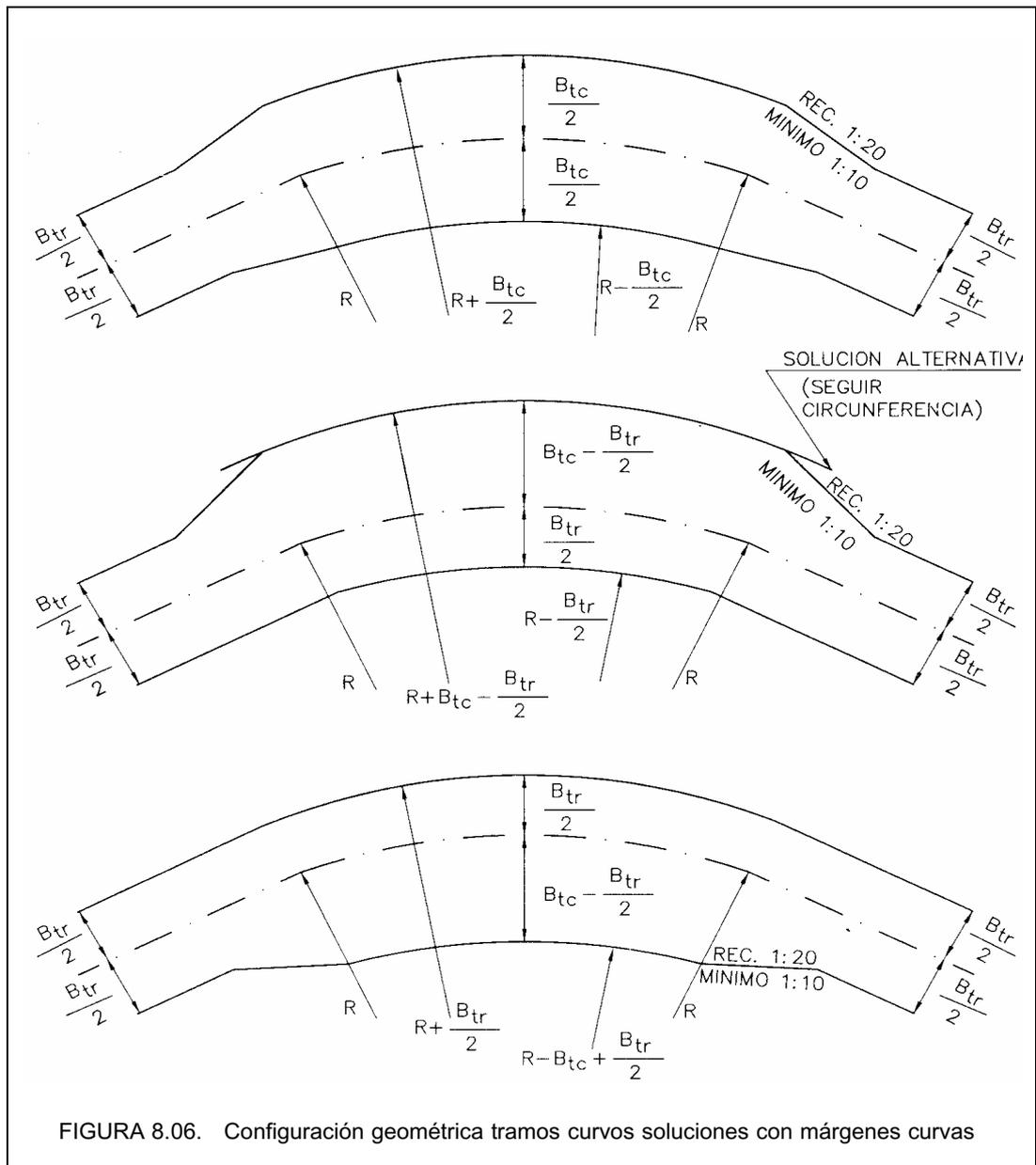
Para el dimensionamiento de vías navegables abiertas al tráfico general se utilizarán las condiciones de maniobrabilidad media de los buques.

Una vez determinada la anchura total de la vía navegable en la curva (B_{tc}) y conocida la anchura en los tramos rectos (B_{tr}) que concurren a ella (que pudiera ser diferentes en uno y otro tramo), la configuración geométrica de la misma y el trazado de sus márgenes se realiza habitualmente por uno de los métodos siguientes:

- Márgenes rectas.
- Márgenes curvas.

Las características geométricas de los sistemas más habituales que se utilizan en uno y otro método se recogen en la fig. 8.05 y 8.06. Los métodos de los márgenes rectos son los que peor se ajustan a las condiciones geométricas del trazado, a la vez que tienen el inconveniente de originar corrientes secundarias desfavorables, sin embargo son más sencillos de balizar y de ejecución del dragado. Para los métodos con las márgenes cur-





vas y suponiendo que el radio de la traza no sea estricto, es preferible desarrollar soluciones en las que el sobreecho esté situado hacia el interior de la curva (configuraciones 1ª y 3ª de la figura) porque, al tener el buque como referencia de navegación la margen interior, anticipa las maniobras para el paso de la curva ajustando progresivamente el ángulo del timón.

4. Navegación en tramos curvos con condiciones climáticas variables a lo largo de la traza

Cuando la navegación se efectuó en tramos curvos con condiciones climáticas variables a lo largo de la traza, la anchura de la vía de navegación se determinará adicionando a la anchura de navegación en tramos rectos las necesidades de espacio de ambas causas, tal como se definen en los apartados 2 y 3 de este artículo 8.4.3.2.a. La formulación matemática de la anchura nominal (B_n) de la vía navegable en el caso más complejo sería:

$$B_n = B + (b_d + b_{dvi} + b_{dvd} + b_{dc}) + 2(b_e + b_r + b_{rc} + b_b) + (rh_{sm} + rh_{sd})_i + (rh_{sm} + rh_{sd})_d$$

en donde todos los símbolos tienen el significado recogido en los párrafos anteriores.

La configuración geométrica resultante se establecerá por aplicación de los criterios establecidos para uno y otro caso, sin que sea generalizable una solución única a la vista de la variedad de los supuestos planteables.

b) VIAS CON DOS CARRILES DE NAVEGACION

La determinación de la anchura de una vía de navegación dotada de dos carriles se realizará de un modo similar al definido para vías de un solo carril, analizando en primer lugar la navegación en tramos rectos en condiciones climáticas constantes y contemplando posteriormente la incidencia en la navegación de condiciones climáticas variables a lo largo de la traza o la de navegación en curva. Dado que estos dos casos no presentan especialidad alguna derivada del hecho de tratarse de una vía con dos o más carriles de navegación, salvo por supuesto, considerar los sobrecanchos adicionales que deben darse a cada carril, se analiza sólo en detalle la navegación en tramos rectos en condiciones climáticas constantes.

El criterio general de diseño para todos los casos consiste en dimensionar cada carril independientemente, estableciendo una zona o banda de separación intermedia con anchura diferente (b_s) según las características de la vía y del tráfico, y manteniendo el Resguardo adicional de seguridad a cada lado de la vía navegable (rh_{sm}) para permitir la navegación del buque sin que resulte afectada por los efectos de succión y rechazo de las orillas, así como el Margen de Seguridad (rh_{sd}) que deberán quedar siempre disponibles entre el buque y los taludes o cajeros de la vía navegable. Tanto al Resguardo de Seguridad (rh_{sm}) como al Margen de Seguridad (rh_{sd}) podrán ser diferentes a una y otra margen según la naturaleza de las mismas y las condiciones de operación de la vía.

1. Navegación en tramos rectos con condiciones climáticas constantes a lo largo de la traza

La anchura nominal de una vía de navegación de tramo recto, dotada de dos carriles dimensionados para el mismo buque de diseño, en el supuesto de que las condiciones climáticas, marítimas y meteorológicas (vientos, oleajes y corrientes) sean constantes a lo largo de la traza, se determinará como suma de las componentes siguientes (ver fig. 8.07).

$$B_n = 2[B + b_d + 2(b_e + b_r + b_b)] + b_s + (rh_{sm} + rh_{sd})_i + (rh_{sm} + rh_{sd})_d$$

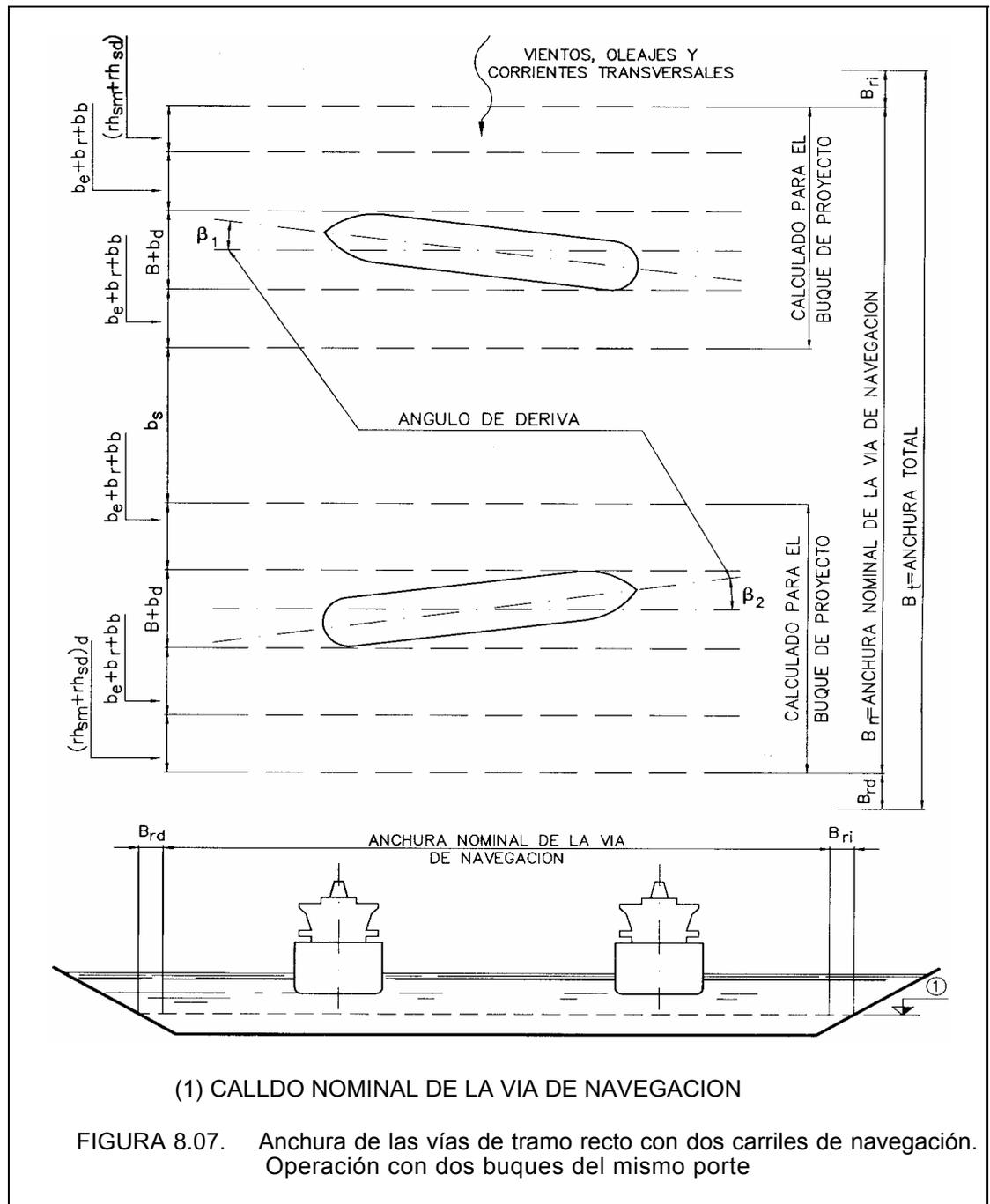
en donde todas las expresiones tienen el mismo significado que en el apartado a.1 de este artículo y « b_s » es la anchura de la banda de separación entre las dos vías, calculada como suma de la proveniente de los dos factores siguientes, determinados en el supuesto de que la operación se realice con prácticos o capitanes experimentados en el emplazamiento considerado:

	b_s	
	Vías navegables en áreas expuestas	Vías navegables en aguas protegidas
Vías con adelantamiento no permitido (sólo cruzamiento)		
— Primer factor: Velocidad absoluta del buque		
• Mayor de 6 m/s	2.0 B	—
• Entre 4 y 6 m/s	1.6 B	1.4 B
• Menor de 4 m/s	1.2 B	1.0 B
— Segundo factor: Densidad de tráfico		
• 0-1 buques/hora	0.0 B	0.0 B
• 1-3 buques/hora	0.2 B	0.2 B
• > 3 buques/hora	0.5 B	0.4 B

Vías con adelantamiento permitido Incrementar los factores anteriores en un 50%

En donde la velocidad absoluta del buque será la mayor compatible con las Normas de Operación de la vía navegable, y la densidad de tráfico se determinará tomando en consideración el movimiento de buques en ambos sentidos (excluidas embarcaciones pesqueras y deportivas, salvo que sean los Buques de Proyecto de la vía navegable)

En el supuesto de que las Normas de Operación de la vía navegable establezcan que el cruce o adelantamiento de los buques de mayores desplazamientos sólo está permitido con buques menores hasta un cierto rango, la anchura nominal de la vía de navegación podría ajustarse a las dimensiones siguientes (ver fig. 8.08).

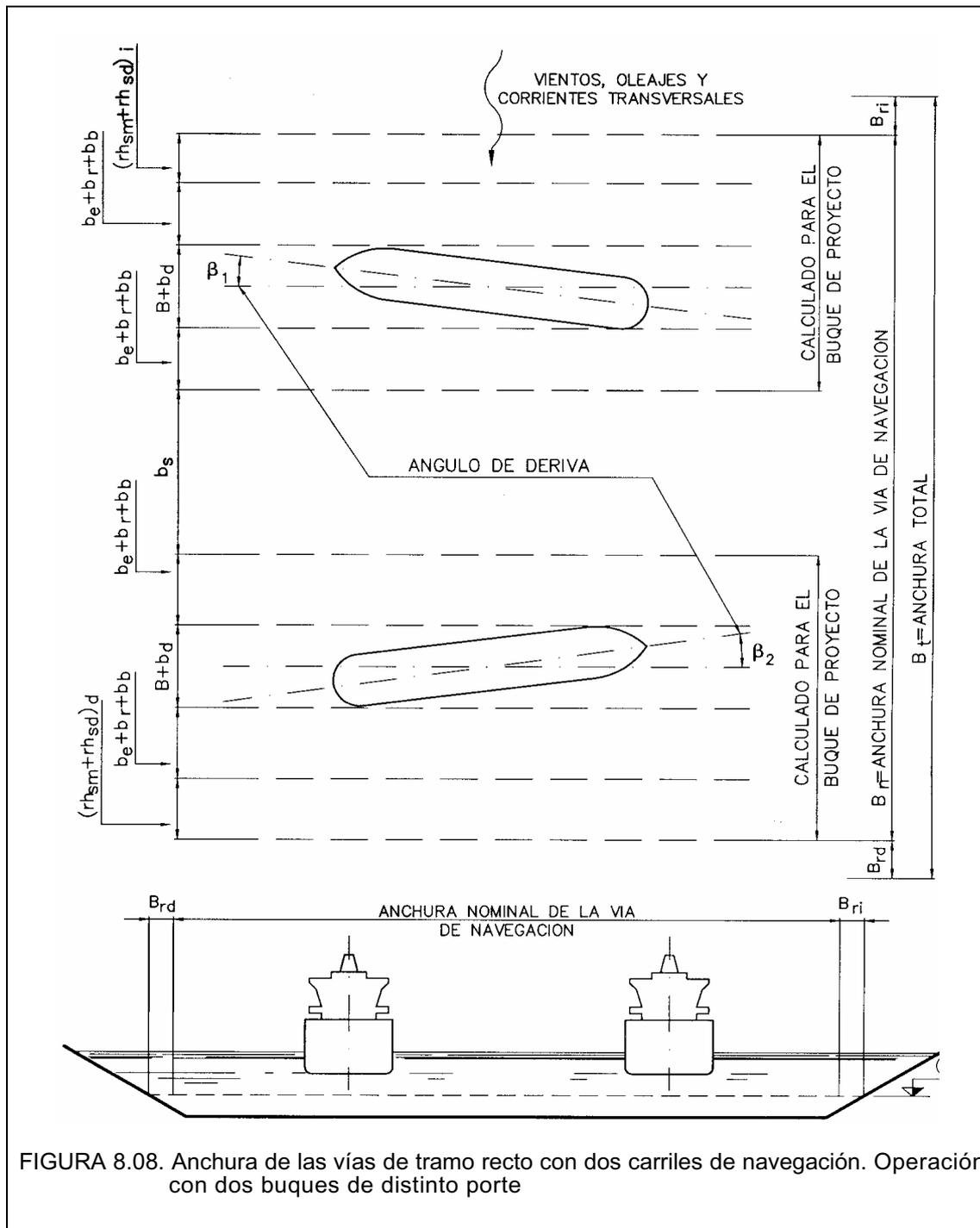


$$\begin{aligned}
 B_n = & [B + b_d + 2(b_e + b_r + b_b)] \text{ del buque de diseño} + \\
 & + [B + b_d + 2(b_e + b_r + b_b)] \text{ del buque menor} + \\
 & + [b_s] \text{ del buque de diseño} + \\
 & + [(rh_{sm} + rh_{sd})_i + (rh_{sm} + rh_{sd})_d] \text{ unos del buque de diseño y otros del buque menor}
 \end{aligned}$$

en donde todas las expresiones tienen los significados definidos en el párrafo anterior.

2. Navegación en tramos rectos con condiciones climáticas variables a lo largo de la traza

Se mantendrán los criterios establecidos en el apartado b.1 de este artículo 8.4.3.2 sin más que considerar los sobreamchos adicionales « b_{av} » de cada una de las sendas del buque calculados según se indica en el apartado 8.4.3.2.a.2 Estos sobreamchos se mantendrán en una longitud igual a la establecida en dicho apartado, es decir, en todo el tramo



afectado por las condiciones climáticas variables, más una longitud adicional (l) aguas arriba y aguas abajo de valor

$$l = 2 \cdot V \cdot t_c$$

con los mismos significados recogidos en el citado apartado a.2.

Para situar correctamente las anchuras resultantes tomando en consideración los distintos sobreeanchos que puedan ser exigidos a una y otra banda se recomienda, con carácter general, mantener invariable a lo largo de todo el tramo el eje de la vía de navegación (eje de la banda de separación si ambos carriles están dimensionados para los mismos buques de diseño, o línea equidistante de los bordes de la anchura nominal de la vía navegable en caso contrario). La transición a la anchura requerida en los tramos anterior y posterior de la vía navegable se efectuará con variaciones en planta no mayores de 1 : 10 (preferentemente 1:20) en cada una de las márgenes. Ver figura 8.09. Esta transición con-

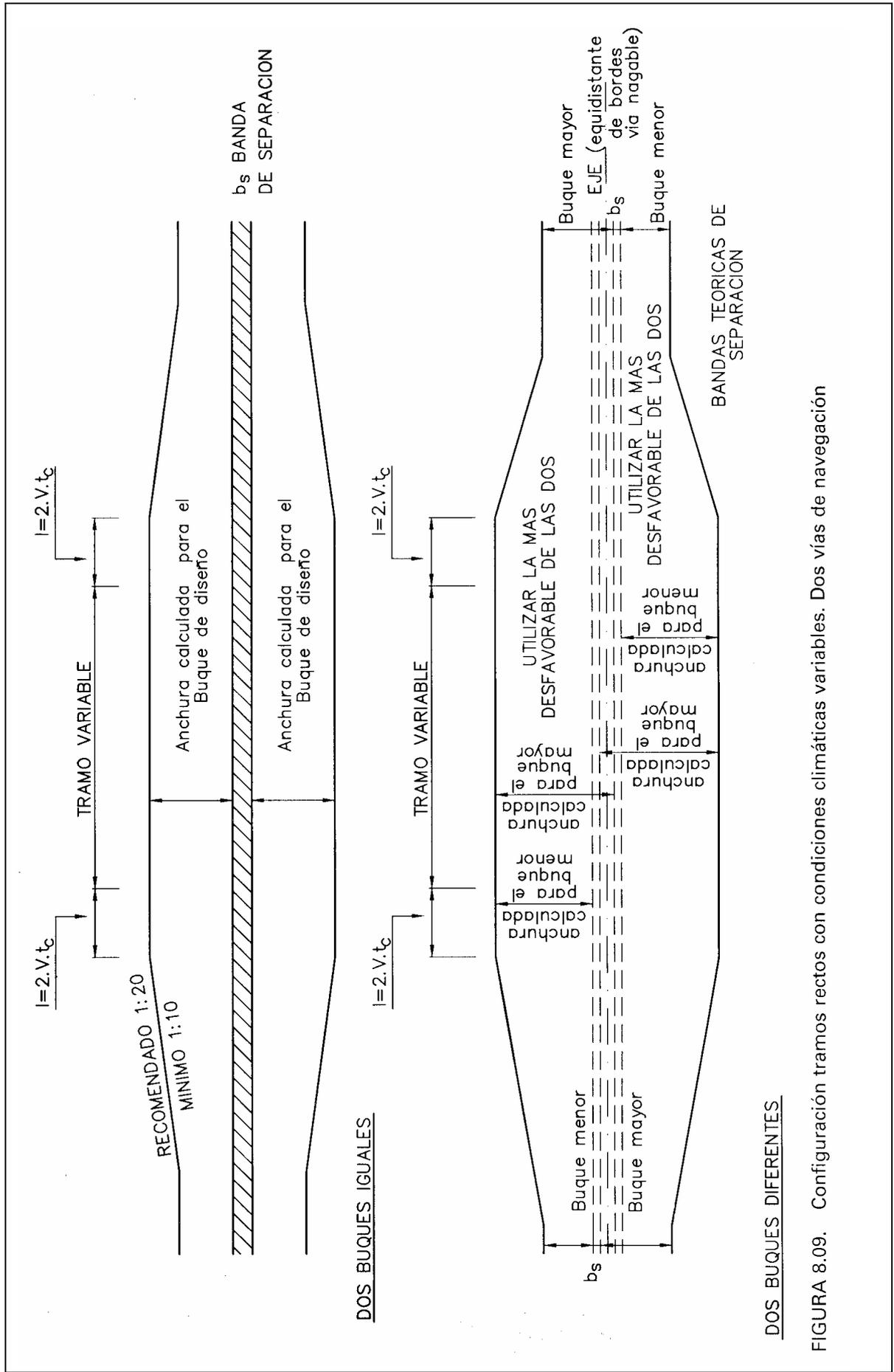


FIGURA 8.09. Configuración tramos rectos con condiciones climáticas variables. Dos vías de navegación

lleva variar los ejes de ambos carriles de navegación en relación con las alineaciones rectas que tuviesen aguas arriba o aguas abajo del tramo de condiciones climatológicas variables, condición que es necesaria para minorar los costos del dragado; en el supuesto de que alguno de los tramos de aguas arriba o aguas abajo no tuviese limitaciones de espacio y calado (por ejemplo en canales de aproximación) se recomienda mantener también la alineación recta de los ejes de cada uno de los carriles de navegación, separándolos entre sí a la mayor distancia requerida en este tramo, para facilitar la navegación y el balizamiento de la vía.

3. *Navegación en tramos curvos con condiciones climáticas constantes a lo largo de la traza*

Se mantendrán los criterios establecidos en el apartado b.1 sin más que considerar los sobreeanchos b_{dc} y b_{rc} calculados según se indica en el apartado a.2, para cada uno de los dos carriles de navegación.

Para definir la configuración geométrica de la curva y el trazado de las márgenes se seguirán los esquemas de las figuras 8.05 y 8.06 replanteados a partir del eje del carril interior de la curva, que es el más estricto para el cumplimiento de las prescripciones de radio mínimo.

4. *Navegación en tramos curvos con condiciones climáticas variables a lo largo de la traza*

Cuando la navegación se efectúe en tramos curvos con condiciones climáticas variables a lo largo de la traza, la anchura de la vía de navegación se determinará adicionando a la anchura de navegación en tramos rectos las necesidades de sobreeancho requerido por ambas causas, tal como se definen en los apartados b.2 y b.3 de este artículo.

La formulación matemática de la anchura nominal (B_n) de la vía navegable en el caso más complejo correspondiente al supuesto de que los dos carriles de navegación estén dimensionados por el mismo Buque de Proyecto, sería:

$$B_n = 2[B + b_d + b_{dvi} + b_{dvd} + b_{dc} + 2(b_e + b_r + b_{rc} + b_b)] + b_s + (rh_{sm} + rh_{sd})_i + (rh_{sm} + rh_{sd})_d$$

La configuración geométrica resultante se establecerá por aplicación de los criterios establecidos para uno y otro caso, sin que sea generalizable una solución, a la vista de la variedad de supuestos planteables.

c) TRAMOS DE ADELANTAMIENTO Y CRUCE DE BUQUES EN VIAS DE UN SOLO CARRIL DE NAVEGACION

En el caso de tratarse de vías de un solo carril de navegación con una longitud y tiempo de recorrido considerable, puede ser aconsejable disponer de tramos específicos dimensionados para dos vías de navegación en los que puedan realizarse maniobras de cruzamiento o adelantamiento de buques. La utilización de estos tramos exigirá el establecimiento de sistemas de control de los buques desde tierra o la operación con prácticos a bordo.

En el supuesto de que se opte por esta solución los tramos de dos vías se implantarán en tramos rectos con condiciones climáticas constantes a lo largo de la traza, evitando desarrollarlos en tramos curvos o con condiciones climáticas variables.

La anchura del tramo de dos carriles de navegación se dimensionará con los criterios definidos en el apartado b.1 de este artículo 8.4.3.2, tomando en consideración el hecho de que la maniobra pueda realizarse por dos Buques de Proyecto, o por un Buque de Proyecto en simultaneidad con otro barco de menores dimensiones.

Como criterio general se mantendrá la misma alineación recta del eje de la vía navegable en el tramo de doble vía, que coincidirá por tanto con el eje de la banda de separación en el caso de dimensionamiento para dos buques iguales, o con la línea equidistante de los bordes de la anchura nominal de la vía navegable en caso contrario.

Los criterios de dimensionamiento, configuración general y transiciones de márgenes se establecerán del modo siguiente:

1. Tramo previsto para adelantamiento de buques

Se supondrá que, en el tramo anterior, los barcos navegan a una velocidad reducida (40% de la velocidad absoluta máxima admisible en la vía navegable «V») manteniendo una distancia exenta entre ambos barcos igual a la distancia de parada «Dp» más el espacio recorrido durante un tiempo de reacción «t_r» de 60 s. Esta posición relativa se mantendrá hasta que el barco adelantado se encuentre en el tramo de doble vía.

A partir de esa posición se supondrá que el barco adelantado mantiene la velocidad reducida (40%) mientras que el barco que le sobrepasa se desplaza a una velocidad media doble de la anterior (80% de la velocidad absoluta máxima admisible en la vía navegable), régimen que se mantendrá durante un tiempo «T_a» hasta que este barco sobrepase al adelantado en una distancia exenta igual a la considerada al inicio de la maniobra. Al alcanzarse esta posición final el barco adelantado deberá mantenerse aún en el tramo de doble vía. Con estos supuestos se dimensionará el tramo de manera que los espacios disponibles tengan como mínimo el doble de longitud de las teóricamente necesarias. Las transiciones de anchura se efectuarán con variaciones en planta no mayores de 1:10 (preferentemente 1:20) en cada una de las márgenes. Ver figura 8.10 determinado para el supuesto de que los dos buques sean de la misma dimensión «L» (Eslora total).

2. Tramo previsto para cruzamiento de buques

Dado que la longitud del tramo con anchura de doble vía depende de la simultaneidad o decalaje con que ambos barcos concurren a uno y otro orígenes del tramo, se supondrá como hipótesis más desfavorable que esta coincidencia no se produce y por tanto que cualquiera de los dos barcos que acceda a la zona de cruzamiento con una velocidad reducida (40% de la máxima absoluta admisible en la vía navegable «V») pueda pararse al menos en un área de espera (muelle, amarradero, fondeadero, etc.) situada al comienzo o final de la zona de doble anchura (preferentemente en el punto que permita que los buques salgan sin esperar y que la espera por tanto corresponda a los buques que entran), por lo que el desarrollo longitudinal del tramo necesitará espacio para la Distancia de parada (Dp) más el espacio recorrido durante un tiempo de reacción «t_r» de 60 s. más la eslora total «L» del buque de diseño. Con estos supuestos se dimensionará el tramo de manera que los espacios disponibles tengan como mínimo el doble de longitud de la teóricamente necesaria. Las transiciones de anchura se efectuarán con variaciones en planta no mayores de 1:10 (preferentemente 1:20) en cada una de las márgenes. Ver figura 8.11.

Los espacios necesarios para el área de espera se desarrollarán al margen de la vía de navegación, manteniendo un espacio de reserva de 2,5 B (B = manga del buque de diseño) entre el borde de la vía navegable y la posición más avanzada que pueda alcanzar el buque fondeado o amarrado).

d) DESARROLLO DE VIAS DE NAVEGACION SOBRE LOS TALUDES DE LOS CAJEROS DE LA VIA PRINCIPAL

En el caso habitual de que la vía de navegación tenga sus cajeros en talud es posible implantar vías de navegación para embarcaciones menores con esloras limitadas a un máximo de 20 m (pesqueros, deportivas, etc.), situándolas paralelas y exteriores a la vía principal, aprovechando los calados disponibles sobre estos taludes. De optarse por esta solución se considerará que la vía principal y las embarcaciones menores son siempre independientes, manteniendo por tanto una banda de separación de anchura «b_s» entre ellas (ver apartado b.1 de este artículo), estableciéndose el oportuno sistema de balizamiento para evitar errores de navegación. En el supuesto de establecerse estas vías específicas para embarcaciones menores, será preceptivo que este tipo de embarcaciones utilicen siempre estos carriles, incluso aunque no exista tráfico sobre la vía principal.

e) VIAS CON MAS DE DOS CARRILES DE NAVEGACION

En el caso de que se proyecten vías de navegación con más de dos carriles se mantendrán los criterios de diseño establecidos para vías de dos carriles, de manera que cada carril pueda atender a su función independientemente.

Las configuraciones geométricas se proyectarán de manera que la navegación de los buques pueda realizarse del modo más simplificado posible, tomando en consideración el sistema de balizamiento previsto.

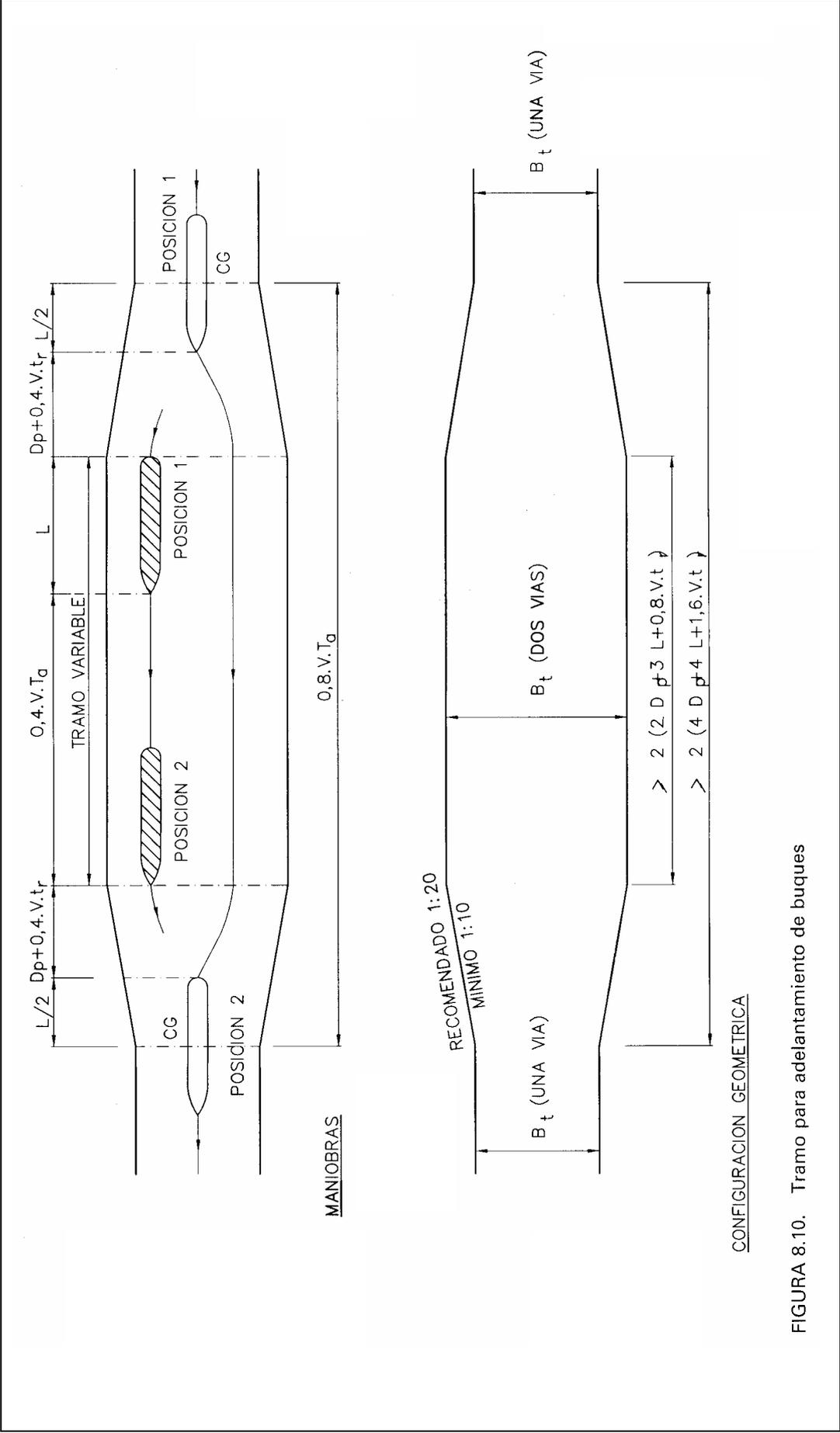


FIGURA 8.10. Tramo para adelantamiento de buques

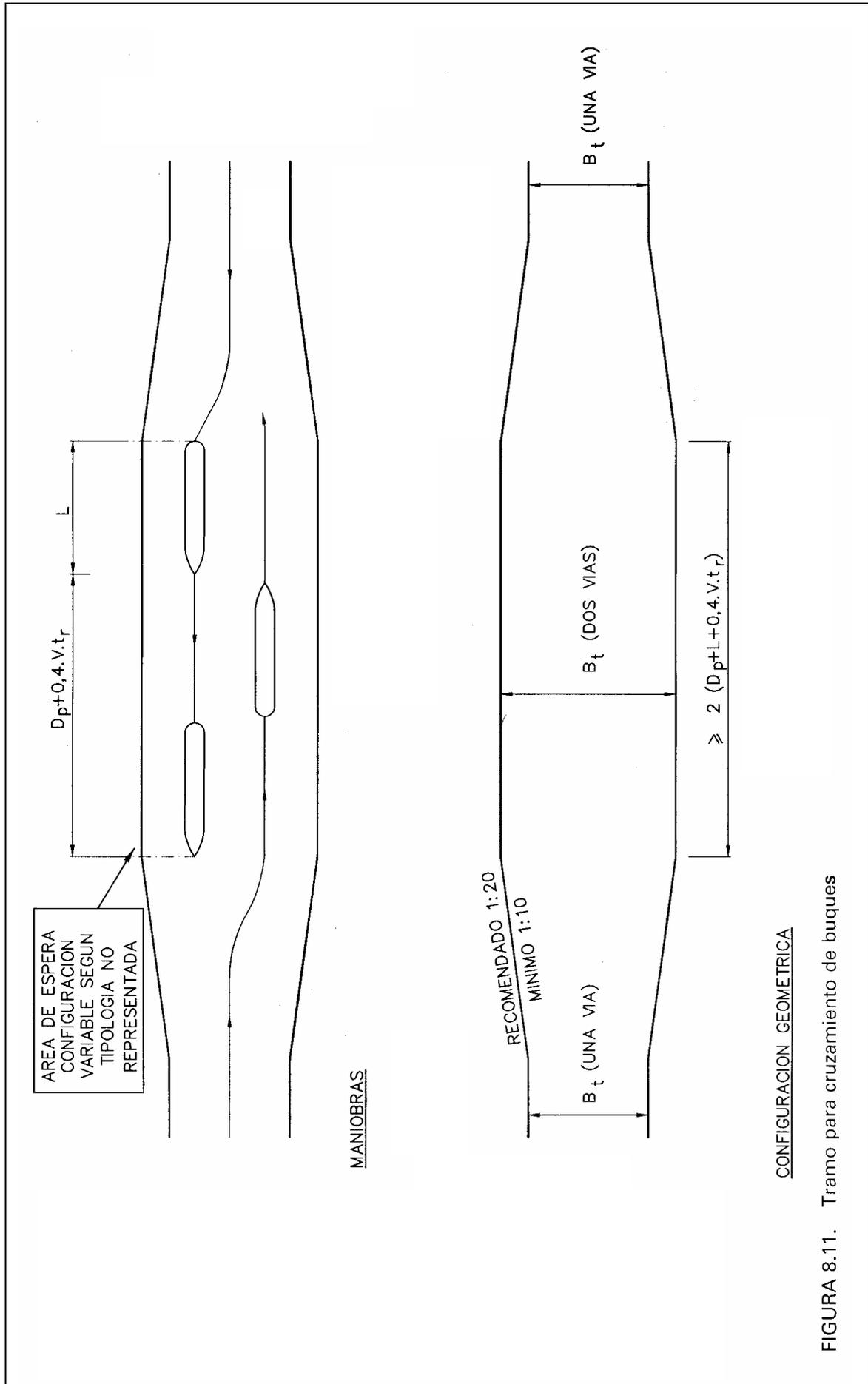


FIGURA 8.11. Tramo para cruzamiento de buques

8.4.3.3. DETERMINACION DE LA ANCHURA NOMINAL « B_n » POR EL METODO SEMIPROBABILISTICO

En este procedimiento el dimensionamiento geométrico de la vía navegable se basa fundamentalmente en el análisis estadístico de la ocupación de espacios por los buques en las diferentes maniobras que se consideren, lo que permitirá, en el caso de disponer de un número suficiente de repeticiones de las maniobras, asociar el dimensionamiento resultante al riesgo previamente establecido en cada caso.

La aplicación práctica de este método podrá realizarse en base a estudios con simulador, ensayos a escala reducida, mediciones en tiempo real o procedimientos similares, que pueden reproducir el problema planteado con mayor o menor precisión. En la Parte 9 de esta ROM se recogen los aspectos principales de los Modelos de Simulación, que son la herramienta más frecuentemente utilizada para este tipo de estudios.

Previamente a la utilización de este método deberá conocerse con precisión las características del sistema utilizado y sus limitaciones, determinando qué aspectos de la realidad no son reproducibles con el modelo utilizado (p.e. balizamiento y las imprecisiones asociadas a él), puesto que todas aquellas condiciones que no puedan modelizarse deberán ser consideradas por otros procedimientos. El esquema seguido en esta ROM es que en todos estos aspectos que los modelos de simulación no consideren, se utilizará para su valoración los mismos criterios que se han definido para el método determinístico; en particular los Márgenes de Seguridad (rh_{sd}) se valorarán exactamente igual en ambos métodos.

El análisis efectuado con estos procedimientos estudia normalmente diferentes trayectorias de buques, recorriendo tramos completos de la vía navegable, en los que podrían presentarse tramos rectos o curvos, así como condiciones climáticas constantes o variables a lo largo de la traza, que podrán así ser estudiados en conjunto, analizando con mayor precisión la interacción entre unas y otras. La mayoría de los simuladores actuales analizan en cada trayectoria el caso de una vía en la que sólo existe un buque en navegación, por lo que, en general, e estudio de las vías con dos carriles de navegación, en cualquiera de los supuestos del apartado 8.4.3.2 exigirá tomar en consideración una zona o banda de separación intermedia con anchura (b_s) calculada como allí se indica.

El procedimiento general de dimensionamiento comprenderá las fases siguientes:

- 1.º Conocer el modelo a utilizar y las limitaciones del mismo, especialmente aquellos aspectos que no puedan reproducirse en el estudio y que deberán ser abordados por procedimientos determinísticos.
- 2.º Conocer las características de la vía de navegación y de su entorno (definición geométrica de la traza, batimetría y niveles de agua, clima marítimo existente en la zona, etc.). El nivel de definición requerido a este respecto puede variar significativamente según el sistema de simulación utilizado.
- 3.º Definir los sistemas de señalización y balizamiento que se pueden instalar, así como la forma en que se incorporan al simulador.
- 4.º Definir las condiciones climáticas límites de operación según el tipo y las dimensiones de los buques, los remolcadores disponibles o cualquier otra condición particular que se pueda definir en cada caso.
- 5.º Definir los remolcadores disponibles y su intervención en las maniobras en función del tipo y dimensiones de los buques, condiciones climáticas existentes o cualquier otra condición que se establezca.
- 6.º Concretar los «escenarios» que se van a reproducir en el simulador. Se entiende por «escenario» el conjunto de condiciones que definen una maniobra (que se repetirá varias veces para darla un tratamiento estadístico), comprendiendo al menos los aspectos siguientes:
 - El tipo de buque representativo del tramo de flota que quiera estudiarse.
 - Las condiciones climáticas límites de operación representativas del intervalo que se vaya a analizar.
 - Los remolcadores y otras ayudas a la navegación que estarán disponibles en esta operación.

- 7.° Definir el número de pasadas que se van a efectuar en el simulador repitiendo la maniobra correspondiente a un mismo escenario. En la medida que se disponga de un mayor número de pasadas aumentará la precisión del estudio, con la contrapartida de incrementar los costos de la simulación. Se recomienda utilizar un número de pasadas comprendido entre 12 y 15 para la realización de proyectos definitivos.
- 8.° Concretar las secciones transversales de la vía navegable en las que se va a efectuar la evaluación de espacios ocupados por el buque (pueden analizarse las secciones críticas, todas las secciones transversales a una separación geométrica o temporal predeterminada e incluso puede obtenerse un registro continuo de todas las sendas ocupadas por el buque en cada una de las trayectorias).
- 9.° Analizar estadísticamente los resultados obtenidos en el simulador, atendiendo a la finalidad del estudio. Si el objetivo es sólo determinar la anchura de la vía navegable el interés estará únicamente en los valores límites de la ocupación de espacios en las bandas de babor o estribor de la vía navegable; si además se quiere optimizar la traza de la vía será necesario analizar las desviaciones del centro de gravedad del buque en relación con la traza prefijada de referencia (ver figura 8.12). En todos los casos el proceso será determinar las funciones de densidad y las de excedencia, ajustando diferentes funciones de distribución (Normal, Gumbel, Weibull, etc.), para cada una de las secciones transversales de estudio, determinando sus coeficientes de correlación y seleccionando las funciones de mejor ajuste, que en general serán las de tipo simétrico para el estudio de la posición del centro de gravedad y las de tipo asimétrico cuando se analice la ocupación de espacios en cualquiera de las dos bandas.
- 10.° Seleccionar las funciones de distribución (preferentemente un mismo tipo para las bandas y otro para el centro de gravedad, si es preciso). Para optimizar el eje de la traza se utilizarán en cada sección los valores medios de la función de densidad de la desviación del centro de gravedad. Para analizar la anchura de la vía navegable, se utilizarán las funciones de probabilidad de excedencia, determinándose además las bandas de confianza más desfavorables (las que produzcan mayor ocupación) correspondientes al 95%; sobre estas bandas de confianza se calculará la probabilidad de excedencia (p_{ij}) de que esa vía navegable sea sobrepasada en esa sección por un buque del tipo (i) en las condiciones de operatividad del intervalo (j) —escenario analizado— entrando así con el procedimiento descrito en el apartado 2.5 y particularmente en el subapartado 2.5.6.

La anchura nominal de la vía navegable con un solo carril de navegación determinada por este método semiprobabilístico será:

$$B_n = [\text{Anchura entre bandas calculada estadísticamente en función del riesgo «E» prefijado}] + [\text{sobrecargos debidos a efectos no contemplados en el simulador, que se calcularán con los criterios establecidos por el método determinístico}] + [\text{Margen de Seguridad «}rh_{sd}\text{» valorado con los criterios establecidos por el método determinístico}]$$

Para las vías con dos o más carriles de navegación, en cualquiera de las tipologías definidas en los subapartados b, c, d ó e del artículo 8.4.3.2.a, la anchura nominal de la vía navegable « B_n » se calculará generalizando el criterio anterior, en función de las características del modelo de simulación utilizado e incluyendo en cualquier caso una banda de separación intermedia de anchura (b_s) calculada con los criterios establecidos para el método determinístico. Para las configuraciones geométricas en planta representadas en las figuras 8.09, 8.10 y 8.11 se mantendrán dichos esquemas, salvo que se justifiquen otros distintos basados en los estudios de simulación, que respeten los criterios de dimensionamiento recogidos en esta ROM para métodos semiprobabilísticos.

8.4.4. PUNTO DE NO RETORNO

En la práctica, en todas las vías de navegación de aproximación a puerto existirá un llamado «punto de no retorno», a partir del cual el buque no podrá parar (sin obstruir la vía de navegación), revirar para cambiar el sentido de la navegación, o fondear dejando libre el sentido de la navegación, y en consecuencia el buque deberá continuar su ruta hacia el puerto. Este «punto de no retorno» deberá estar situado lo más próximo posible a la entrada del puerto propiamente dicho, proporcionando espacios para permitir las maniobras de reviro, fondeo, amarre provisional o los que se prevean en cada caso, cuyas dimensiones se determinarán conforme se indican en otros apartados de esta Recomen-

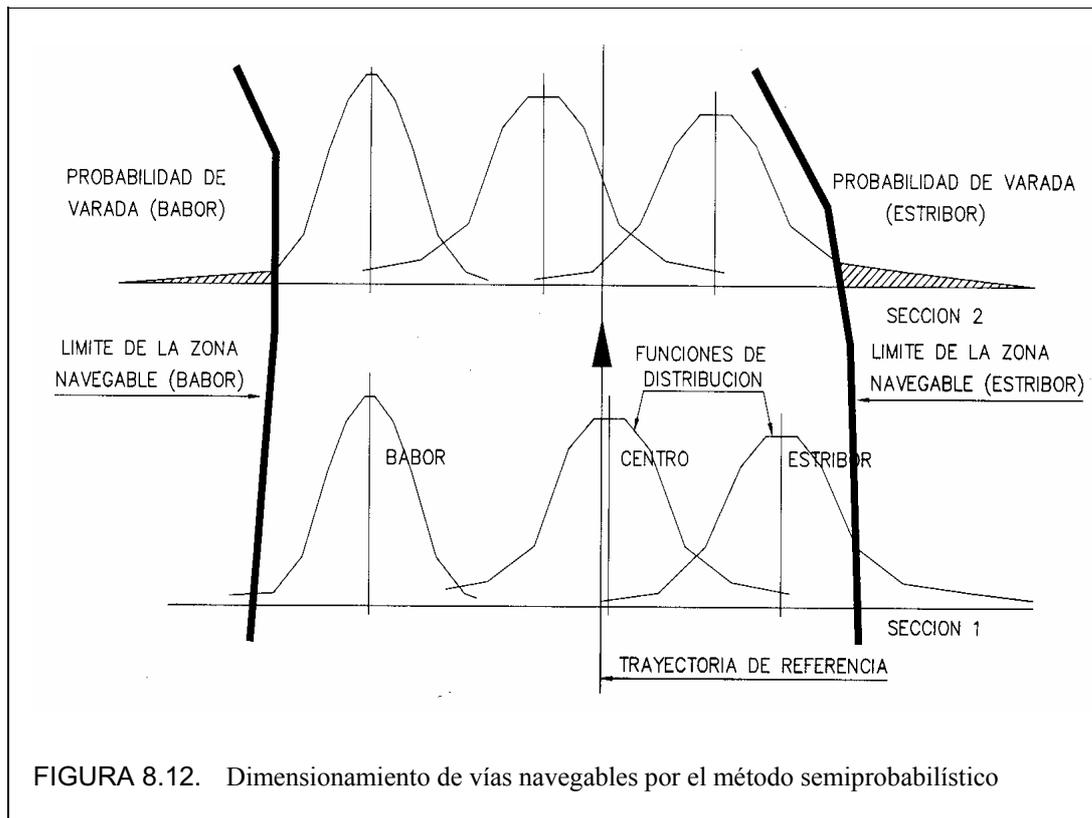


FIGURA 8.12. Dimensionamiento de vías navegables por el método semiprobabilístico

dación. Los espacios necesarios para fondeaderos y amarraderos se desarrollan al margen de la vía de navegación, manteniendo un espacio de reserva de $2,5 B$ (B = manga del buque de diseño de la vía) entre el borde de la vía navegable y la posición mas avanzada que pueda alcanzar el buque fondeado o amarrado. El espacio necesario para el área de reviro podrá desarrollarse sobre la propia vía de navegación en el caso de que la densidad de tráfico, considerando el movimiento de buques en ambos sentidos, sea igual o menor de 1 buque/hora; para densidades de tráfico superiores se recomienda que el área de reviro quede implantado fuera de la vía de navegación, de manera que ésta mantenga su funcionalidad en todo momento.

En el caso de vías navegables muy largas y en función de las intensidades de tráfico que presenten, puede ser necesario disponer de varias zonas a lo largo de la vía con la misma finalidad que un «punto de no retorno».

8.4.5. BALIZAMIENTO DE LAS VIAS DE NAVEGACION

a) CRITERIOS GENERALES

El balizamiento de las vías de navegación depende de las dimensiones y geometría de la vía, de las dimensiones de los buques que la utilicen, de la densidad de tráfico y de las condiciones límites de operación en las que se navegue por ella incluyendo entre estas la visibilidad mínima para la navegación que determina el Nivel de Servicio o porcentaje de tiempo en el que la navegación no puede realizarse por falta de viabilidad.

Para definir correctamente el balizamiento de una vía de navegación deben definirse previamente una serie de tramos en ella en función de la maniobra que se realice: cambio de rumbo, transición y navegación en tramo recto. El tipo de maniobra que se efectúa en cada tramo determina la información que debe facilitarse al buque por el sistema de balizamiento.

El tramo en el que se efectúa el cambio de rumbo del buque (tramos curvos de la vía de navegación) es donde se desarrollan las maniobras de mayor dificultad, y en las que se precisa que el capitán del buque realice frecuentes evaluaciones de la posición del barco tanto en sentido longitudinal como transversa a la vía navegable, así como de la velocidad con la que está navegando. Por esta razón el balizamiento de los tramos curvos de

la vía de navegación debe ser objeto de la mayor atención, intensificando en ellos el número de ayudas a la navegación.

En los tramos de transición es donde el navegante debe realizar los mayores esfuerzos para localizar la alineación recta subsiguiente y para maniobrar el buque dirigiéndole hacia ella. Para facilitar esta función el navegante necesita disponer de una información precisa de las márgenes de la vía navegable y de la posición del buque en relación con ellos. Tendrán la consideración de tramos de transición no sólo los inmediatamente anteriores y posteriores a un tramo curvo, sino también todos aquéllos en los que la navegación se efectúe en condiciones climáticas variables, así como el acceso a la vía de navegación desde mar abierto.

La longitud de los tramos de transición depende de las dimensiones y velocidad del buque que se considera y ha quedado ya definida en la mayor parte de los supuestos habituales en el apartado 8.4.3. Para otros casos que no queden cubiertos por dichas recomendaciones podrán adoptarse las siguientes longitudes de transición aplicables a buques que se desplacen a velocidades comprendidas entre 3 y 6 m/s (aprox 6 a 12 nudos).

Tamaño del buque (TPM)	Longitud del tramo de transición (m)
30.000	1.300
50.000	1.900
70.000	2.400
90.000	3.000
110.000	3.500

En los tramos rectos el interés del navegante es seguir el eje de la vía navegable sin intención de abandonarle y por ello no necesita un conocimiento preciso de las márgenes de la vía navegable.

El número y calidad de las ayudas a la navegación que se utilicen en estos tramos rectos dependerá de la precisión en el posicionamiento del buque que se quiera conseguir en función de los criterios adoptados para su dimensionamiento.

b) SISTEMA DE BALIZAMIENTO Y TIPOS DE AYUDAS A LA NAVEGACION

Dependiendo de los requerimientos y la situación de la vía de navegación, pueden utilizarse los tipos siguientes de ayudas a la navegación:

- Visuales (transmiten la información por vía visual, ya sean luminosas o ciegas).
- Radioeléctricas (transmiten la información mediante ondas radioeléctricas).
- Una mezcla de ambos.

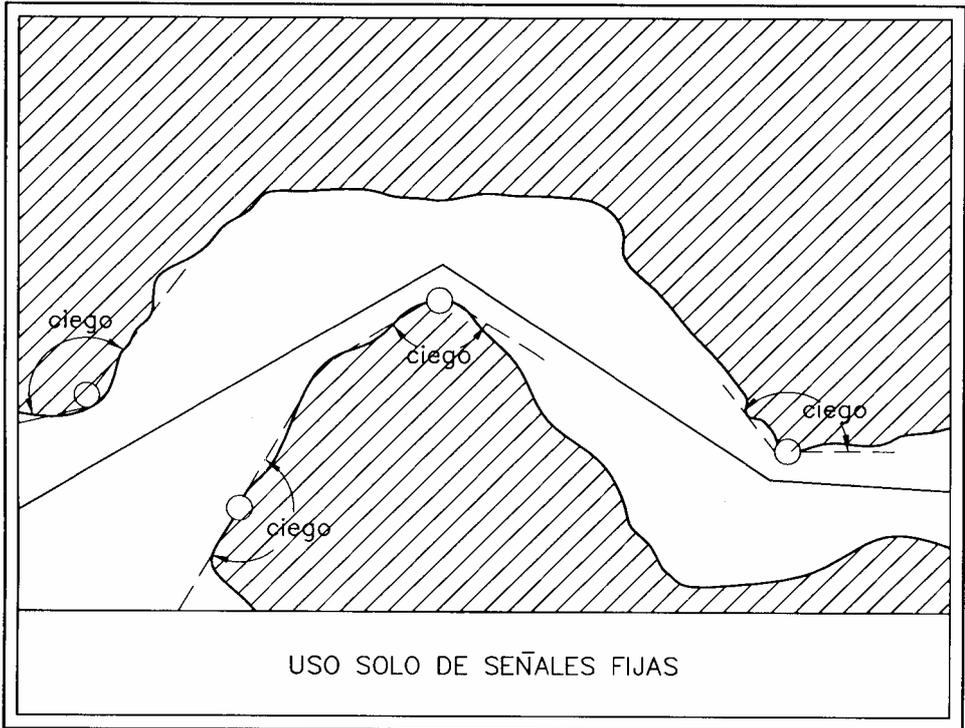
Adicionalmente a estos tipos pueden tomarse en consideración otras ayudas, tales como VTS (Servicios para el Tráfico de Buques), practicaje, condiciones naturales del emplazamiento, etc., que puedan estar a disposición del navegante.

Las boyas, balizas, enfilaciones, luces direccionales, luces de sectores, etc., que se utilicen deberán estar de acuerdo con el Sistema de Balizamiento Marítimo, la Guía para su Aplicación y las Recomendaciones de la AISM.

Es importante que, cuando se utilizan señales visuales para marcar la vía navegable, al navegar adelante pueda observarse la señal situada inmediatamente por delante del buque antes de que deje de verse la situada inmediatamente por detrás del mismo, de modo que se disponga siempre de dos referencias visuales simultáneamente. Esto puede conseguirse utilizando boyas, balizas, luces direccionales y luces de sectores.

En las figs. 8.13 a 8.20 se esquematizan algunas de las posibles soluciones a utilizar para el balizamiento de las vías navegables, tomadas de la Guía de Ayudas a la Navegación (NAVGUIDE) de la AISM.

En el supuesto de que se utilicen boyas o balizas fijas para señalar los márgenes de la vía navegable se recomienda la utilización de parejas de boyas o balizas, dispuestas transversalmente al eje de la vía. En las figs. 8.21 a 8.25 se recogen los esquemas mínimos que deberán ser utilizados para el balizamiento de tramos curvos y algunos otros tramos especiales.



EN VIAS NAVEGABLES NO CRITICAS

- SEÑAL FIJA
- SEÑAL FLOTANTE

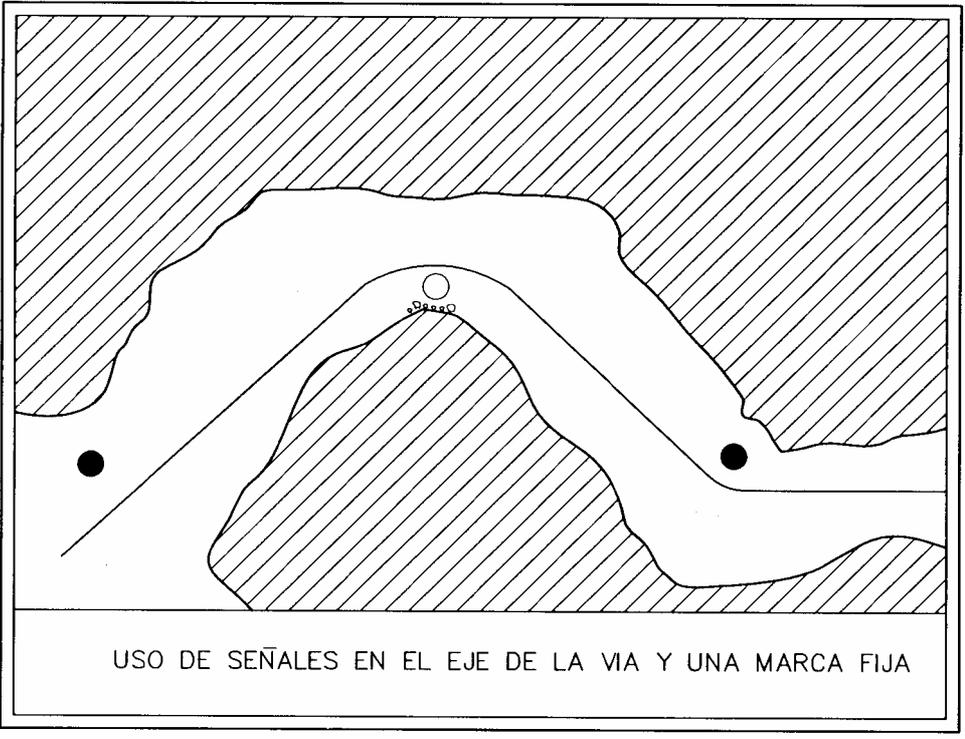
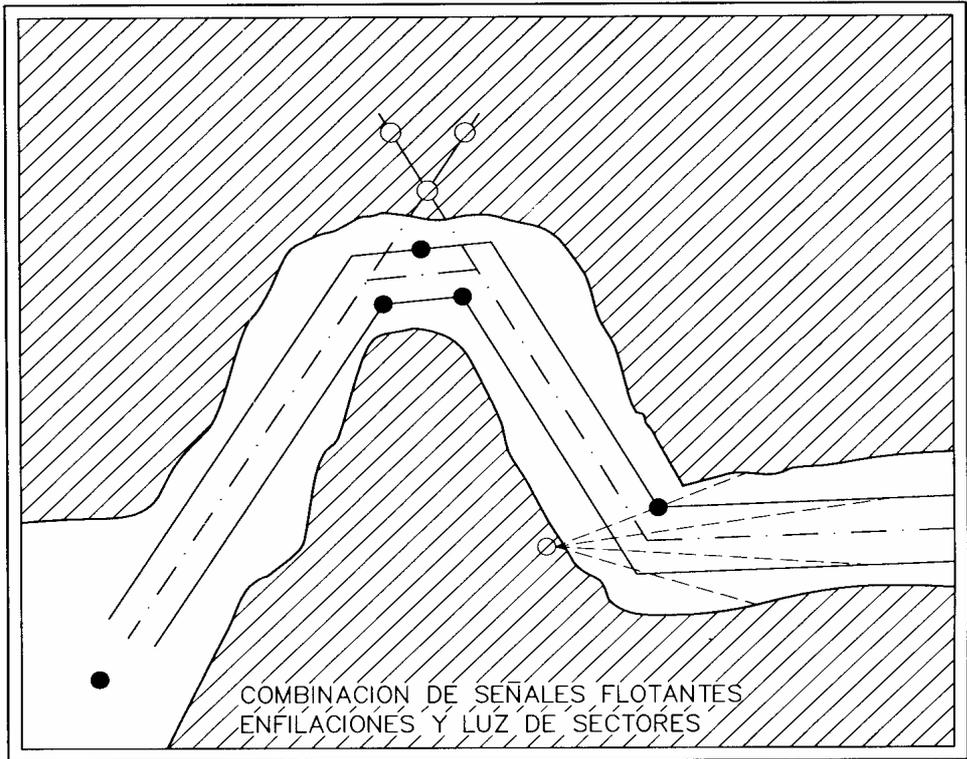
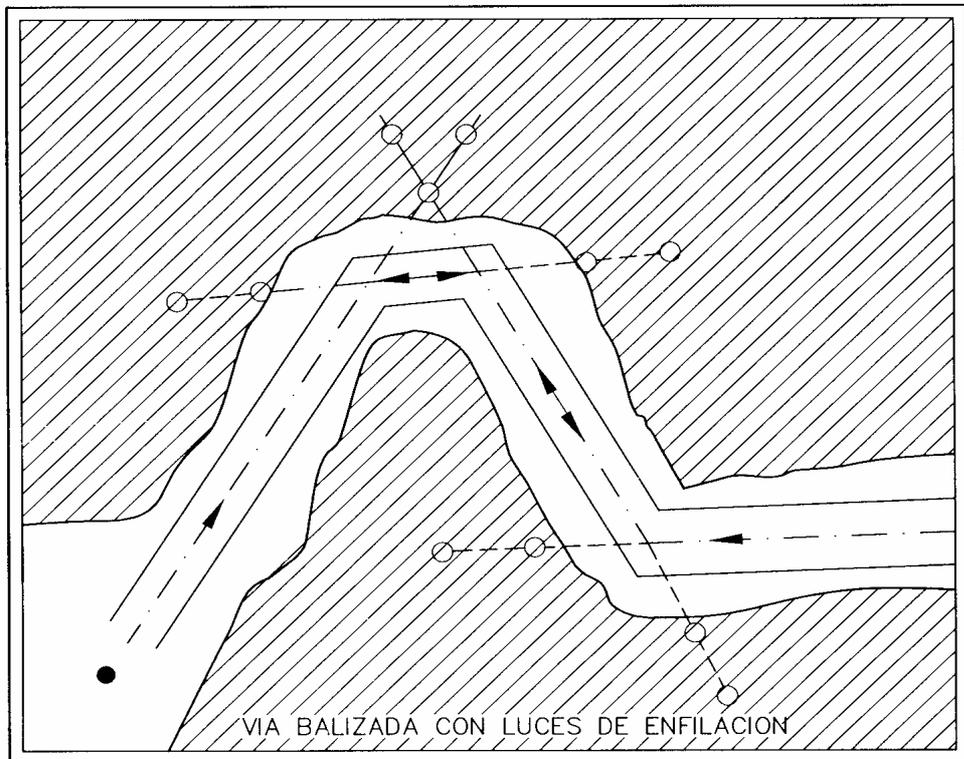


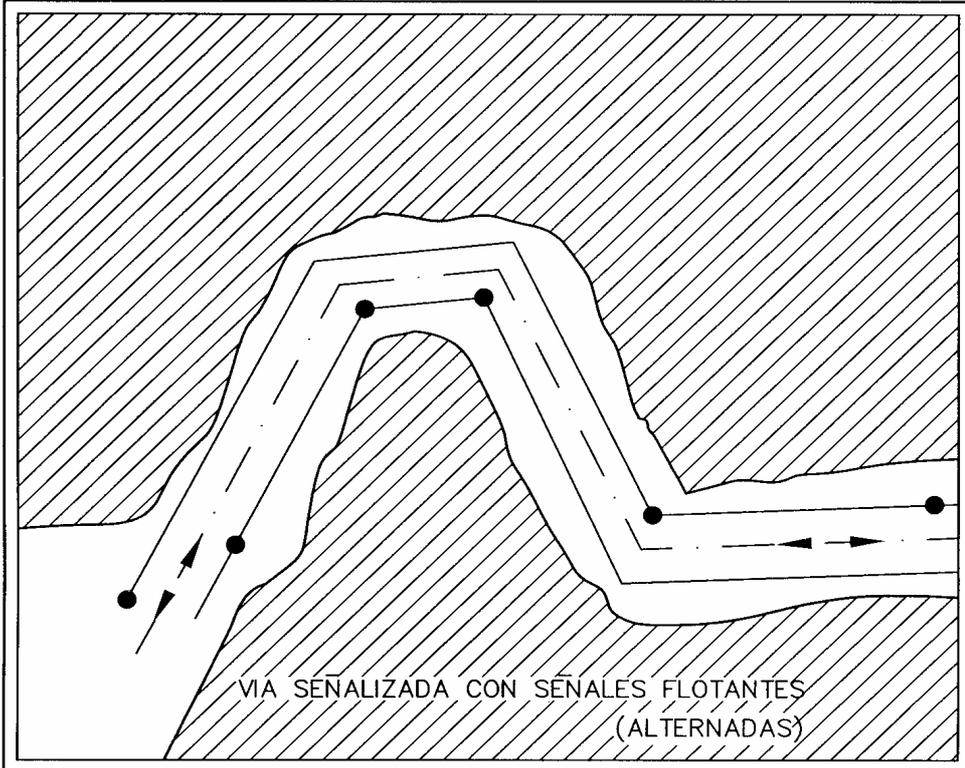
FIGURA 8.13 Y 8.14 Sistemas de balizamiento marítimo (AISM)



- | | | | |
|---|----------------|-----------|------------------|
| ○ | SEÑAL FIJA | --- | EJE DE LA VIA |
| ● | SEÑAL FLOTANTE | — | MARGEN DE LA VIA |
| | | - - - - - | LUZ |



FIGURAS 8.15 Y 8.16 Sistemas de balizamiento marítimo (AISM)



- | | | | |
|---|----------------|-------|------------------|
| ○ | SEÑAL FIJA | — · — | EJE DE LA VIA |
| ● | SEÑAL FLOTANTE | — — — | MARGEN DE LA VIA |
| | | — · — | LUZ |

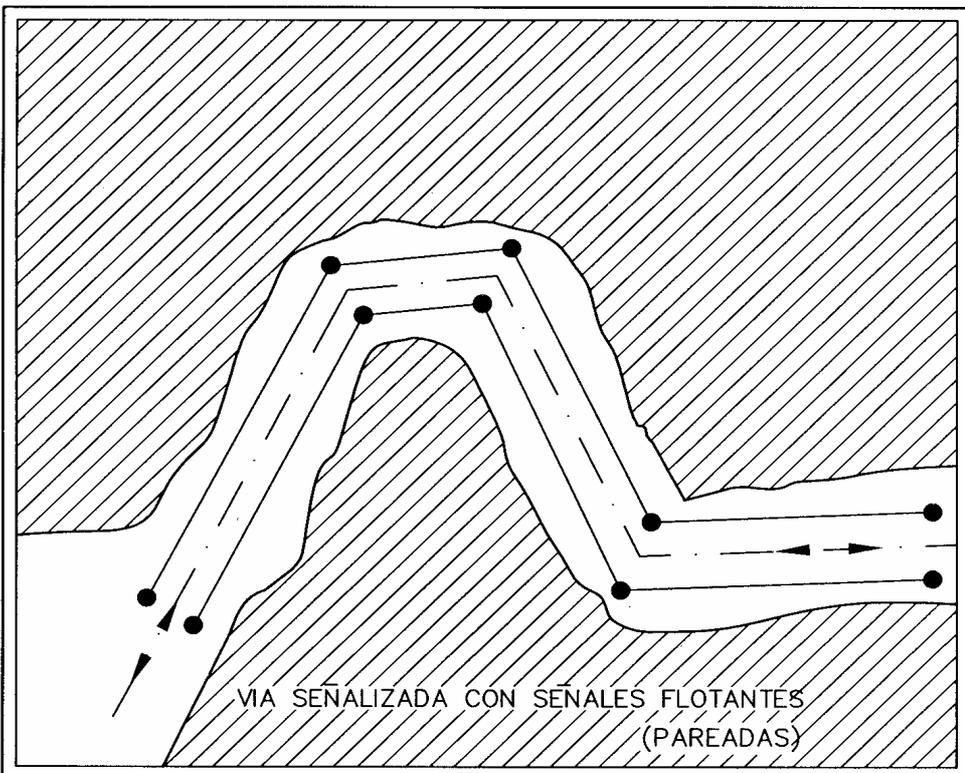
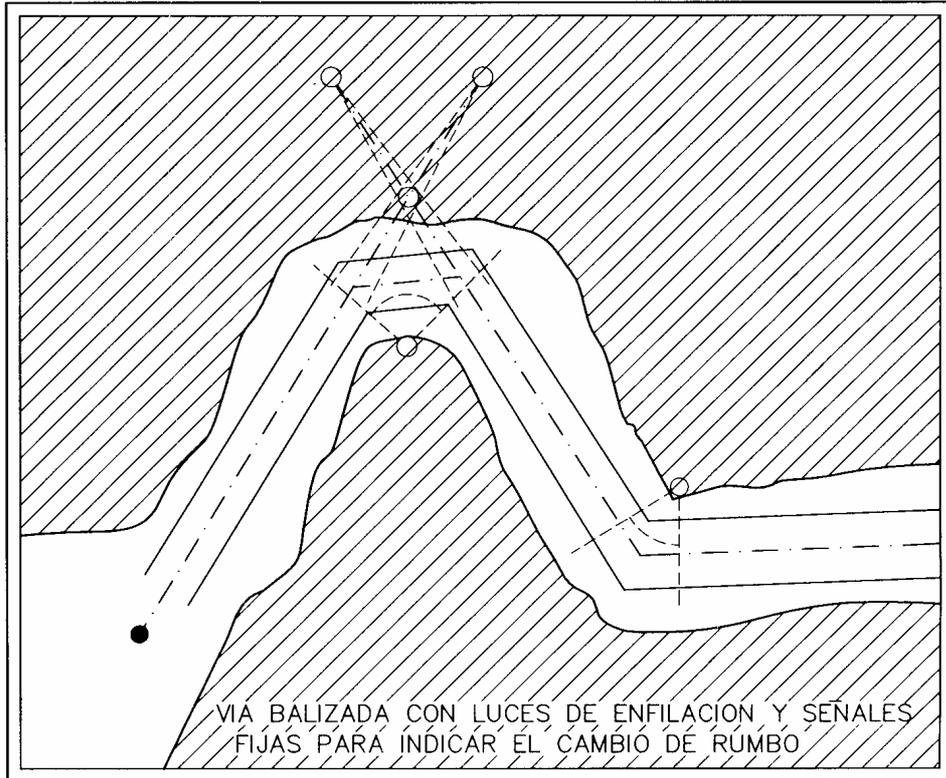
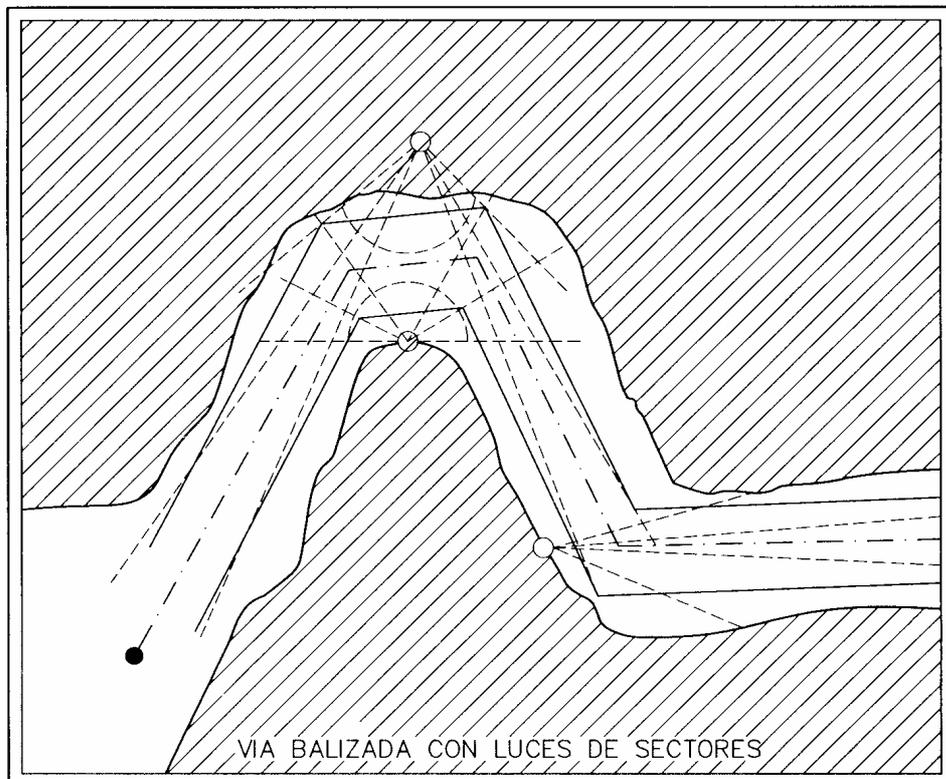


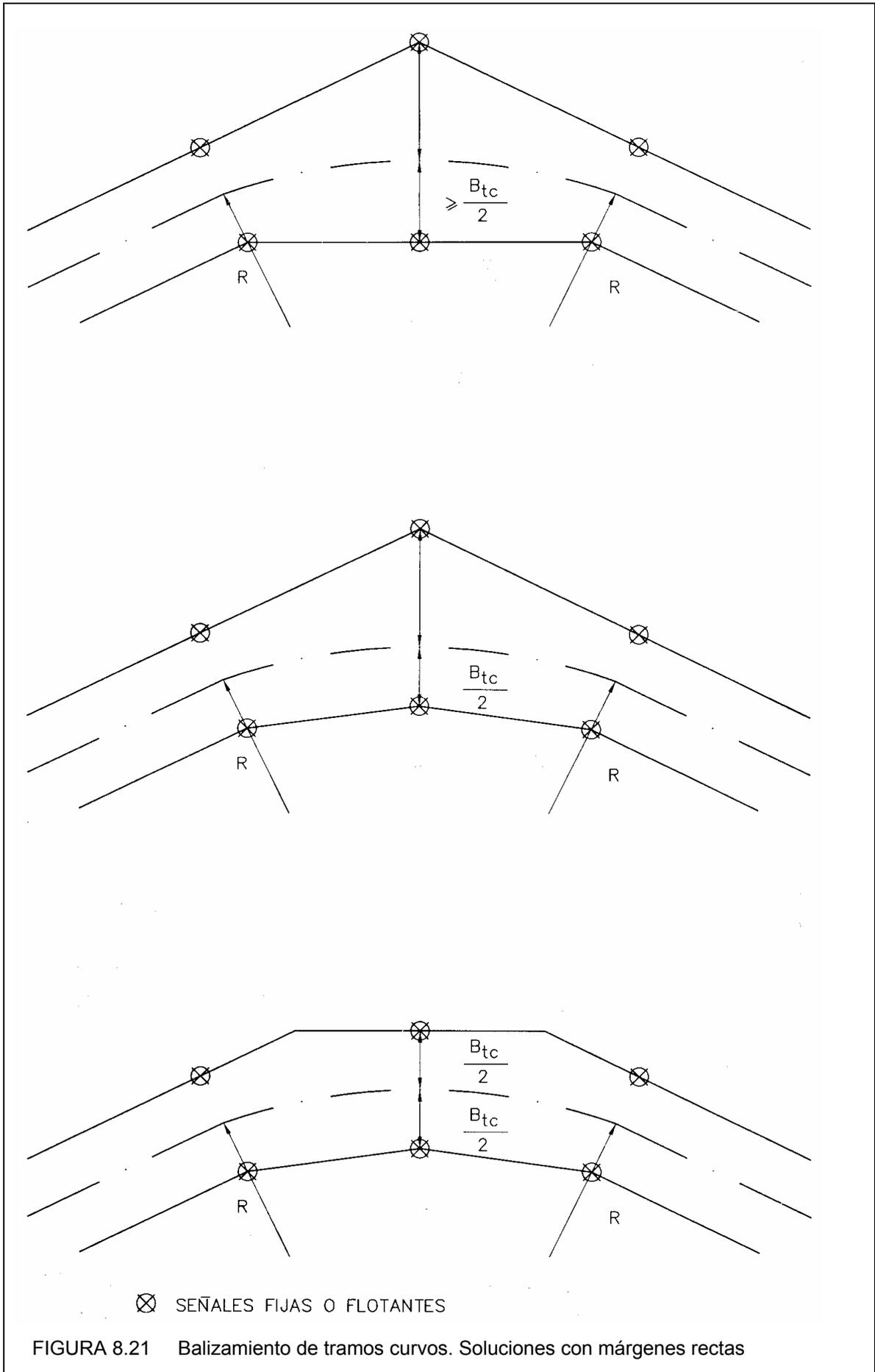
FIGURA 8.17 Y 8.18 Sistemas de balizamiento marítimo (AISM)



- | | | | |
|---|----------------|-----------|------------------|
| ○ | SEÑAL FIJA | ----- | EJE DE LA VIA |
| ● | SEÑAL FLOTANTE | ————— | MARGEN DE LA VIA |
| | | - - - - - | LUZ |



FIGURAS 8.19 Y 8.20 Sistemas de balizamiento marítimo(AISM)



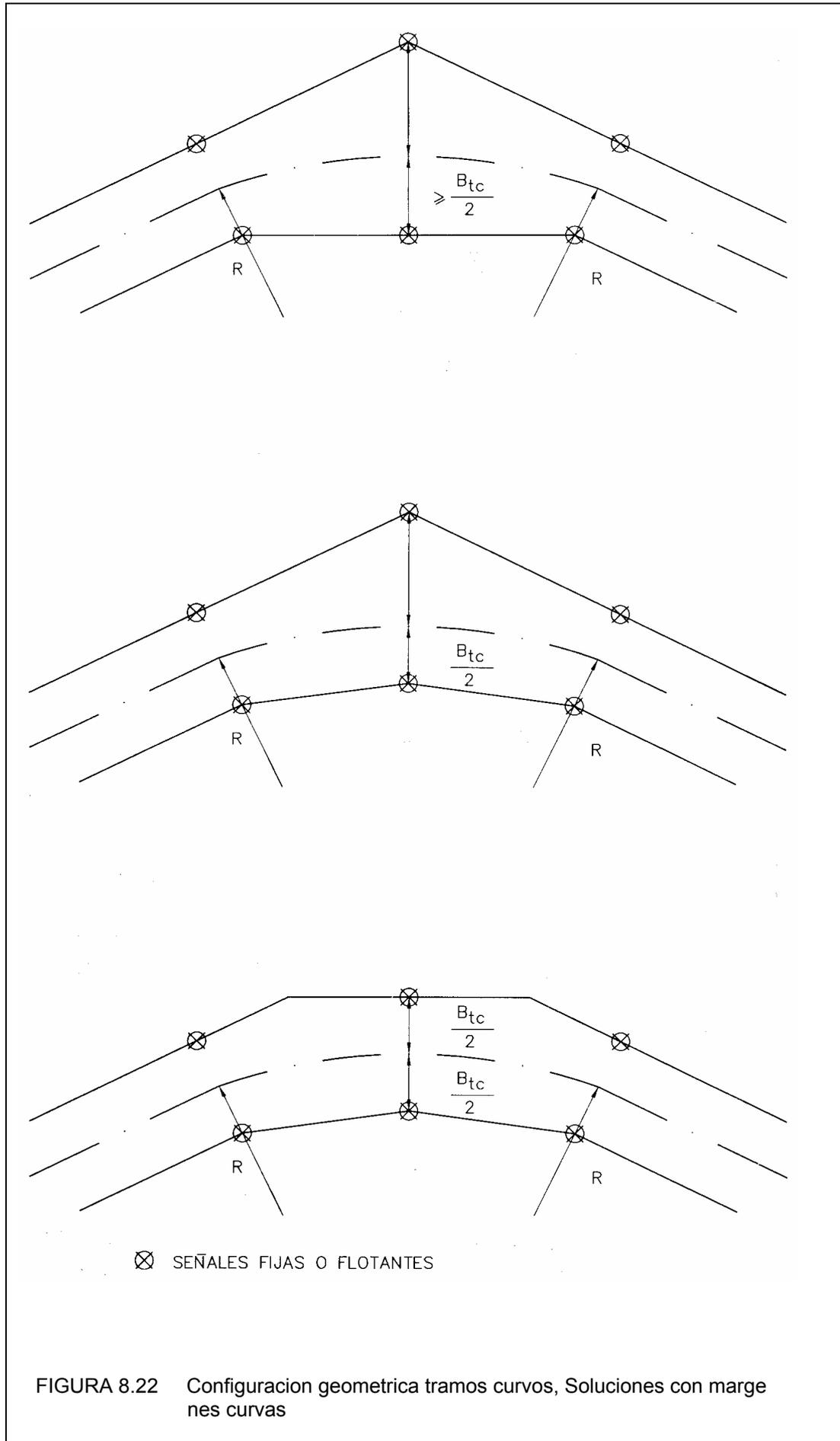


FIGURA 8.22 Configuración geométrica tramos curvos, Soluciones con margenes curvas

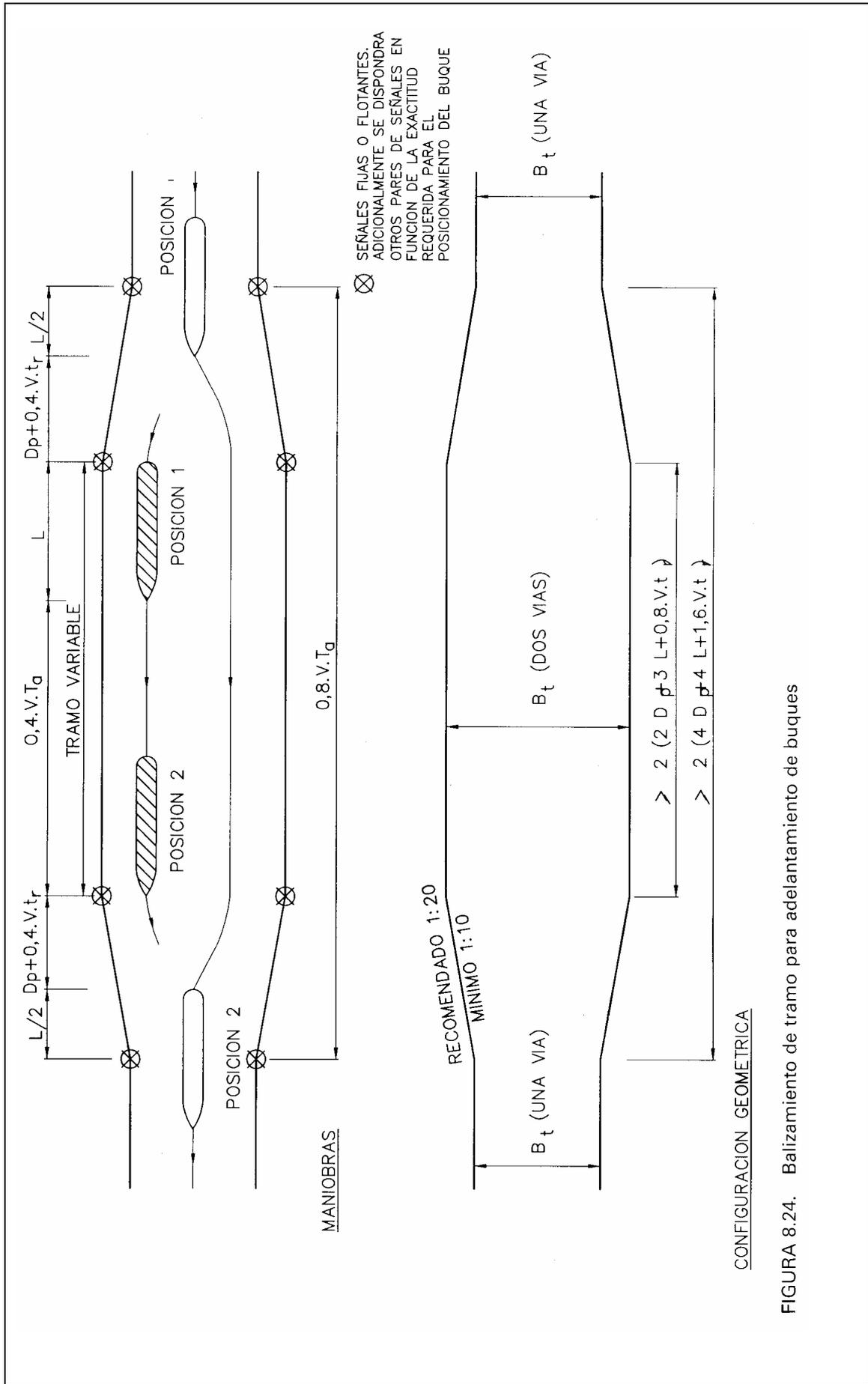
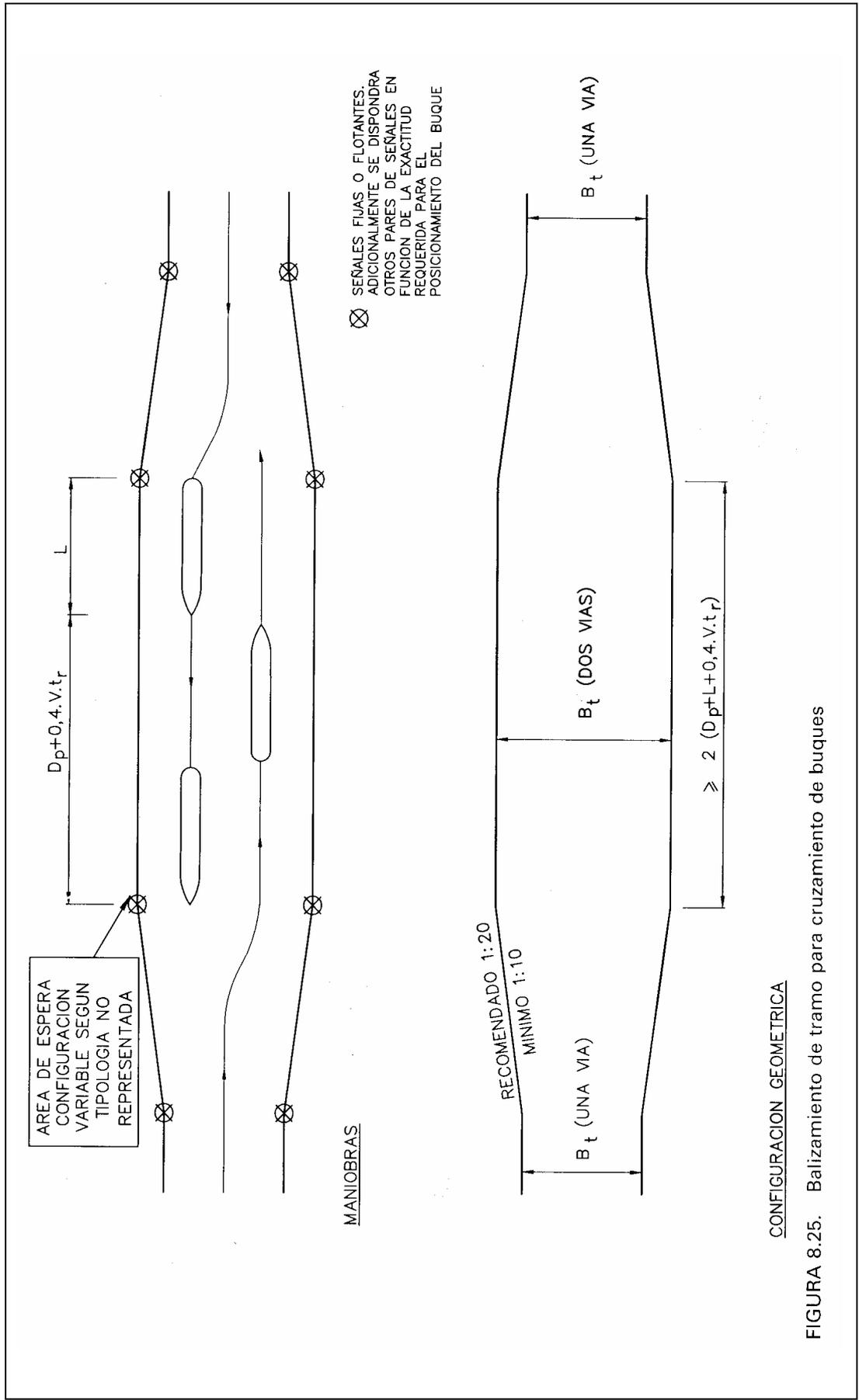


FIGURA 8.24. Balizamiento de tramo para adelantamiento de buques



8.5. BOCANAS DE PUERTOS

8.5.1. FACTORES QUE AFECTAN A SU PROYECTO

Las bocas de entrada y salida a puerto se proyectarán tomando en consideración los siguientes condicionantes principales:

- La configuración general del puerto y la integración de la bocana o bocanas del puerto en sus infraestructuras (diques, contradiques, muelles, dragados, etc.) y en sus áreas de flotación (vías de navegación, fondeaderos, áreas de maniobras de buques, dársenas, etc.), así como la morfología y tipología estructural de los elementos que configuran la bocana.
- La navegación de entrada y salida de los buques al puerto, contemplando tanto las intensidades de tráfico previsible, como los mayores buques de diseño que se prevea operen en el puerto, en las condiciones límites de operación que se establezcan.
- La limitación a la entrada de energía del oleaje en el interior del puerto, atendiendo al clima marítimo existente en el emplazamiento, de manera que la agitación que se produzca en las áreas de flotación utilizadas por el puerto sea la menor posible, en función de los usos que se prevea desarrollar en cada una de ellas.
- La conveniencia de limitar los períodos de cierre del puerto que se generen en la propia bocana, ocasionados por el clima marítimo existente en la zona y la configuración que se adopte para la bocana (rotura del oleaje en la boca del puerto, generación de fuertes corrientes transversales, etc.).
- La dinámica litoral existente en la zona y las modificaciones que se puedan producir en ella a consecuencia de las propias infraestructuras portuarias, tomando en consideración no sólo las afecciones que puedan producirse en el propio puerto (aterramientos de la bocana y de otras áreas de navegación), sino también los que se pudieran ocasionar en otras zonas próximas o remotas afectadas por la misma dinámica litoral.
- Las características geológicas y geotécnicas del emplazamiento y la idoneidad consecuente de los terrenos para recibir obras de infraestructuras o desarrollar sobre ellos áreas de flotación.
- Las previsible ampliaciones del puerto y las limitaciones que a este respecto pudiera representar la configuración que se adopte para la bocana.
- Los impactos medioambientales que puedan producirse tanto en fase de construcción como en fase de servicio, etc.
- La incidencia de otros condicionantes de planificación diferentes del estrictamente portuario, que pudieran afectar al emplazamiento concreto que se analice, y en particular los que se deriven del planeamiento urbano y costero.

En la práctica, la consideración de todos estos condicionantes conducirá a soluciones de compromiso en las que se consiga un equilibrio entre condicionantes que a veces resultarán contrapuestos (por ejemplo la obtención de la mejor accesibilidad podría conllevar unos índices de agitación en el interior del puerto poco adecuados para la explotación portuaria que se considere).

El análisis de todos estos factores supera el alcance de esta ROM y será objeto de análisis detallado en otras Recomendaciones de este programa. La presente ROM 3.1 se limita exclusivamente al análisis de los aspectos relacionados con la navegación citados en el punto 2 de la relación anterior, tomando en consideración la incidencia que tengan en ella otros factores (clima marítimo, tipología de las infraestructuras que conformen la bocana, naturaleza de los terrenos, etc.).

8.5.2. CONDICIONES IMPUESTAS POR LA NAVEGABILIDAD

La maniobrabilidad de los buques para el cruce de la bocana del puerto no puede considerarse como un hecho puntual limitado al cruce estricto del paso de la boca, debiendo realizarse, por el contrario, el análisis de un tramo completo de la vía de navegación que se extiende desde los puntos aguas arriba y aguas abajo en los que se inician y finalizan las maniobras de navegación para el cruce de la bocana.

El procedimiento general de análisis es el que se ha descrito en el apartado 8.4 anterior ya sea utilizando el método determinístico o el probabilístico, tomando en consideración los aspectos específicos siguientes:

- La navegación en el tramo afectado por la bocana se desarrollará a través de una vía con un trazado totalmente definido. Si bien la recomendación general es que este trazado sea recto, con frecuencia será necesario recurrir a trayectorias mixtas en las que a un tramo recto exterior al puerto seguirá una navegación en curva para buscar rápidamente aguas protegidas. Asimismo, será habitual que la navegación exterior al puerto pueda efectuarse por varias rutas alternativas, con el control de la navegación adecuado, lo que no invalida el supuesto de que debe existir uno (o varios) trazados totalmente definidos.
- Dado que las rutas de aproximación habituales están prefijadas y no pueden adecuarse a las características de vientos, oleajes o corrientes existentes en cada momento, habrá que prever acciones importantes de componente transversal y en consecuencia ángulos de deriva próximos a los valores máximos admisibles. Las condiciones del clima marítimo que se consideren límites de operación se determinarán en función del nivel de servicio que se desee obtener; a falta de estudios específicos se recomienda utilizar las siguientes condiciones climáticas transversales, que son las que se consideran normalmente para el dimensionamiento de estas zonas:
 - Velocidad absoluta del viento $V_{10.1 \text{ min}}$ $\leq 10.00 \text{ m/s}$ (20 nudos)
 - Velocidad absoluta de la corriente $V_{c.1 \text{ min}}$ $\leq 0.50 \text{ m/s}$ (1 nudo)
 - Altura de la Ola H_s $\leq 3.00 \text{ m}$
- En los puertos de refugio para embarcaciones menores (pesqueras y deportivas), así como en todos aquéllos que se diseñen para operar en condiciones climáticas severas, deberán establecerse rutas de navegación de acceso que permitan que el buque arribe a puerto empopado al temporal o formando un pequeño ángulo con aquél, lo que se denomina navegar con temporal a una cuarta o con temporal por la aleta, debiendo considerarse ángulos de hasta $15/20^\circ$ entre la ruta y la dirección del oleaje.

Las condiciones climáticas longitudinales que se consideren límites para el análisis de estas rutas de entrada en temporales se establecerán mediante el análisis estadístico de los niveles de servicio que se quieran establecer, recomendándose que a falta de criterios específicos se consideren los límites de operación siguientes:

 - Velocidad absoluta del viento $V_{10.1 \text{ min}}$ $\leq 16.00 \text{ m/s}$ (32 nudos)
 - Velocidad absoluta de la corriente $V_{c.1 \text{ min}}$ $\leq 2.00 \text{ m/s}$ (4 nudos)
 - Altura de la Ola H_s $\leq 5.00 \text{ m}$
- La navegación en el tramo de cruce de la bocana del puerto generalmente corresponderá a condiciones climáticas variables y en consecuencia habrá que tomar en consideración los sobreanchos que se establecen para corregir este efecto. (ver apartado 8.4.) que se desarrollarán en las longitudes y con las transiciones que allí se recomiendan.
- Con bastante frecuencia y aunque no sea el trazado más favorable, el cruce de la bocana va seguido inmediatamente a continuación de una navegación en curva para buscar rápidamente aguas más abrigadas detrás de los diques de protección del puerto, por lo que también será frecuente prever los sobreanchos para la navegación en tramos curvos (ver apartado 8.4.), así como para desarrollar las transiciones que acompañan a tales tramos curvos.
- Para los puertos deportivos se tomarán en consideración, además, las recomendaciones siguientes:
 - El acceso marítimo al puerto ha de permitir incluso la navegación a vela, sea durante todo el año para los puertos base o de invernada, o durante la temporada para los puertos de escala.
 - Este acceso deberá permitir inscribir rutas de entrada y salida a vela, para cualquier viento posible dentro de las condiciones límites de operación, para barcos de 8 m de eslora, en el supuesto de capacidad de ceñida de 45° , recorrido de arrancada 40 m y deriva de 10 m en la virada. Estas rutas dejarán un resguardo mínimo de 15 m a las batimétricas críticas.

- La bocana de entrada estará por fuera de la línea de rotura de cualquier ola significativa con periodo de retorno de 5 años.

8.5.3. ANCHURA MINIMA DE LA BOCANA DEL PUERTO

Con independencia de la anchura de la bocana del puerto que resulte del análisis de la vía de navegación en el tramo correspondiente, se recomienda que, en el caso de que la bocana esté configurada por los extremos avanzados de dos estructuras artificiales, la anchura nominal de la bocana del puerto medida a la profundidad requerida por el Buque de Proyecto en las condiciones operativas más desfavorables que se admitan, sea igual o superior a la eslora total (L) del citado buque, para prevenir la posibilidad de que el barco quede encallado entre ambas márgenes, con riesgo de partirse al quedar apoyado en ambos extremos en mareas bajas.

8.5.4. BALIZAMIENTO DE LA BOCANA DEL PUERTO

El balizamiento de la bocana del puerto, considerado como un tramo específico de la vía de navegación, se realizará de acuerdo con el Sistema de Balizamiento Marítimo, la Guía para su Aplicación y las Recomendaciones de la AISM.

En el caso de que se considere adecuado balizar los morros, los bajos, las batimétricas críticas de las escolleras u otras obras submarinas de las infraestructuras del puerto, se recurrirá a la utilización de marcas o balizas auxiliares en conformidad con la normativa vigente al respecto.

8.6. AREAS DE MANIOBRA

8.6.1. CONCEPTO

Dentro del concepto de áreas de maniobra, se engloban las zonas que tienen al menos una de las finalidades siguientes:

- Parar el buque.
- Revirar el buque.
- Dar arrancada al buque.

Cuando un barco se aproxima a un puerto o a una terminal, ya sea navegando desde el mar abierto o por una vía de navegación, debe hacerlo a una velocidad mínima suficiente para mantener la navegación controlada en función de las características del emplazamiento y de las condiciones climáticas existentes. Antes de que el buque efectúe las maniobras de atraque debe poder reducir su velocidad prácticamente a cero, necesitando un espacio suficiente para que esta parada del buque pueda desarrollarse en condiciones de seguridad. Por otra parte y simultánea o posteriormente a la operación anterior, es necesario en un gran número de casos que el buque cambie su orientación, girando en espacios reducidos para adecuarse a la alineación requerida por el muelle o atraque que vaya a ocupar.

El proceso es similar en las maniobras de salida, pudiendo requerirse reviro de buques y aceleración de su movimiento para alcanzar las condiciones necesarias de navegación para abandonar el puerto en condiciones de seguridad.

Los espacios necesarios para esta doble función de parada (o aceleración) y reviro del buque se engloban dentro del concepto de áreas de maniobra, ya que frecuentemente son operaciones interconectadas y que en ocasiones pueden desarrollarse en un mismo espacio.

8.6.2. FACTORES QUE AFECTAN A SU DIMENSIONAMIENTO

El dimensionamiento de las áreas de maniobra depende fundamentalmente de los aspectos siguientes:

- El tamaño, dimensiones y características de los buques más desfavorables que se prevee recibir (que pudieran no ser los mayores, por lo que habitualmente se precisará analizar diversos tipos de buques).
- El volumen y naturaleza del tráfico, así como las velocidades admisibles de navegación con que los buques acceden a estas áreas.
- Las características geométricas de los espacios en los que deben desarrollarse estas maniobras.
- El clima marítimo existente en la zona y en particular las condiciones límites de operación que se establezcan para la realización de las maniobras.
- Los efectos de caída lateral de la popa que se producen en las fases finales de la maniobra y que son más acusados en los buques de formas llenas, a bajas velocidades, y más acentuados cuanto más elevada es la profundidad de agua y cuanto mayor es el régimen de máquina atrás utilizado en la maniobra.
- La disponibilidad de remolcadores y las características de los mismos para la realización de las diferentes operaciones asociadas a la maniobra.

En el análisis que se realiza en los apartados posteriores, se supone que no se efectúan maniobras de dos o más buques simultáneamente, por lo que las dimensiones que aquí se establecen están basadas en los espacios requeridos para un solo buque.

8.6.3. DIMENSIONAMIENTO DE LA ZONA DE PARADA DEL BUQUE

8.6.3.1. DIMENSIONAMIENTO POR METODOS DETERMINISTICOS

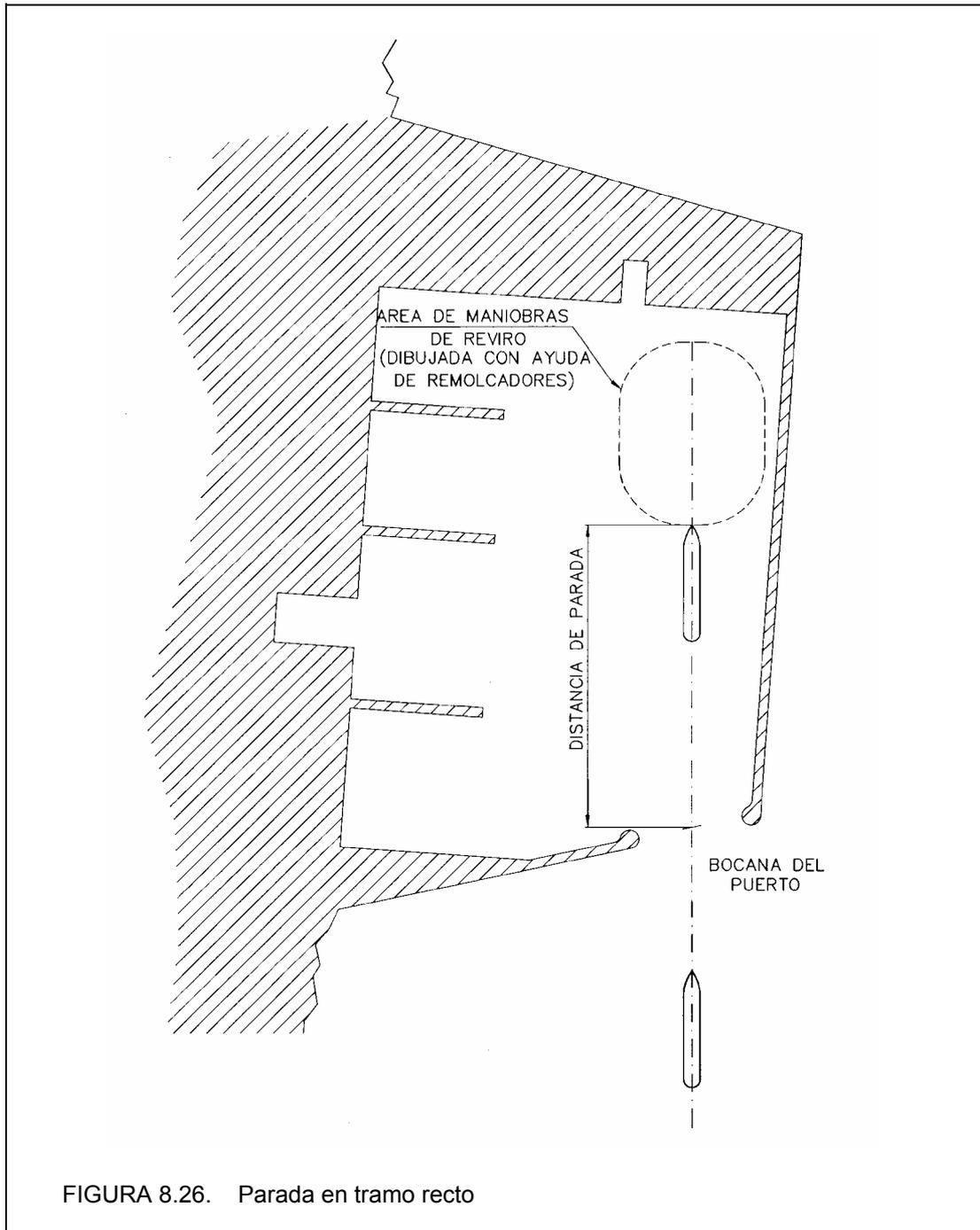
La determinación del espacio de parada de buque (longitud y anchura) se efectuará con los criterios expuestos en el apartado 6.3, suponiendo que los barcos se desplazan a las máximas velocidades de navegación admisibles en las vías de navegación o rutas de acceso. Sobre las distancias así calculadas por métodos determinísticos se aplicará un coeficiente de seguridad de 2, previéndose por tanto unas longitudes dobles de las calculadas teóricamente; para la determinación de anchuras se tomarán en consideración las recomendaciones específicas que se recogen en los subapartados siguientes de este artículo.

La configuración que se puede dar a este área de parada responde habitualmente a uno de los 3 esquemas siguientes, que pueden ser aplicados tanto a maniobras de parada en aguas protegidas o desabrigadas. En el caso de que la parada tenga que efectuarse fuera de aguas adecuadas para las maniobras de reviro y atraque se adoptarán además la prescripciones del apartado 8.6.3.3.

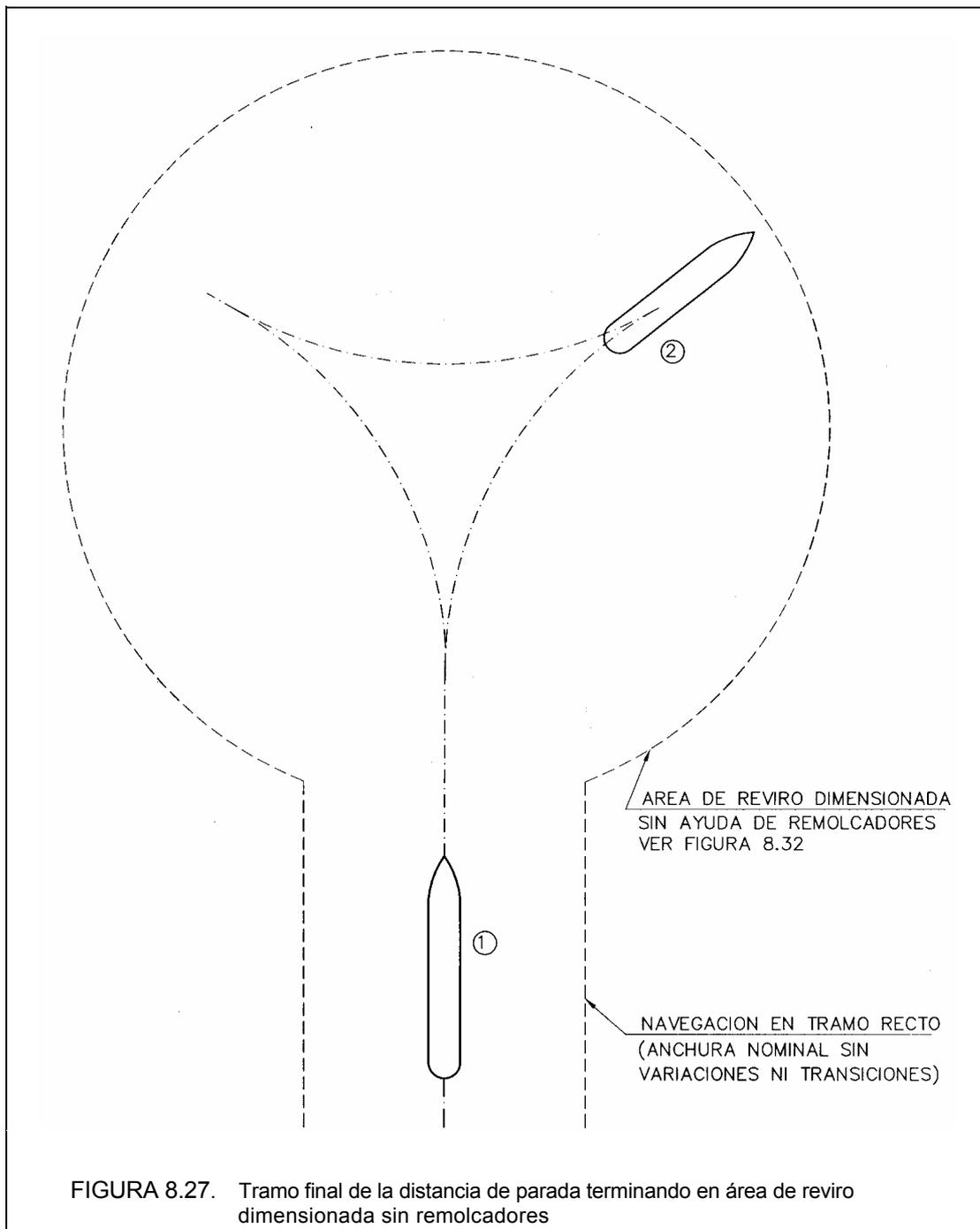
a) PARADA EN TRAMOS RECTOS

En este supuesto, que se esquematiza en la fig. 8.26 para el caso de una parada en el interior de un puerto, deberá preverse una alineación recta de longitud igual o mayor a la distancia de parada, mayorana con el coeficiente de seguridad 2 anteriormente indicado, y con una anchura nominal que se determinará suponiendo que se trata de una vía navegable con las condiciones climáticas compatibles con las que se hayan fijado como límites de operación para las zonas de donde provenga el buque, (para la determinación de anchuras se supondrá que el buque navega a la velocidad mínima prevista para esa vía de navegación); esta anchura nominal podrá mantenerse hasta una distancia de una eslora (L) del punto final de la maniobra de parada, zona en la que empiezan a acusarse los efectos de caída lateral de popa asociados a la fase final de la maniobra, que influirán en la anchura del modo siguiente:

- En los casos en que la parada se efectúe sin remolcadores y la zona de parada termine en un Área de Reviro de buque dimensionada para operación sin remolcadores (ver fig. 8.27) las dimensiones del Área de Reviro cubren las caídas que pudieran presentarse al final de la maniobra, por lo que no se precisan sobreanchos adicionales. En estos casos la caída final del buque podría facilitar incluso el inicio de la maniobra de reviro, dependiendo de las condiciones climáticas existentes y del tipo de buque.
- En los casos en que la parada se efectúe con remolcadores y la zona de parada termine en un Área de Reviro de buques dimensionada por operación con remolcadores, se adoptará la solución siguiente dependiendo del tipo de remolcadores disponibles (ver fig. 8.28):

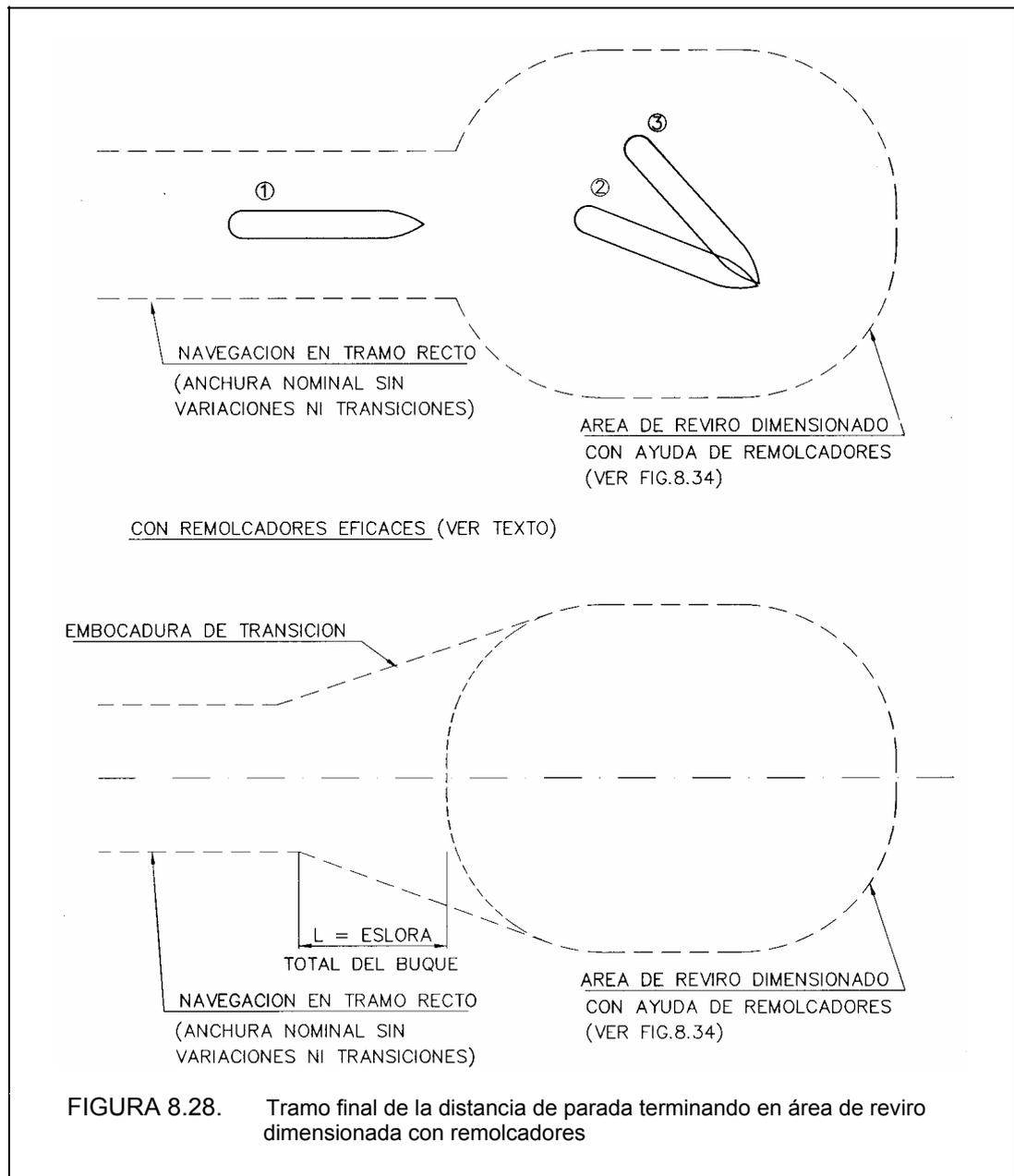


- Si los remolcadores disponibles son eficaces trabajando transversalmente sobre buques que se desplazan con una velocidad relativa al agua $V_r = 1,5$ m/s, no se precisarán sobreanchos adicionales, si en las Normas de Operación de la zona se establece la obligatoriedad de utilización de tales remolcadores, según sean los requerimientos de los diferentes tipos de buques.
- Si los remolcadores no son eficaces en las condiciones anteriores se preverá una embocadura de transición entre el ancho normal de la vía navegable y el ancho del Area de Reviro, que arrancará en un punto situado en la vía navegable a una eslora (L) de distancia del Area de Reviro.
- En los casos en los que se prevea la parada de buques en cualquier punto de una vía navegable en donde pudiera ser que no existiese un Area de Reviro y que tenga sus



anchuras dimensionadas para las condiciones normales de navegación sin sobrecargas adicionales, deberá preverse el auxilio de remolcadores adecuados a los diferentes tipos de buque, para evitar las caídas excesivas que pudiesen presentarse en estas maniobras de parada. Estos requerimientos de remolcadores se incorporarán a las Normas de Operación del Área de Flotación correspondiente.

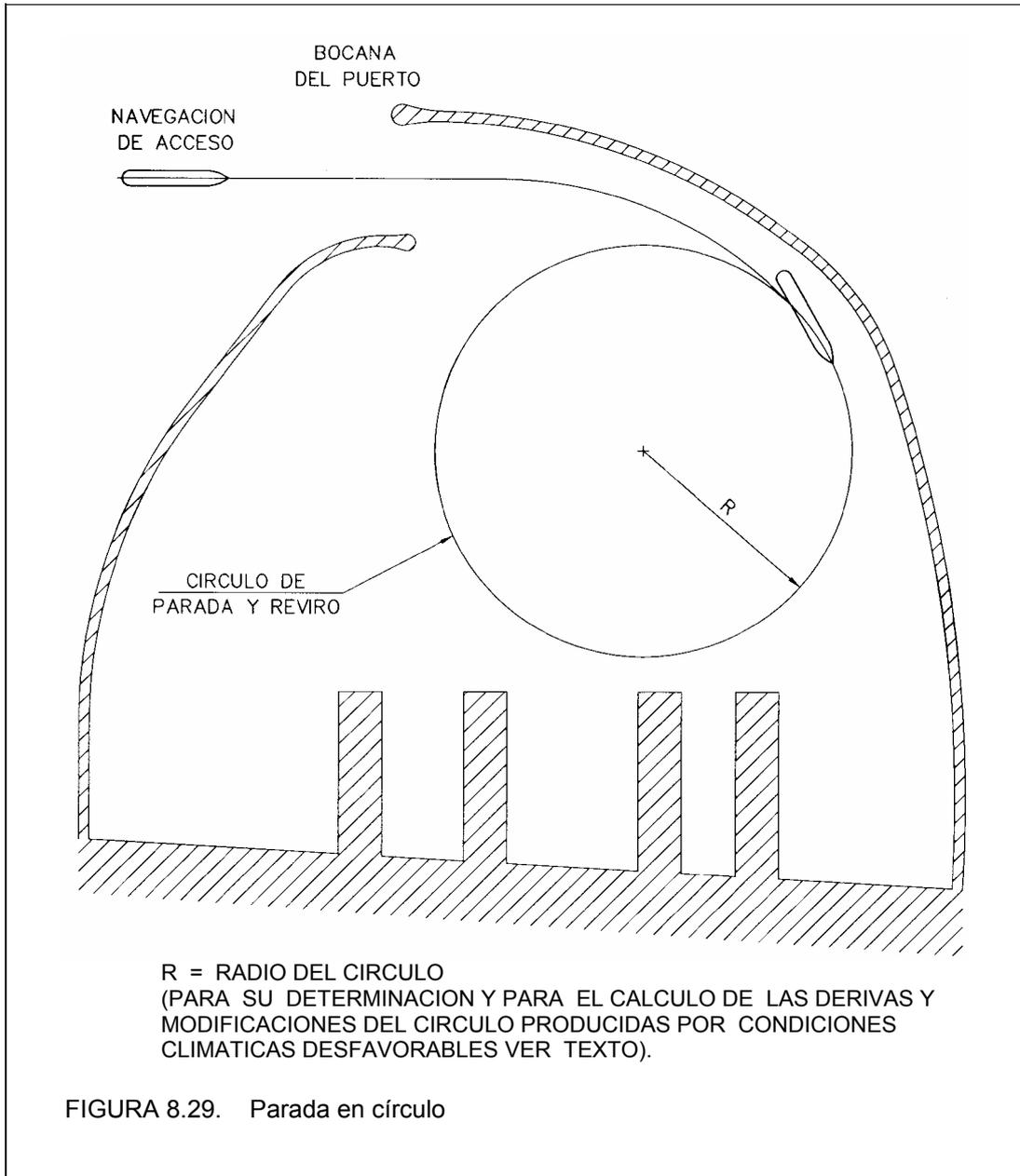
La longitud necesaria de parada se determinará habitualmente suponiendo que la maniobra se efectúa sin la colaboración de los remolcadores al freno (que si podrían intervenir en el control de los movimientos transversales) y por tanto exclusivamente con los elementos propios del buque. Excepcionalmente podrían calcularse distancias de parada más reducidas disponiendo de remolcadores que pudieran utilizar su potencia para ayudar a la frenada del buque; pero para poder tomar en cuenta esta posibilidad sería necesario disponer de remolcadores adecuados que pudieran navegar en paralelo con el buque, coger los cabos



de las amarras e invertir el sentido del empuje manteniendo el rumbo de navegación (remolcadores del tipo Z-peller, Schottel, Voith Schneider, etc.); de seguirse este procedimiento deberá quedar recogido en las Normas de Operación del puerto la obligatoriedad de utilizar estos remolcadores en función del tipo de buque.

b) PARADA EN CIRCULO

En este supuesto que se esquematiza en la fig. 8.29, la parada del buque se efectúa a lo largo de un círculo que a su vez se utiliza para efectuar el revío de la embarcación. Para realizar esta doble función es preciso por tanto disponer de espacio suficiente para que pueda desarrollarse el círculo completo más desfavorable, incluyendo los efectos de la caída lateral de la popa que se producen en la fase final de la maniobra y que son más acusados e irregulares de los que se describieron para paradas en recta, razón por la que será conveniente prever diámetros del círculo holgados, para que el final de la maniobra pueda dirigirse hacia el interior del círculo, evitando mayores sobreespacios; estas circunstancias hacen que en general este tipo de soluciones sean poco recomendables debido al elevado costo que suele ser necesario para su desarrollo.



A falta de estudios de mayor detalle podrán utilizarse los valores siguientes de los diámetros del círculo:

- Operación de buques con una sola hélice

Profundidad de agua	Diámetro del círculo	
	Recomendado	Mínimo
$\geq 5.0 D$	$8 L_{pp}$	$6 L_{pp}$
$1,5 D$	$10 L_{pp}$	$7 L_{pp}$
$\leq 1,2 D$	$16 L_{pp}$	$10 L_{pp}$

siendo D el calado del buque y L_{pp} la Eslora entre perpendiculares.

- Operación de buques con dos hélices

Reducir las cifras anteriores en un 10% para los dos casos de profundidades de agua $\geq 1,5 D$ y en un 20% para el caso de profundidades de agua $\leq 1,2 D$.

Los valores correspondientes a buque con dos hélices sólo podrán utilizarse para el proyecto cuando el Area de Flotación esté limitada al uso exclusivo de este tipo de buques.

Partiendo de estas dimensiones geométricas del círculo será necesario considerar los anchos y sobreamanchos debidos a la navegación en curva con los criterios especificados en el apartado 8.4.3.2.

Las citadas dimensiones corresponden a condiciones de operación que no superen los valores siguientes:

- Velocidad absoluta del viento $V_{10,1 \text{ min}}$ $\leq 10.00 \text{ m/s}$ (20 nudos)
- Velocidad absoluta de la corriente $V_{c,1 \text{ min}}$ $\leq 0.50 \text{ m/s}$ (1 nudo)
- Altura de ola H_s $\leq 3.00 \text{ m}$

Se hace notar que aunque se trata de condiciones climáticas transversales, por la propia configuración de la curva y de la maniobra, cualquier dirección puede ser también transversal en algún momento de la maniobra, por lo que estas condiciones límites de operación pueden considerarse a efectos prácticos como no direccionales.

En el supuesto de que se prevea operar con condiciones climáticas más elevadas, será preciso considerar las modificaciones que la presencia de tales variables introducen en la curva evolutiva, sin que pueda contarse con la ayuda de remolcadores para compensar estas desviaciones, ya que esta maniobra está previsto que se desarrolle con la ayuda exclusiva de los elementos de control de la navegación del buque. Las derivas adicionales se podrán calcular con los criterios siguientes:

— Derivas producidas por la acción del viento

- El valor de la velocidad límite de deriva se determinará equilibrando los esfuerzos producidos por la acción del viento sobre el buque, en exceso sobre los correspondientes a la velocidad absoluta del viento de 10.00 m/s, con los generados por una corriente igual a la velocidad de deriva actuando como fuerza resistente sobre el casco del buque, siguiendo al respecto los criterios establecidos en el apartado 4.8.
- Se supondrá que esta velocidad límite de deriva actúa desde el primer momento, despreciando por tanto el período de aceleración hasta que esta velocidad uniforme se alcanza.
- El tiempo de actuación de esta velocidad de deriva se determinará suponiendo que el buque reduce linealmente su velocidad desde la máxima admisible al inicio de la maniobra hasta un valor «0» al final de la distancia de parada, calculada suponiendo navegación en tramos rectos. Se utilizará la distancia de parada, mayorada o no por el coeficiente de seguridad, según resulte más desfavorable.
- Se considerará que el viento puede actuar en cualquier dirección a no ser que se adopten limitaciones en las condiciones de operación que se establezcan. Se supondrá que la dirección de actuación del viento permanece constante durante toda la maniobra.

— Derivas producidas por la acción del oleaje

- Se determinarán siguiendo el mismo procedimiento establecido para calcular las derivas ocasionadas por la acción del viento, si bien el cálculo de la velocidad límite de deriva se determinará equilibrando los esfuerzos producidos por la acción del oleaje sobre el buque en exceso sobre los correspondientes a la altura de ola de 3,00 m, con los generados por una corriente igual a la velocidad de deriva actuando como fuerza resistente sobre el casco del buque.
- Se considerará que el oleaje puede actuar en todas las direcciones compatibles con la geometría y condiciones de protección de la zona analizada, tomando en cuenta los factores correspondientes de transformación del oleaje. Se supondrá que la dirección de actuación del oleaje permanece constante durante toda la maniobra.

— Derivas producidas por la acción de la corriente

- Se determinarán con el mismo procedimiento anterior suponiendo que la velocidad límite de deriva coincide con el exceso de velocidad de la corriente sobre el valor absoluto de 0,50 m/s.
- Se considerará que la corriente puede actuar en cualquier dirección con valores compatibles con la configuración del área analizada. Se supondrá que la dirección de actuación de la corriente permanece constante durante toda la maniobra.

c) PARADA EN TRAYECTORIAS MIXTAS

En este supuesto que se esquematiza en la fig. 8.30 la parada del buque se efectúa en trayectorias mixtilíneas formadas por combinación de tramos rectos y curvos, siguiendo generalmente la geometría impuesta por el espacio físico disponible, sin que llegue a disponerse de espacio suficiente para efectuar una parada en recta y un reviro posterior, o una maniobra completa de parada y reviro en círculo, por lo que estas trayectorias necesitarán habitualmente disponer de un área de reviro posterior a la distancia de parada para efectuar las maniobras de aproximación, atraque y salida de los buques de los muelles.

La determinación de los espacios requeridos para esta maniobra se efectuará con los criterios expuestos en el apartado a), aplicándoles a los tramos rectos de la trayectoria, y con los criterios expuestos en el apartado b) conjuntamente con los aplicables a la navegación en tramos curvos, para los tramos que tengan esta característica a lo largo de la trayectoria, estableciéndose las oportunas transiciones entre unos y otros tramos. La longitud total del tramo, necesaria para la parada del buque, medida a lo largo del eje, será como mínimo igual a la requerida para navegación en tramos rectos.

En el supuesto de que los espacios geométricos disponibles no permitan implantar configuraciones a las que sean aplicables los criterios del párrafo anterior, deberá recurrirse

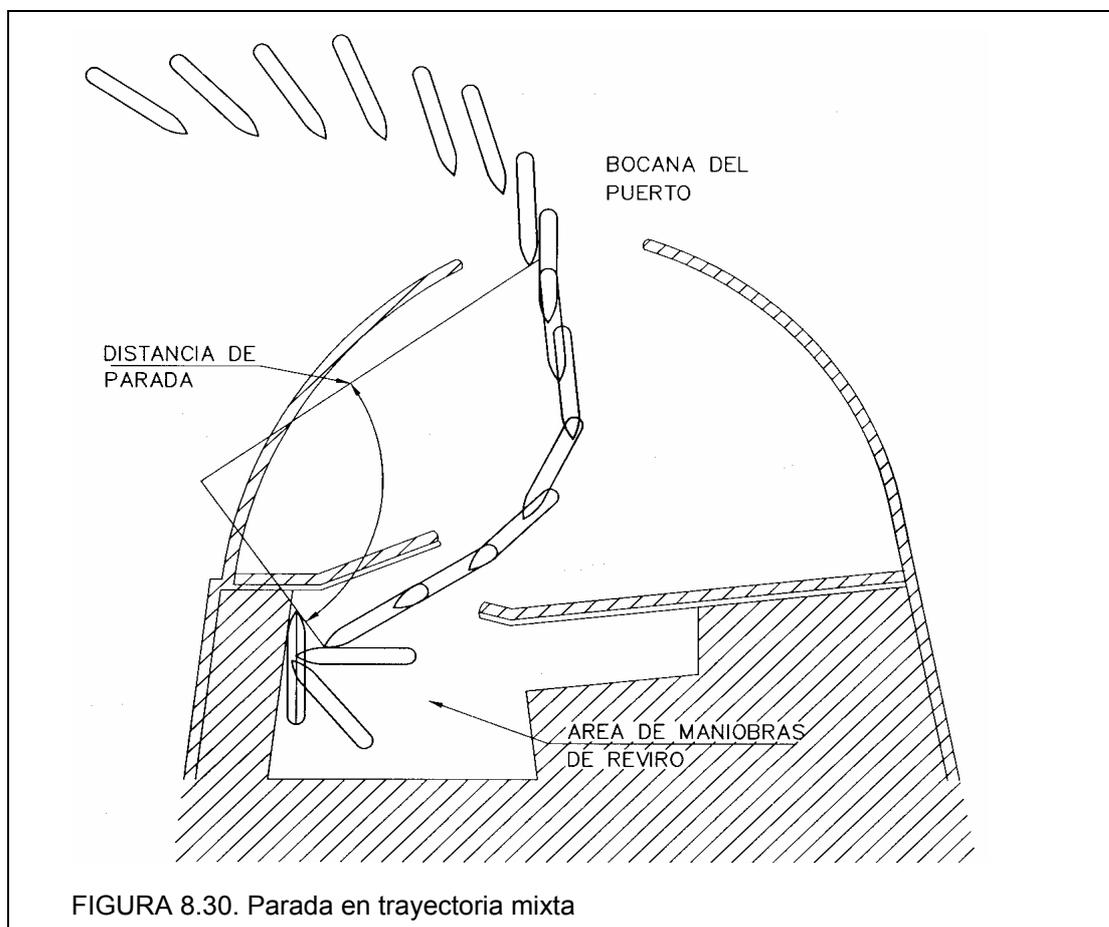


FIGURA 8.30. Parada en trayectoria mixta

al estudio completo de las maniobras en simulador, analizando especialmente la fase final de las mismas dada la importancia y heterogeneidad de las caídas de la popa del buque que se producen en las etapas finales de la parada en curva.

Para minimizar estos problemas se recomienda con carácter general que la maniobra de parada se termine sobre tramos rectos y no sobre tramos curvos, utilizando estos tramos curvos sólo para las maniobras de frenado sin que el buque llegue a navegar por ellos a velocidades que no permitan mantener su control en las Condiciones Límites de Operación que se consideren.

8.6.3.2. DIMENSIONAMIENTO POR METODOS PROBABILISTICOS

En este procedimiento el dimensionamiento geométrico de los espacios para la parada de buques se basa fundamentalmente en el análisis estadístico de la ocupación de superficies por los barcos en las diferentes maniobras que se consideren, lo que permitirá, en el caso de disponer de un número suficiente de repeticiones de las maniobras, asociar el dimensionamiento resultante al riesgo previamente establecido en cada caso.

La aplicación práctica de este método podrá realizarse en base a estudios con simulador, ensayos a escala reducida, mediciones en tiempo real o procedimientos similares, que pueden reproducir el problema planteado con mayor o menor precisión. En la Parte 9 de esta ROM se recogen los aspectos principales de los Modelos de Simulación, que son la herramienta más frecuentemente utilizada para este tipo de estudios.

Previamente a la utilización de este método deberá conocerse con precisión las características del sistema utilizado y sus limitaciones, determinando qué aspectos de la realidad no son reproducibles con el modelo utilizado (p.e. balizamiento y las imprecisiones asociadas a él), puesto que todas aquellas condiciones que no puedan modelizarse deberán ser considerados por otros procedimientos. El esquema seguido en esta ROM es que en todos estos aspectos que los modelos de simulación no consideren, se utilizará para su valoración los mismos criterios que se han definido para el método determinístico; en particular los Márgenes de Seguridad (rh_{sd}) se valorarán exactamente igual en ambos métodos.

El análisis efectuado con estos procedimientos estudia normalmente diferentes maniobras de parada del buque en las que se considera como una de las variables el régimen de máquinas que se vaya a utilizar en el procedimiento de parada, además de otros factores que afectan al dimensionamiento de estas superficies (tipo de buques, clima marítimo, disponibilidad de remolcadores, etc.).

El procedimiento general de dimensionamiento comprenderá las fases siguientes:

- 1.º Conocer el modelo a utilizar y las limitaciones del mismo, especialmente aquellos aspectos que no puedan reproducirse en el estudio y que deberán ser abordados por procedimientos determinísticos.
- 2.º Conocer las características del Area de Maniobras y de su entorno (definición geométrica de la traza, batimetría y niveles de agua, clima marítimo existente en la zona, etc.). El nivel de definición requerido a este respecto puede variar significativamente según el sistema de simulación utilizado.
- 3.º Definir los sistemas de señalización y balizamiento que se pueden instalar, así como la forma en que se incorporan al simulador.
- 4.º Definir las condiciones climáticas límites de operación según el tipo y las dimensiones de los buques, los remolcadores disponibles o cualquier otra condición particular que se pueda definir en cada caso.
- 5.º Definir los remolcadores disponibles y su intervención en las maniobras en función del tipo y dimensiones de los buques, condiciones climáticas existentes o cualquier otra condición que se establezca.
- 6.º Concretar los «escenarios» que se van a reproducir en el simulador. Se entiende por «escenario» el conjunto de condiciones que definen una maniobra (que se repetirá varias veces para darle un tratamiento estadístico), comprendiendo al menos los aspectos siguientes:
 - El tipo de buque representativo del tramo de flota que quiera estudiarse.
 - El régimen de máquinas que se utilizará en la maniobra de parada.

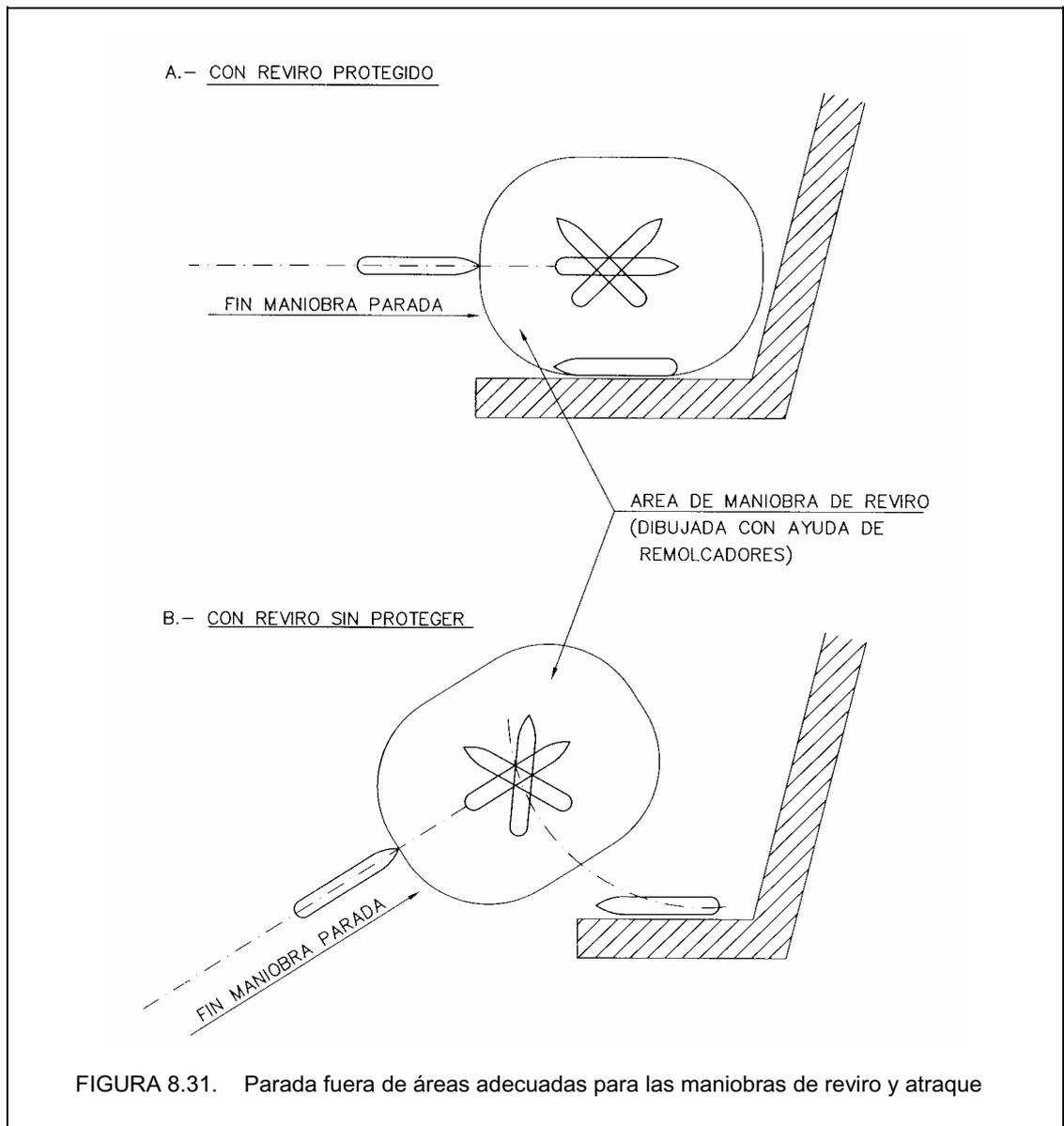
- Las condiciones climáticas límites de operación representativas del intervalo que se vaya a analizar.
 - Los remolcadores y otras ayudas a la navegación que estarán disponibles en esta operación.
- 7.º Definir el número de pasadas que se van a efectuar en el simulador repitiendo la maniobra correspondiente a un mismo escenario. En la medida que se disponga de un mayor número de pasadas aumentará la precisión del estudio, con la contrapartida de incrementar los costos de la simulación. Se recomienda utilizar un número de pasadas comprendido entre 12 y 15 para la realización de proyectos definitivos.
 - 8.º Concretar las secciones transversales del Área de Maniobras en las que se va a efectuar la evaluación de espacios ocupados por el buque (pueden analizarse las secciones críticas, todas las secciones transversales a una separación geométrica o temporal predeterminada e incluso puede obtenerse un registro continuo de todas las sendas ocupadas por el buque en cada una de las trayectorias que es el procedimiento que se recomienda para el tramo final de las maniobras en donde pueden presentarse las mayores caídas de los buques).
 - 9.º Analizar estadísticamente los resultados obtenidos en el simulador, atendiendo a la finalidad del estudio. Si el objetivo es sólo determinar la superficie del Área de Maniobras el interés estará únicamente en los valores límites de la ocupación de espacios; si además se quiere optimizar la traza de la vía será necesario analizar las desviaciones del centro de gravedad del buque en relación con la traza prefijada de referencia. En todos los casos el proceso será determinar las funciones de densidad y las de excedencia, ajustando diferentes funciones de distribución (Normal, Gumbel, Weibull, etc.), para cada una de las secciones transversales de estudio, determinando sus coeficientes de correlación y seleccionando las funciones de mejor ajuste, que en general serán las de tipo simétrico para el estudio de la posición del centro de gravedad y las de tipo asimétrico cuando se analice la ocupación de espacios en cualquiera de las dos bandas.
 - 10.º Seleccionar las funciones de distribución (preferentemente un mismo tipo para las bandas y otro para el centro de gravedad, si es preciso). Para optimizar el eje de la traza se utilizarán en cada sección los valores medios de la función de densidad de la desviación del centro de gravedad. Para analizar la anchura del Área de Maniobras, se utilizarán las funciones de probabilidad de excedencia, determinándose además las bandas de confianza más desfavorables (las que produzcan mayor ocupación) correspondientes al 95%; sobre estas bandas de confianza se calculará la probabilidad de excedencia (p_{ij}) de que esa Área de Navegación sea sobrepasada en esa sección por un buque del tipo (i) en las condiciones de operatividad del intervalo (j) —escenario analizado— entrando así con el procedimiento descrito en el apartado 2.5 y particularmente en el subapartado 2.5.6.

La anchura nominal de cada sección estudiada del Área de Maniobras determinada por este método semiprobabilístico será:

$$B_n = [\text{Anchura entre bandas calculada estadísticamente en función del riesgo «E» prefijado}] + [\text{sobreanchos debidos a efectos no contemplados en el simulador, que se calcularán con los criterios establecidos por el método determinístico}] + +[\text{Margen de Seguridad «}rh_{sd}\text{» valorado con los criterios establecidos por el método determinístico}]$$

8.6.3.3. PARADA FUERA DE AGUAS PROTEGIDAS

En el supuesto de que la configuración del puerto o del emplazamiento no permita que la maniobra de parada del buque desde su inicio hasta su terminación se efectúe de una forma controlada finalizando en aguas adecuadas para las maniobras de reviro y atraque (entendiendo por tales las que permitiesen la posterior navegación controlada del buque a baja velocidad hacia los muelles o atraques, ya sea con sus propios medios o con ayuda de remolcadores), deberá estudiarse y situarse la maniobra de parada del buque en zonas exteriores al puerto o emplazamiento que se considere, de manera que el barco pueda quedar parado antes de entrar en el espacio reducido del puerto o del emplazamiento, precediéndose a efectuar esta maniobra final de reviro o de aproximación a los muelles con auxilio de remolcadores. Ver fig. 8.31. En este caso deberá tomarse en consideración que las condiciones climáticas límites de operación de este tipo de emplazamientos, pueden venir ocasionadas, de ser más desfavorables, por las limitaciones de las embarcaciones auxiliares de que se disponga para permitir el acceso del práctico al buque, así



como por los propios remolcadores que deberán salir fuera de las aguas protegidas para recoger al buque y desplazarlo hacia los muelles. Estas condiciones climáticas límites de operación pueden establecerse, a reserva de estudios de mayor precisión adecuados a las características particulares del caso, en los valores siguientes:

- Velocidad absoluta del viento $V_{10.1 \text{ min}} \leq 10.00 \text{ m/s}$ (20 nudos)
- Velocidad absoluta de la corriente $V_{c.1 \text{ min}} \leq 1.00 \text{ m/s}$ (2 nudos)
- Altura de ola $H_s \leq 2,00 \text{ m}$

estas condiciones se consideran como no direccionales dada las características de la maniobra.

8.6.4. DIMENSIONAMIENTO DE LAS ZONAS DE MANIOBRAS DE REVIRO

8.6.4.1. DIMENSIONAMIENTO POR METODOS DETERMINISTICOS

Las dimensiones de las áreas de maniobra de reviro de buques, calculados por métodos determinísticos, se establecerán de acuerdo con los criterios siguientes, según se efectúen con auxilio o no de remolcadores.

a) MANIOBRAS SIN AYUDA DE REMOLCADORES

El área de maniobra de reviro, o espacio que necesita el buque para virar en redondo invirtiendo su sentido de marcha, en el supuesto de que se efectúe sin auxilio de remolcadores, es un círculo de radio « R_{sr} », cuyo valor se determinará con los criterios siguientes, según que se efectúe con fondeo o sin fondeo de ancla.

— Sin fondeo de ancla (ver fig. 8.32)

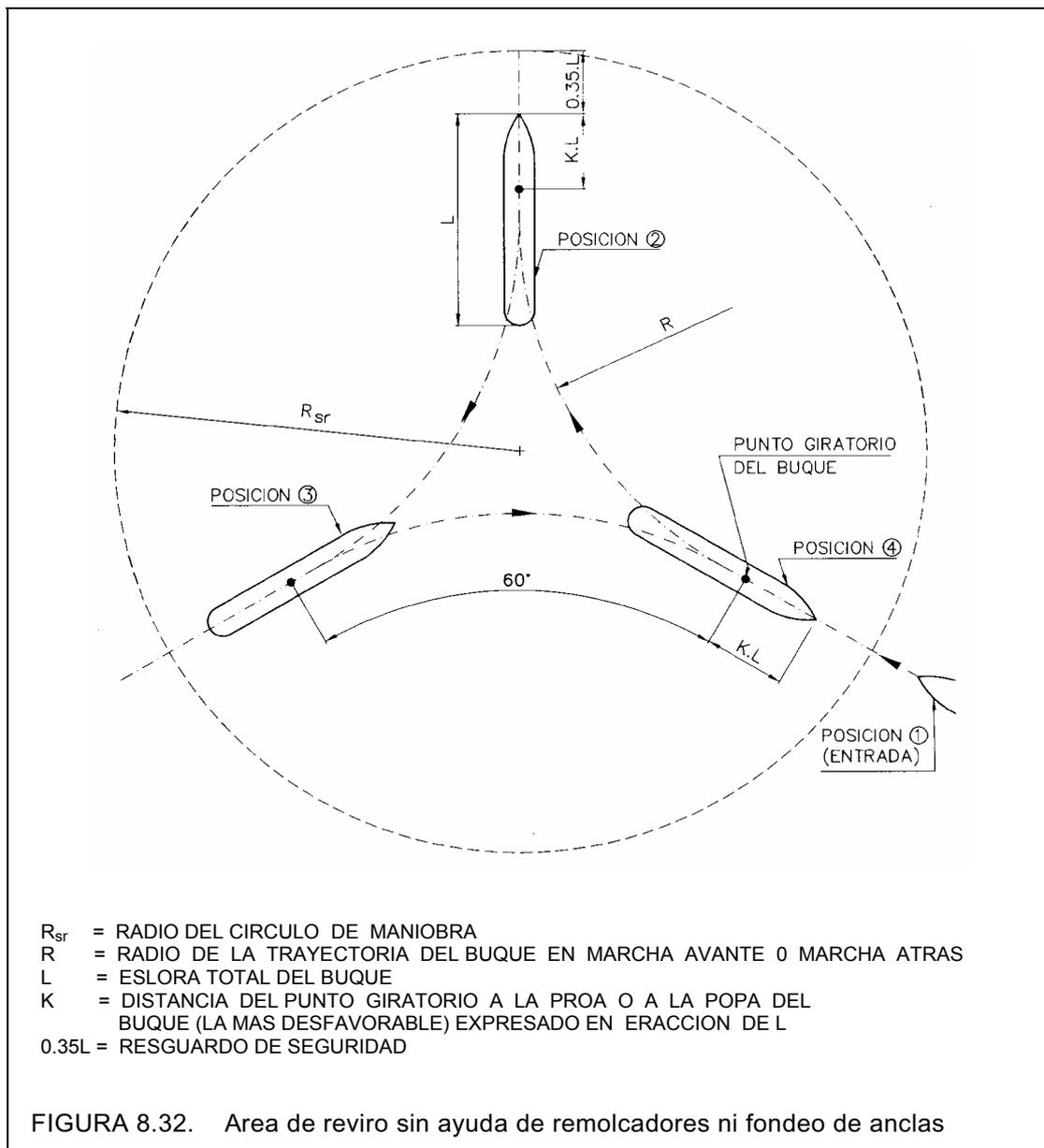
$$R_{sr} = R \cdot \operatorname{tg} 30^\circ + K \cdot L + 0,35 \cdot L$$

siendo:

R_{sr} = Radio del círculo de maniobra, para operación sin remolcadores.

L = Eslora total del buque.

R = Radio mínimo de la trayectoria del buque en marcha avante o marcha atrás, para el que, a reserva de estudios de mayor detalle, se tomarán los valores siguientes en función de la profundidad de agua en el emplazamiento:



Profundidad de agua	Radio mínimo
$\geq 5.0 D$	$3,0 L_{pp}$
$1,5 D$	$3,5 L_{pp}$
$\leq 1.2 D$	$5,0 L_{pp}$

siendo D el calado del buque y L_{pp} la eslora entre perpendiculares.

Estas dimensiones corresponden a condiciones de operación que no superen los valores siguientes:

- Velocidad absoluta del viento $V_{10,1 \text{ min}}$ $\leq 10,00 \text{ m/s}$ (20 nudos)
- Velocidad absoluta de la corriente $V_{c,1 \text{ min}}$ $\leq 0,50 \text{ m/s}$ (1 nudo)
- Altura de ola H_s $\leq 3,00 \text{ m}$

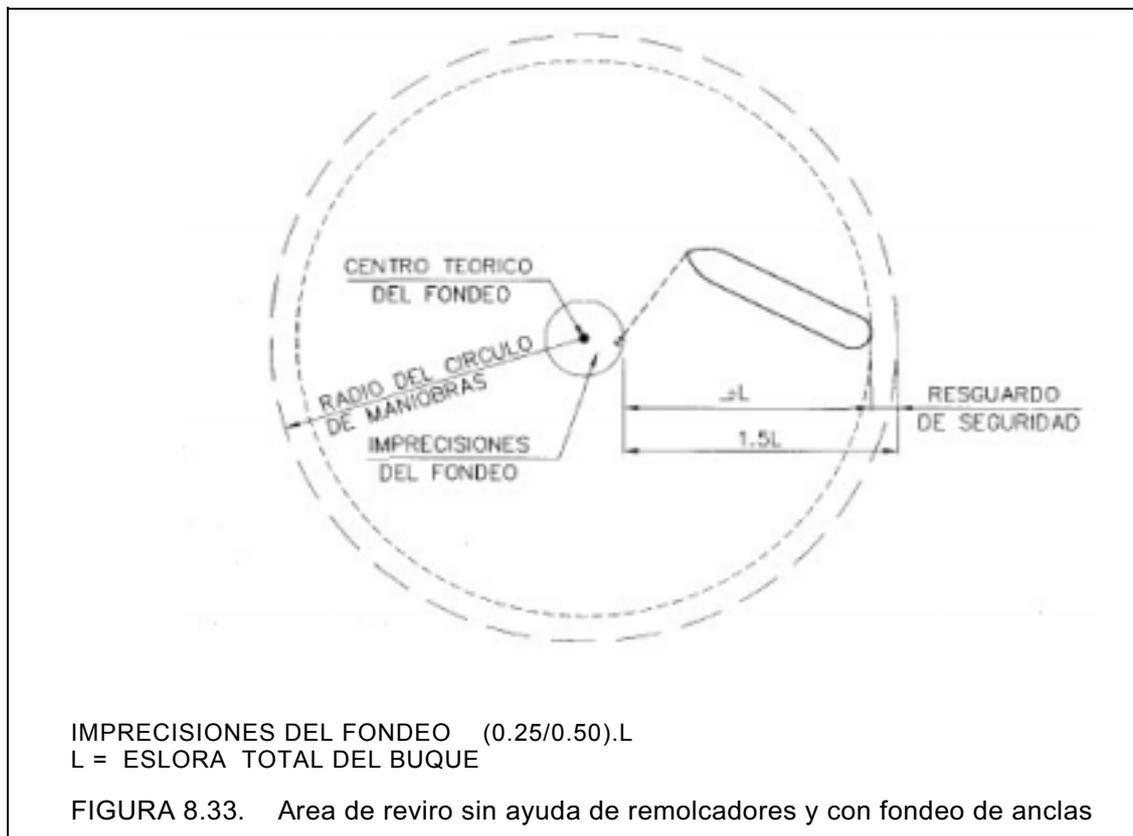
En el supuesto de que se precise operar en condiciones meteorológicas más elevadas, será preciso tomar en consideración las modificaciones que se producen en estos radios de giro del buque siguiendo los criterios expuestos en el apartado 8.6.3.1.b.

K = Distancia del punto giratorio a la popa del buque (o a la proa si fuera mayor), expresado en fracción de la eslora total del buque (L).

Para los buques de mayores desplazamientos con formas de carena llenas (petroleros, graneleros, etc.) que suelen ser críticos para el dimensionamiento de las Areas de Maniobras, K toma el valor 0,5 si la relación entre la profundidad de agua en reposo (h) y el calado del buque (D) es $h/D \leq 1,20$; mientras que si esta relación $h/D \geq 1,50$ el valor de $K= 2/3$. Para embarcaciones rápidas (buques con forma de carena finas) y embarcaciones deportivas el valor de $K= 1.0$.

0,35 = Coeficiente que cuantifica el resguardo o Margen de Seguridad (rh_{sd}) en función de la eslora del buque (L) y que está determinado suponiendo que la velocidad longitudinal del buque en el centro del círculo de maniobras no supera los 0,20 m/s.

— Con fondeo de ancla (ver fig. 8.33)



Si el buque lleva a cabo la maniobra utilizando el ancla, ha de fondear la del costado en cuyo sentido se efectúe el giro y dar máquina avante describiendo un círculo cuyo centro es el ancla y cuyo radio se aproxima, según confirma la experiencia, a la eslora (L) del buque, adoptándose habitualmente un radio del área de maniobra de $1,5 L$, que toma en consideración este efecto y un resguardo adicional en popa del buque o Margen de Seguridad (rh_{sd}) cifrado en $0,20 L$.

Sobre el valor así determinado habría que considerar las imprecisiones que se podrían producir en el punto de fondeo del buque derivadas de la inexactitud del método empleado para situar la posición del buque y las producidas por la demora entre el momento en que se da la orden de fondeo y el instante en que el ancla termina por hacer cabeza en el fondo, influyendo también la bondad cartográfica y el grado de adiestramiento del equipo de Puesto de la unidad considerada. Todos estos factores pueden evaluarse entre el 25% y el 50% de la eslora « L » del buque considerado, supuesto que accede al centro del círculo de maniobra con una velocidad longitudinal no mayor de $0,20$ m/s y que las condiciones límites de operación no superan los valores siguientes:

- Velocidad absoluta del viento $V_{10,1 \text{ min}} \leq 10,00$ m/s (15 nudos)
- Velocidad absoluta de la corriente $V_{0,1 \text{ min}} \leq 0,50$ m/s (1 nudo)
- Altura de ola $H_s \leq 2,00$ m

b) MANIOBRAS CON AYUDAS DE REMOLCADORES

En el supuesto de que las maniobras de reviro del buque se efectúen con ayuda de remolcadores, las dimensiones resultantes del área de maniobras se esquematizan en la fig. 8.34, en donde se define una superficie a partir de un rectángulo central de anchura « $2B_G$ » y longitud « $2L_G$ » que es donde puede quedar situado el centro de gravedad del buque cuando accede al área de maniobras con una velocidad longitudinal no mayor de $0,20$ m/s en el centro del rectángulo. Las dimensiones que figuran en el esquema son las siguientes:

$$\begin{aligned} B_G &\geq 0,10 L \\ L_G &\geq 0,35 L \\ R_{cr} &\geq 0,80 L \end{aligned}$$

siendo « L » la eslora total del buque

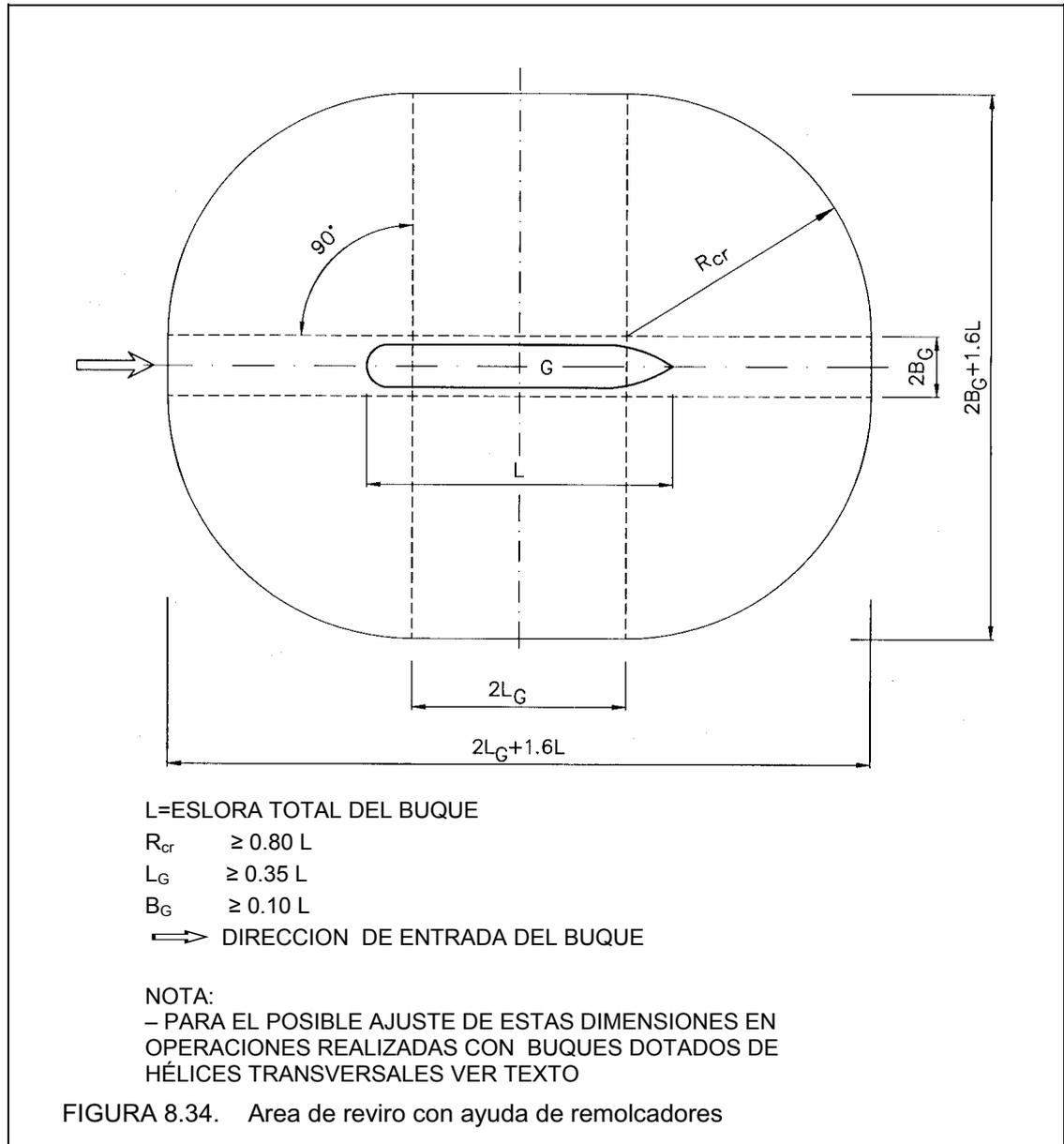
Estas dimensiones mínimas del Área de Maniobras, conllevan un Margen de Seguridad (rh_{sd}) en todo el perímetro de valor $0,10 \cdot L$ y están determinadas en el supuesto de que las condiciones límite de operación no superen los valores siguientes:

- Velocidad absoluta del viento $V_{10,1 \text{ min}} \leq 10,00$ m/s (20 nudos)
- Velocidad absoluta de la corriente $V_{c,1 \text{ min}} \leq 0,10$ m/s (0.2 nudos)
- Altura de ola $H_s \leq 1,50/2,00$ m según tipo de remolcadores disponibles

La potencia necesaria de los remolcadores para que se puedan adoptar los valores mínimos del área de maniobras se calcularán según los criterios expuestos en el apartado 5.7 aplicados a los valores límites de las condiciones climáticas indicados (si son compatibles con la configuración y características del emplazamiento) suponiendo que las acciones resultantes actúan simultáneamente. En el caso de que no se disponga de remolcadores en la cuantía requerida podrán mantenerse las dimensiones del esquema recomendado, adoptando unas Condiciones Límites de Operación inferiores, que sean compatibles con la potencia de remolque disponible manteniendo los coeficientes de seguridad establecidos en el citado apartado 5.7.

Si se desea establecer unos Límites de Operación más elevados, pueden seguirse dos procedimientos:

- Aumentar la potencia de los remolcadores, que deberán dimensionarse para los Límites de Operación que se consideren en ese caso, en cuyo caso se mantendrían las dimensiones mínimas del área de maniobras definidas en la figura 8.34.
- Aumentar las dimensiones mínimas del área de maniobras, sin aumento de la potencia de remolque, considerando el incremento de la deriva debida a los esfuerzos des-



compensados producidos por las mayores acciones debidos a los vientos, oleajes y corrientes. El cálculo de estas derivas se efectuará con los criterios siguientes, suponiendo que un reviro de 180° se efectúa con velocidad angular uniforme en un tiempo de 30 minutos.

— Derivas producidas por el viento:

- El valor de la velocidad límite de deriva se determinará equilibrando los esfuerzos producidos por la acción del viento sobre el buque, en exceso sobre los correspondientes a una velocidad absoluta del viento de 10.00 m/s, con los generados por una corriente igual a la velocidad de deriva actuando como fuerza resistente sobre el casco del buque, siguiendo al respecto los criterios establecidos en el apartado 4.7.
- Se supondrá que esta velocidad límite de deriva actúa desde el primer momento, despreciando por tanto el periodo de aceleración hasta que esta velocidad uniforme se alcanza.
- Se considera que el viento puede actuar en cualquier dirección a no ser que se adopten limitaciones en las condiciones de operación que se establezcan. Se supondrá que la dirección de actuación del viento permanece constante durante toda la maniobra de reviro.

- Derivas producidas por el oleaje:
 - Se determinarán siguiendo el mismo procedimiento establecido para calcular las derivas ocasionadas por la acción del viento, si bien el cálculo de la velocidad límite de deriva se determinará equilibrando los esfuerzos producidos por la acción del oleaje sobre el buque, en exceso sobre las correspondientes a la altura de ola de 1.50/2.00 m, con los generados por una corriente igual a la velocidad de deriva, actuando como fuerza resistente sobre el casco del buque.
 - Se considerará que el oleaje puede actuar en todas las direcciones compatibles con la geometría y condiciones de protección de la zona analizada tomando en cuenta los factores correspondientes de transformación del oleaje. Se supondrá que la dirección de actuación del oleaje permanece constante durante toda la maniobra de reviro.
- Derivas producidas por la corriente:
 - Se determinarán con el mismo procedimiento anterior supuesto que la velocidad límite de deriva coincide con el exceso de velocidad de la corriente sobre el valor absoluto de 0.10 m/sg.
 - Se supondrá que la corriente puede actuar en cualquier dirección con valores compatibles con la configuración del área analizada, considerando que la dirección de actuación de la corriente permanece constante durante toda la maniobra de reviro.

Este recurso de aumentar las dimensiones del área de maniobra sin aumento de la potencia de remolque, no podrá adoptarse en la dirección transversal aconchante al muelle al que se vaya atracar, a no ser que este muelle se dimensione para una energía de atraque correspondiente a operación sin ayuda de remolcadores; sin embargo es un procedimiento habitualmente utilizado en el caso de rías, canales o estuarios con corrientes longitudinales importantes y transversales muy reducidas, en la que pueden aceptarse áreas de maniobra más alargadas en direcciones paralelas a los muelles, sin especiales dificultades y sin necesidad de incrementar innecesariamente la potencia de los remolcadores.

En el supuesto de que la maniobra se realice con buques dotados de hélices transversales que realicen integralmente las funciones de los remolcadores, podrán reducirse las dimensiones de este Área de Reviro adoptando un valor de $R_{cr} \geq 0.70 L$, que toma en consideración la reducción de espacios que se produce al no tener remolcadores implicados en la maniobra dentro del Área de Reviro. Esta reducción no podrá ser aplicada en el supuesto de que las hélices transversales sólo puedan ayudar parcialmente a la maniobra y el buque necesite ser complementado con remolcadores cuando se trabaje en Condiciones Límites de Operación, supuesto que será el más habitual si las hélices transversales están dimensionadas con los criterios recogidos en el apartado 3.6.

8.6.4.2. DIMENSIONAMIENTO POR METODOS SEMIPROBABILISTICOS

En este procedimiento el dimensionamiento geométrico de los espacios para el reviro de los buques se basa fundamentalmente en el análisis estadístico de la ocupación de superficies por los barcos en las diferentes maniobras que se consideren, lo que permitirá, en el caso de disponer de un número suficiente de repeticiones de las maniobras, asociar el dimensionamiento resultante al riesgo previamente establecido en cada caso.

La aplicación práctica de este método podrá realizarse en base a estudios con simulador, ensayos a escala reducida, mediciones en tiempo real o procedimientos similares, que pueden reproducir el problema planteado con mayor o menor precisión. En la Parte 9 de esta ROM se recogen los aspectos principales de los Modelos de Simulación, que son la herramienta más frecuentemente utilizada para este tipo de estudios.

Previamente a la utilización de este método deberá conocerse con precisión las características del sistema utilizado y sus limitaciones, determinando qué aspectos de la realidad no son reproducibles con el modelo utilizado (p.e. balizamiento y las imprecisiones asociadas a él), puesto que todas aquellas condiciones que no puedan modelizarse deberán ser consideradas por otros procedimientos. El esquema seguido en esta ROM es que en todos estos aspectos que los modelos de simulación no consideren, se utilizará para su valoración los mismos criterios que se han definido para el método determinístico; en particular los Márgenes de Seguridad (rh_{sd}) se valorarán exactamente igual en ambos métodos.

El análisis efectuado con estos procedimientos estudia normalmente diferentes maniobras de reviro del buque en la que se consideran especialmente las características de los

buques relativos a este tipo de maniobras (número de hélices, hélices transversales, etc.), las condiciones climáticas límites de operación, la disponibilidad y características de los remolcadores, además de otros factores que afectan al dimensionamiento de estas superficies.

El procedimiento general de dimensionamiento comprenderá las fases siguientes:

- 1.º Conocer el modelo a utilizar y las limitaciones del mismo, especialmente aquellos aspectos que no puedan reproducirse en el estudio y que deberán ser abordados por procedimientos determinísticos.
- 2.º Conocer las características del Area de Maniobras y de su entorno (definición geométrica de la zona, batimetría y niveles de agua, clima marítimo existente en la zona, etc.). El nivel de definición requerido a este respecto puede variar significativamente según el sistema de simulación utilizado.
- 3.º Definir los sistemas de señalización y balizamiento que se pueden instalar, así como la forma en que se incorporan al simulador.
- 4.º Definir las condiciones climáticas límites de operación según el tipo y las dimensiones de los buques, los remolcadores disponibles o cualquier otra condición particular que se pueda definir en cada caso.
- 5.º Definir los remolcadores disponibles y su intervención en las maniobras en función del tipo y dimensiones de los buques, condiciones climáticas existentes o cualquier otra condición que se establezca.
- 6.º Concretar los «escenarios» que se van a reproducir en el simulador. Se entiende por «escenario» el conjunto de condiciones que definen una maniobra (que se repetirá varias veces para darle un tratamiento estadístico), comprendiendo al menos los aspectos siguientes:
 - El tipo de buque representativo del tramo de flota que quiera estudiarse y sus características para este tipo de maniobras.
 - Las condiciones climáticas límites de operación representativas del intervalo que se vaya a analizar.
 - Los remolcadores y otras ayudas a la navegación que estarán disponibles en esta operación.
- 7.º Definir el número de pasadas que se van a efectuar en el simulador repitiendo la maniobra correspondiente a un mismo escenario. En la medida en que se disponga de un mayor número de pasadas aumentará la precisión del estudio, con la contrapartida de incrementar los costos de la simulación. Se recomienda utilizar un número de pasadas comprendido entre 12 y 15 para la realización de proyectos definitivos.
- 8.º Concretar las secciones transversales del Area de Maniobras en las que se va a efectuar la evaluación de espacios ocupados por el buque. Se recomienda obtener una envolvente o registro continuo de todas las posiciones ocupadas por el buque en cada una de las maniobras, lo que facilita el estudio de las áreas ocupadas.
- 9.º Analizar estadísticamente los resultados obtenidos en el simulador, atendiendo a la finalidad del estudio. Si el objetivo es sólo determinar la superficie del Area de Maniobra el interés estará únicamente en los valores límites de la ocupación de espacios, si además se quiere optimizar la posición de los ejes del Area será necesario analizar las desviaciones del centro de gravedad del buque en relación con la configuración prefijada de referencia. En todos los casos el proceso será determinar las funciones de densidad y las de excedencia, ajustando diferentes funciones de distribución (Normal, Gumbel, Weibull, etc.), para cada una de las secciones transversales de estudio, determinando sus coeficientes de correlación y seleccionando las funciones de mejor ajuste, que en general serán las de tipo simétrico para el estudio de la posición del centro de gravedad y las de tipo asimétrico cuando se analice la ocupación de espacios en cualquiera de las dos bandas.
- 10.º Seleccionar las funciones de distribución (preferentemente un mismo tipo para las bandas y otro para el centro de gravedad, si es preciso). Para optimizar los ejes

del Area de Maniobras se utilizarán en cada sección los valores medios de la función de densidad de la desviación del centro de gravedad. Para analizar la anchura del Area de Maniobra, se utilizarán las funciones de probabilidad de excedencia, determinándose además las bandas de confianza más desfavorables (las que produzcan mayor ocupación) correspondientes al 95%; sobre estas bandas de confianza se calculará la probabilidad de excedencia (p_{ij}) de que esa Area de Maniobras sea sobrepasada en esa sección por un buque del tipo (i) en las condiciones de operatividad del intervalo (j) —escenario analizado— entrando así con el procedimiento descrito en el apartado 2.5 y particularmente en el subapartado 2.5.6.

La anchura nominal de cada sección estudiada del Area de Maniobras determinada por este método semiprobabilístico será:

$$B_n = [\text{Anchura entre bandas calculada estadísticamente en función del riesgo «E» prefijado}] + [\text{sobreanchos debidos a efectos no contemplados en el simulador, que se calcularán con los criterios establecidos por el método determinístico}] + [\text{Margen de Seguridad «}rh_{sd}\text{» valorado con los criterios establecidos por el método determinístico}]$$

8.6.5. DIMENSIONAMIENTO DE LA ZONA DE ARRANCADA DE BUQUES

El dimensionamiento de la zona de arrancada de buques, ya sea por métodos determinísticos o semiprobabilísticos se efectuará con criterios análogos a los de la zona de parada, suponiendo que los barcos, en esta maniobra, pasen de velocidad nula a la admisible en las vías de navegación o rutas de acceso. Dado que en este proceso el buque irá mejorando su capacidad de control de la maniobra en la medida que vaya aumentando su velocidad, los aspectos de especialidad surgen en el tramo inicial de la maniobra y normalmente quedan cubiertos por las provisiones de espacio que se hayan efectuado en relación con las maniobras de acceso, si ambas maniobras se realizan en las mismas condiciones Climáticas Límites de Operación y contando con la misma asistencia de remolcadores. En el caso de que estas circunstancias no se cumplan deberán verificarse los aspectos siguientes:

- La capacidad de los elementos de remolque y otros medios propios del buque (hélice, timón, hélices transversales, etc.) para controlar la posición del buque, con las márgenes de seguridad que se especifican en el capítulo 5.
- Los movimientos (giros y desplazamientos) descontrolados del buque que puedan presentarse en esta fase inicial de las maniobras y la incidencia que pudieran tener en la ruta y espacios ocupados posteriormente por el buque.

8.6.6. BALIZAMIENTO DE LAS AREAS DE MANIOBRAS

El balizamiento de las zonas de parada del buque se efectuará con los criterios de la AISM, utilizando las marcas habituales (cardinales, laterales, enfilaciones, etc.) que allí se establecen y prestando la atención preferente a la definición de los bordes del área de navegación, ya que el buque normalmente abandonará el eje de la vía y necesitará conocer con precisión la situación en que se encuentra en relación con los límites del área disponible.

El balizamiento de las áreas de maniobra se dirigirá fundamentalmente a señalar los contornos de las superficies disponibles (que normalmente serán polígonos de lados rectos envolventes de las superficies requeridas), así como los ejes y puntos fundamentales para la maniobra (rutas de acceso a las áreas de maniobra, área central para el fondeo de anclas, etc.). La proximidad de estas áreas a las infraestructuras existentes permitirá que en gran número de casos puedan utilizarse referencias fijas para este balizamiento.

8.7. FONDEADEROS

8.7.1. DEFINICION

Se denomina fondeadero a la zona en la que los buques arrojan el ancla, o fondean, en espera de poder entrar en la parte del puerto destinada a realizar las operaciones típica-

mente portuarias (carga, descarga, avituallamiento, reparaciones, etc.), lo que no excluye que frecuentemente estas operaciones se realicen también en los fondeaderos.

Generalmente los puertos se establecen en el fondo de bahías o radas naturales suficientemente amplias y, cuando menos parcialmente, abrigadas de los temporales y marejadas por salientes de la costa, arrecifes, islotes, bajos fondos o, en definitiva, por la conveniente forma de las curvas batimétricas. En estos casos los fondeaderos se sitúan habitualmente en el antepuerto o en aguas exteriores próximas al puerto, aunque también pueden disponerse fondeaderos abrigados por espigones artificiales. En otros casos los puertos se sitúan al final de canales de navegación y los fondeaderos podrían también disponerse en ensanchamientos del canal de navegación. Tratándose de instalaciones situados en Alta Mar («Offshore») los fondeaderos quedarían emplazados en zonas generalmente poco abrigadas.

8.7.2. FACTORES QUE AFECTAN A SU PROYECTO

El proyecto de un fondeadero depende principalmente de los factores siguientes:

- El tamaño, dimensiones y características de los buques más desfavorables que se prevé recibir (que pudieran no ser los mayores), por lo que habitualmente se precisará analizar diversos tipos de buques).
- El tipo de operaciones que se prevea desarrollar en ellos, incluidas las características típicamente portuarias, así como la naturaleza de las mercancías transportadas por los buques que utilizarán el fondeadero y, en su caso, las de las mercancías que se manipularán en ellos.
- La duración de la estadía al ancla de los buques que permanecerán u operarán en el fondeadero.
- La configuración general del emplazamiento y la disponibilidad de espacios para la realización de las maniobras de acceso, verificación, permanencia, operación y salida.
- El número de puntos de fondeo a instalar en el emplazamiento.
- El clima marítimo existente en la zona y las condiciones límites de operación que se establezcan para las diferentes funciones.
- Las características físicas del emplazamiento y en particular la profundidad y declive del fondo y la calidad de los suelos para servir de tenedero de anclas.
- Las condiciones medioambientales a preservar en el emplazamiento y la disponibilidad de medios de lucha anticontaminación disponibles en el caso de efectuarse operaciones de carga y descarga de mercancías.
- La disponibilidad de remolcadores y otros elementos de ayuda a la navegación y a las operaciones portuarias, en su caso.
- La proximidad de embarcaderos o muelles para embarcaciones menores auxiliares de las operaciones.

El estudio de todos estos factores supera el alcance de esta ROM, por lo que se recoge a continuación un análisis de aquellos puntos que afectan al dimensionamiento de estas Areas.

a) CAPACIDAD DEL FONDEADERO

El fondeadero debe tener la amplitud suficiente para permitir que el o los buques puedan desplazarse libremente con un adecuado margen de seguridad según el sistema de fondeo elegido, considerando el tiempo de permanencia de los buques, sus esloras y longitudes previstas de cadena a filar, y tomando debido resguardo de los peligros o buques próximos en caso de garreo de anclas. En el apartado 8.7.3 se establecen las dimensiones recomendadas según los diferentes sistemas de fondo y los criterios para la distribución de fondeaderos.

b) PROFUNDIDAD

La profundidad de agua mínima requerida en el fondeadero se establecerá con los criterios definidos en el Capítulo 7. La profundidad máxima deseable depende de la longitud

y el peso de cadena disponible, pero en general no es conveniente que supere el triple de la profundidad mínima requerida por el Buque de Proyecto.

En lo que se refiere a la topografía o relieve del fondo, es necesario que no presente grandes declives, pues si la cadena trabaja en la dirección de las mayores profundidades, el ancla puede deslizarse por la pendiente y garrear con facilidad, siendo improbable que haga cabeza nuevamente.

c) CALIDAD DEL TENEDERO

Usualmente en los derroteros se indica la clase de fondo y bondad del tenedero, información muy importante para evaluar la idoneidad de fondeadero.

Los mejores tenederos son los de arena fina y dura, arena fangosa y fango compacto; son aceptables los de arena y conchilla, así como los de piedra suelta, grava y cascajo. Los fondos de arcilla son buenos, pero tienen el inconveniente de que si el ancla garrea es difícil que vuelva a morder, pues sus brazos y uñas se empastan quedando envueltos en una masa de arcilla; por esta razón, en caso de garreo se aconseja levar el ancla y lavarla antes de repetir un nuevo intento de fondeo.

Los fondos de fango blando son relativamente poco seguros, pues si bien resultan fáciles de hacer presa, es probable que se llegue a garrear sin que la cadena dé estrepadas perceptibles. Si el ancla se entierra demasiado profundamente en el fango, puede llegar a ser imposible levarla; si la permanencia en el lugar va a ser muy prolongada, es conveniente zarpar y volver a fondear de vez en cuando.

Son malos tenederos los de roca o coral y los excesivamente duros, pues las uñas del ancla no agarran en los mismos y, de encajarse en alguna saliente del fondo, puede ocurrir que zafen al bornear el buque o se enroquen de manera tal que se dificulte o imposibilite su recuperación.

Las antiguas anclas de cepo garreaban con bastante facilidad en fondos muy blandos; los modelos más recientes y perfeccionados hacen cabeza satisfactoriamente en casi cualquier clase de fondo, porque se entierran más profundamente durante la fase final de irse arrastrando antes de agarrarse en firme. Esto no quiere significar que el factor calidad de fondo haya perdido su importancia. Como dato aclaratorio se puede citar los resultados de las pruebas realizadas con las anclas más eficientes en uso, según los cuales con buen tenedero aguantan una tracción de 10 veces su peso sin garrear, con fondos excepcionalmente buenos (mezcla de arena, cascajo y arcilla) soportan $12\frac{1}{2}$ veces su peso, y con fondos de pobres cualidades (fango blando), sólo 6 veces su peso.

d) ABRIGO AL VIENTO Y AL MAR

A efectos de diseño se debe elegir el fondeadero de acuerdo con los vientos reinantes buscando el mayor resguardo natural posible, tratando asimismo de lograr suficiente protección contra los efectos del oleaje. Para las condiciones específicas de uso de cada caso concreto deberá atenderse a las condiciones climáticas pronosticadas, siendo aconsejable fondear más cerca de la costa de barlovento para disponer de mayor espacio libre en caso de garreo.

e) CORRIENTES

La corriente, según su dirección e intensidad, puede hacer garrear al buque, especialmente cuando éste por su acción se atraviesa al viento o cuando el tenedero es malo. A efectos de uso se debe prestar especial atención a los cambios de la corriente, y en cualquier caso, deben tenerse siempre las máquinas «en atención» en previsión de emergencias.

f) CONDICIONES LIMITES DE OPERACION

Las condiciones de clima marítimo que se establecen habitualmente como límites de operación para fondeaderos son las que se indican a continuación, dependiendo del buque, del tipo de fondeo y de la operación que se prevea desarrollar en ellos. La velocidad del viento está determinada para buques normales; en el caso de tratarse de barcos con mucha superficie expuesta al viento (metaneros, portacontenedores, petroleros en lastre, etc.) las velocidades del viento límites de operación serán un 20% inferiores a las indicaciones en la tabla.

	Velocidad absoluta del viento $V_{10.1 \text{ min}}$	Velocidad absoluta de la corriente $V_{c. 1 \text{ min}}$	Altura de ola H_s
— Maniobras de aproximación y amarre	17.0 m/s	2.0 m/s	2.5 m
— Permanencia del buque en el fondeadero:			
• Fondeos a la gira	24.0 m/s	2.0 m/s	3.5 m
• Fondeos a barbas de gato	30.0 m/s	2.0 m/s	4.5 m
• Fondeos a la entrante y vaciante y fondeos con un ancla en proa y otro en popa:			
Acciones longitudinales	24.0 m/s	2.0 m/s	3.5 m
Acciones transversales	Fondeadero no operativo		
— Operaciones de carga y descarga	Dependen de las características de los equipos		

g) TRAFICO MARITIMO EN LA ZONA

Se tratará de no situar los fondeaderos ni fondear cerca de las rutas muy frecuentadas, particularmente cuando existan malas condiciones de visibilidad.

h) FACILIDADES NAUTICAS PARA TOMAR Y ABANDONAR EL FONDEADERO

En lo posible se debe elegir un fondeadero de fácil entrada y salida, tanto diurna como nocturna, y que cuente con un adecuado balizamiento natural o artificial que permita situar al buque con precisión y seguridad al transitar en su acceso y durante la permanencia al ancla.

8.7.3. DIMENSIONES DE LOS FONDEADEROS

a) FONDEO DE UN BUQUE A LA GIRA

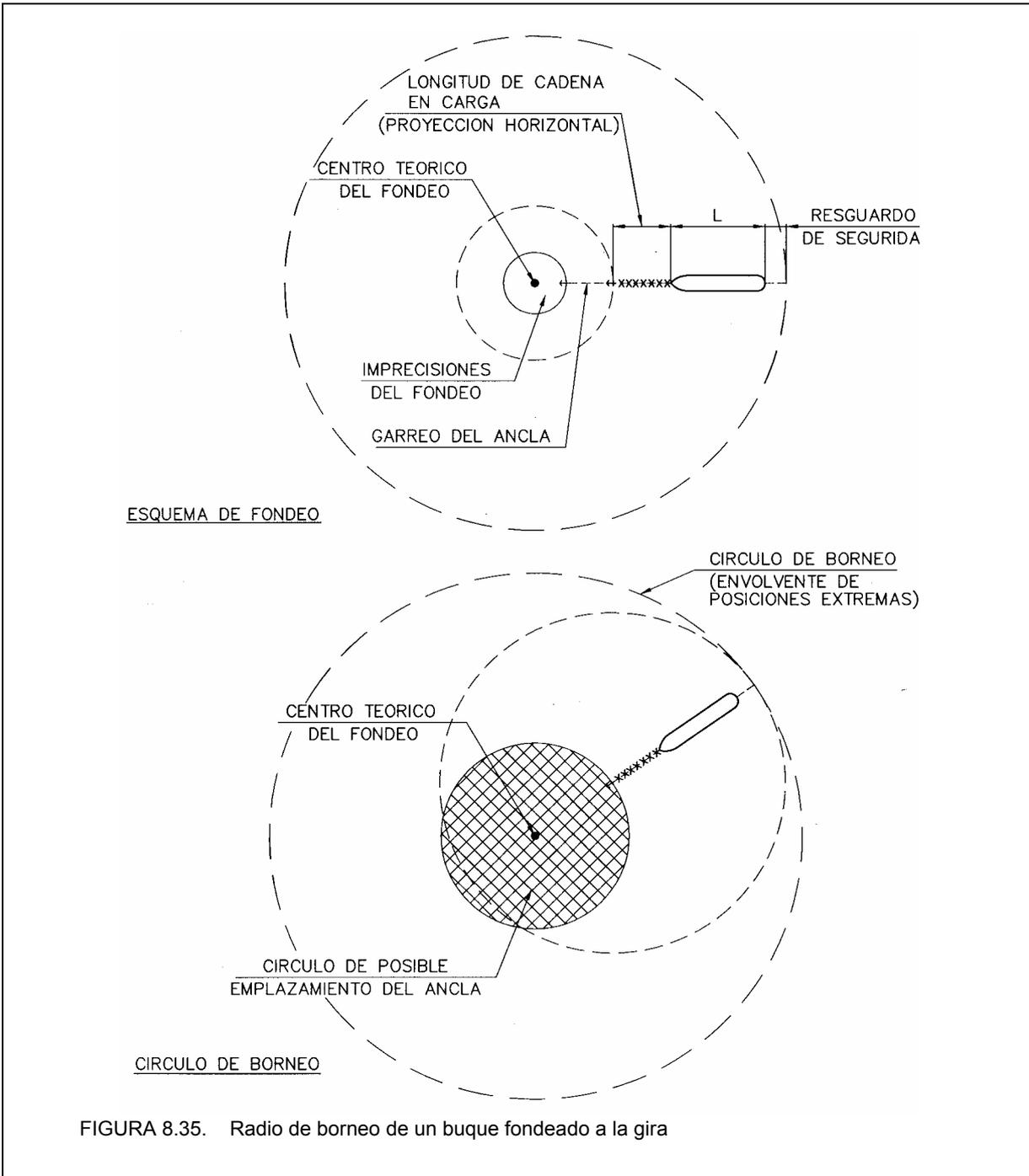
Se dice que un buque fondea a la gira con un ancla por proa, cuando deja filar la cadena, a la que está unida el ancla, a través del escobén, (abertura practicada en el casco en la parte superior de la proa), permitiendo que el ancla haga presa en el fondo, que queda así como elemento único de fijación. Para quitar el ancla se actúa sobre la cadena por medio del molinete, almacenándose la cadena levantada en las cajas de cadena, y alojándose el ancla en el escobén.

El radio de borneo medido al nivel de la cubierta del buque se puede calcular por el método determinístico sumando los siguientes conceptos (Ver fig. 8.35):

1. Eslora total del buque (L).
2. Longitud de cadena que se prevé filar en el fondeadero. Para su determinación analítica ver apartado 8.7.3.e. Es prudente considerar para el cálculo la cantidad total de cadena disponible, para así cubrir la posibilidad de que por vientos, oleajes o corrientes fuertes sea necesario filarla por completo.
3. Una distancia adicional de seguridad para cubrir imprecisiones del fondeo, destinada a englobar errores tales como los debidos a la exactitud del método empleado para situar la posición del buque a fondear, o el recorrido del buque en el tiempo que transcurre entre el momento en que se da la orden de fondeo y el instante en que el ancla termina por hacer cabeza en el fondo. También influye la bondad cartográfica y el grado de adiestramiento del personal que interviene en la operación. Esta distancia de seguridad depende de diversos factores, pudiendo aceptarse un valor que varía entre 25 y el 50% de la eslora total (L) del buque considerado.
4. Un margen adecuado de preaviso para el caso de garreo del ancla que puede evaluarse con los criterios siguientes, determinados en función de la velocidad del viento (criterios análogos podrían establecerse para la acción aislada o combinada de vientos, oleajes y corrientes, considerando la resultante de las fuerzas longitudinales que actúan sobre el buque):

— Fondos con buena resistencia al anclaje:

- Fondeo con velocidad del viento ≤ 10 m/s 0 m.



- Fondeo con velocidad del viento de 20 m/sg 60 m.
 - Fondeo con velocidad del viento de 30 m/sg 120 m.
 - Fondeo con velocidad del viento \geq 30 m/sg 180 m.
- Fondos con mala resistencia al anclaje
- Fondeo con velocidad del viento \leq 10 m/sg 30 m.
 - Fondeo con velocidad del viento de 20 m/sg 90 m.
 - Fondeo con velocidad del viento de 30 m/sg 150 m.
 - Fondeo con velocidad del viento \geq 30 m/sg 210 m.

Para evaluar la resistencia al anclaje de los fondos atendiendo a su naturaleza ver el apartado «c» del artículo 8.7.2. dedicado a la calidad del tenedero.

5. Un resguardo de seguridad que pueda cifrarse en un 10% de la eslora total (L), con un mínimo de 20 m, (salvo para embarcaciones pesqueras y deportivas que podría reducirse a 5 m).

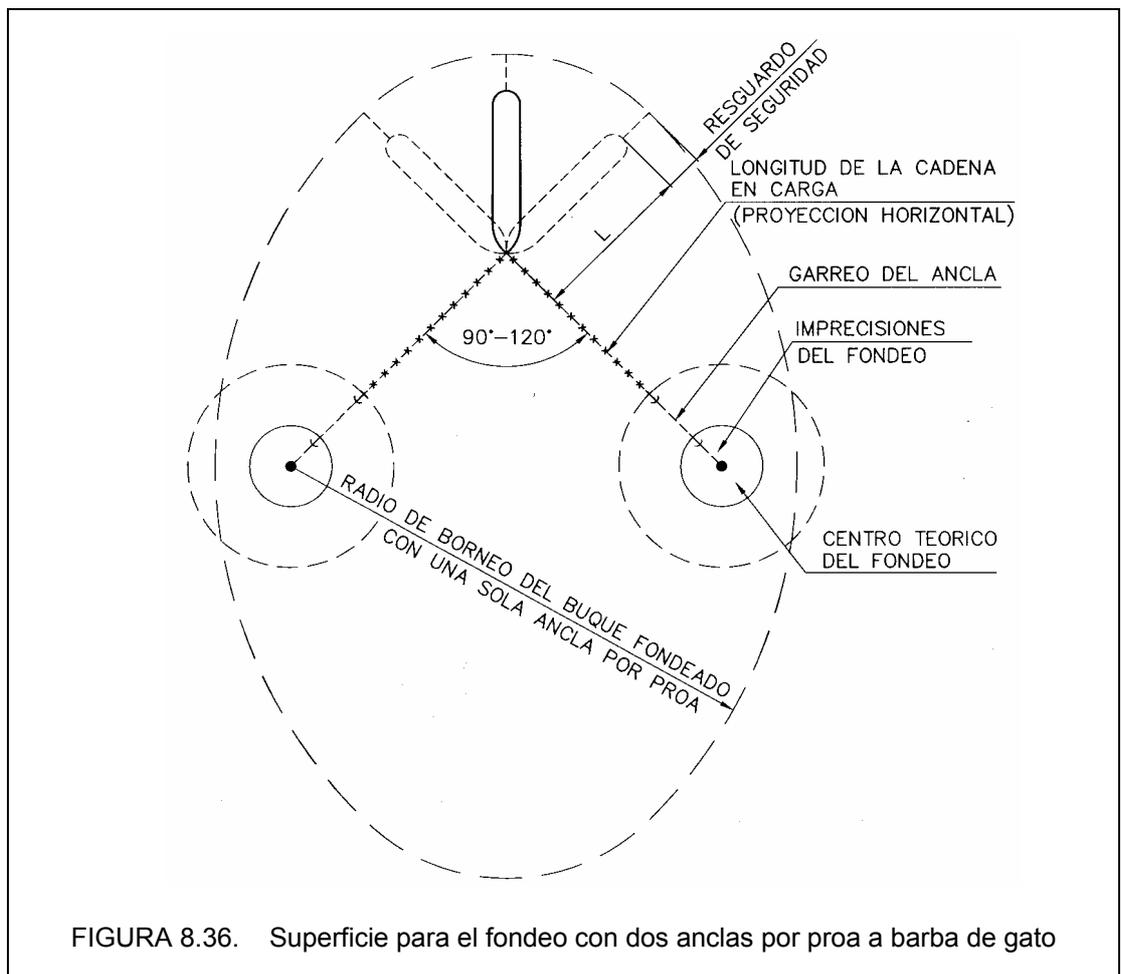
El cálculo por el procedimiento semiprobabilístico no es recomendable, a no ser que se disponga de una información fiable sobre el garreo del ancla (punto 4 de la relación anterior), aplicable al emplazamiento concreto que se considere.

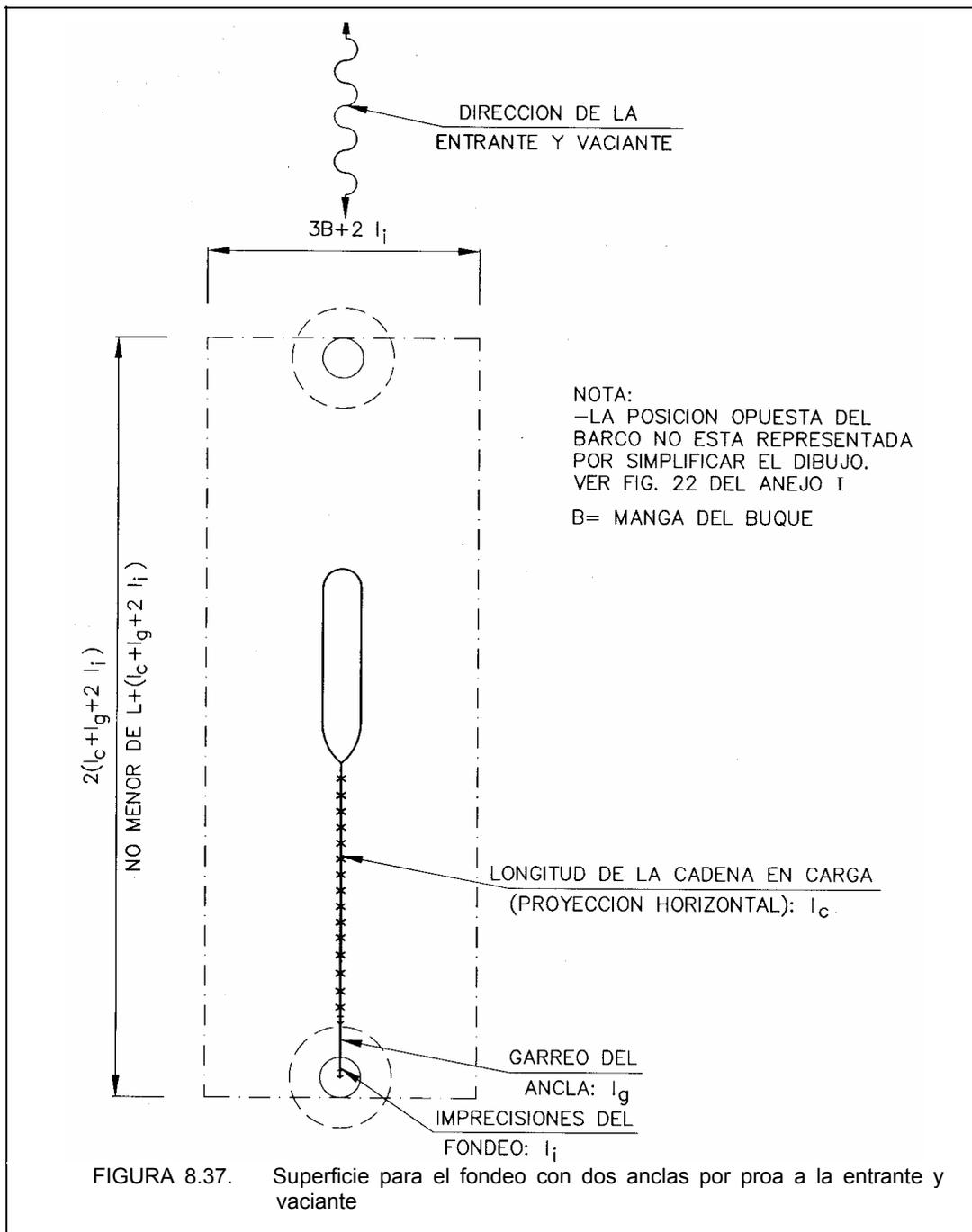
b) FONDEO DE UN BUQUE A BARBAS DE GATO

La superficie ocupada por un buque fondeado con dos anclas por proa a barbas de gato se determina en función de la compatibilidad de desplazamientos impuestos por cada una de las líneas de anclaje. El esquema resultante se recoge en la figura 8.36 en la que todas las dimensiones que intervienen en su determinación están definidas en el apartado anterior.

c) FONDEO DE UN BUQUE A LA ENTRANTE Y VACIANTE

La superficie ocupada por un fondeo de estas características, viene también impuesta por los condicionantes de compatibilidad de desplazamientos. El esquema resultante se recoge en la fig. 8.37, en la que todas las dimensiones que interesen en su determinación están definidas en el apartado «a» de este artículo. Se hace notar que este sistema de fondeo no tiene prácticamente condiciones de fijación del barco para acciones transversales, por lo que no puede utilizarse cuando se prevea la actuación de esfuerzos en este sentido; su utilización está prácticamente limitada a los casos en los que la acción sea la de la marea, con sentidos de actuación opuestos en entrante y vaciante.

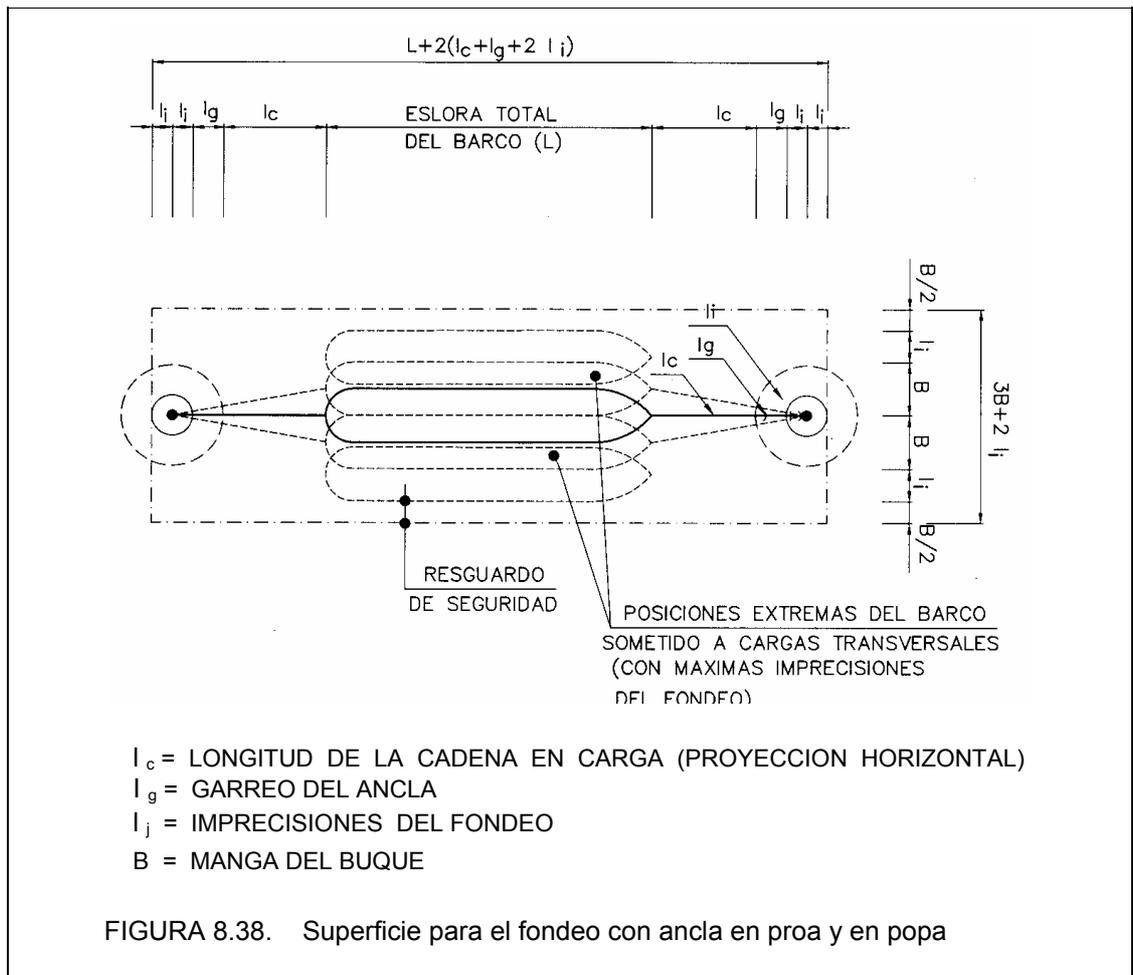




d) FONDEO DE UN BUQUE CON ANCLA EN PROA Y EN POPA

La superficie ocupada por un fondeo de estas características viene también impuesto por las condiciones de compatibilidad de desplazamientos. El esquema resultante se recoge en la fig. 8.38, en la que todas las dimensiones que intervienen en su determinación están definidas en el apartado «a» de este artículo. Este sistema de fondeo tiene unas condiciones precarias de fijación del buque en sentido transversal, necesitando en cualquier caso que se produzcan grandes recorridos del buque para tener eficacia resistentes en ese sentido. Su utilización también está limitada a los casos en los que la acción predominante sea la de la marea, con sentidos de actuación opuestos en entrante y vaciante.

Este tipo de fondeo sólo se puede hacer en buques provistos de un ancla en su popa, de los que existen muy pocos, o en buques muy pequeños que dispongan de anclas en proa y de un rezón (anclote pequeño que se puede fondear y levar a mano) que se pudiera fondear por la popa, o de dos rezones.



e) LONGITUD DE CADENA A FILAR

La longitud de cadena que debe filar un buque determinado depende de numerosos factores, y especialmente de la bondad del tenedero, de la duración de la permanencia en el fondeadero, del espacio para bornear disponible teniendo en cuenta la proximidad de peligros fijos o de otros buques, del abrigo que ofrece el fondeadero al viento, oleajes o corrientes, del estado del tiempo predominante y pronosticado, de la intensidad y dirección de las corrientes prevaletientes, y, por último, en muy importante medida, de la profundidad del lugar.

En forma tradicional la mayoría de los autores aconseja emplear en condiciones normales promedio una longitud básica de cadena a filar del orden de 3 a 4 veces la profundidad de agua en pleamar para estancias cortas y buen abrigo, y de 5 a 7 veces para estancias largas y peores condiciones de abrigo.

El punto fundamental que debe destacarse es que el ancla se comporta con máxima eficiencia cuando la cadena ejerce sobre ella una tracción horizontal o paralela al fondo, y que el objetivo debe ser filar tanta cadena como sea necesaria para asegurar que se cumpla esa condición. Si por arriarse insuficiente longitud de cadena no se logra tal propósito, el ancla perderá gran parte de su poder de agarre y probablemente garreará. A título indicativo se incluye la siguiente tabla que muestra cómo disminuye la capacidad de agarre del ancla en función de la inclinación que la cadena forma con el fondo a la altura del arganeo:

Angulo de inclinación:	0°	5°	10°	15°
% del máximo poder de agarre:	100%	80%	60%	40%

Quiere decir que basta con que la cadena forme un ángulo de 15° para reducir en más de la mitad la capacidad de agarre del ancla, lo cual es un importante elemento de juicio a tener en cuenta para prever las consecuencias de lo que pueda ocurrir cuando, por alguna razón, no sea posible filar suficiente cadena como para lograr que la misma trabaje paralela al fondo.

Suponiendo que el tamaño de la cadena del ancla haya sido elegido para proveer exactamente una carga de trabajo igual a la máxima capacidad de agarre del ancla, se puede aceptar que la longitud mínima de cadena a filar para asegurar que se ejerza una tracción horizontal sobre el ancla depende únicamente de la profundidad del lugar y del tipo de la cadena.

En la actualidad existen diferentes tipos de cadenas en uso, como son las de hierro forjado, acero dulce, acero fundido, forjado o estampado, y otras aleaciones de acero, al níquel o manganeso, siendo las más habituales las de acero dulce o hierro forjado.

La longitud ideal de cadena a filar para una determinada profundidad es la de una catenaria tal que asegure una tracción horizontal sobre el arganeo del ancla, cuando el esfuerzo que el buque ejerce sobre la cadena es igual a la carga del trabajo de aquélla. Si ese esfuerzo se hace mayor, la tensión de la cadena aumenta, la curvatura de la catenaria decrece, y se genera una componente vertical que tiende a levar el ancla haciéndola garrear antes que la cadena se vea sometida a esfuerzos anormales indebidos. La longitud ideal de cadena está dada por la siguiente fórmula:

$$l_c = \sqrt{(h + h_e) \left[\frac{T_c}{2W} - (h + h_e) \right]} = \sqrt{h_{ef} \left(\frac{T}{2W} - h_{ef} \right)}$$

siendo:

l_c : longitud de cadena a filar.

H : profundidad de agua en el emplazamiento.

h_e : altura del escobén sobre la superficie del agua.

h_{ef} : altura del escobén sobre el fondo del fondeadero.

T_c : carga de trabajo de la cadena con factor de seguridad 4 (es 1/4 de la correspondiente carga de rotura y no debe confundirse con la carga de prueba, que suele ser 2/3 de la resistencia de la cadena).

W : peso de la cadena por unidad de longitud (se considerará el valor correspondiente a cadena sumergida).

Si se emplea menor longitud de cadena e buque tenderá a garrear antes que la cadena soporte la carga de seguridad para que fue diseñada. Si se usa mayor longitud la cadena puede quedar sometida a esfuerzos superiores a su carga de trabajo, debidos al peso propio, con riesgo de deformarse o llegar a partirse.

La fórmula anterior también puede utilizarse para determinar la longitud de cadena para cualquier otra carga de trabajo y, en particular, para la que correspondería a las acciones resultantes sobre el buque producidas por las condiciones climáticas límites de operación que se establezcan.

En el supuesto de que el espacio disponible no permitiese filar la longitud de cadena determinada por la fórmula anterior, podrían admitirse desarrollos menores correspondientes a ángulos de la cadena en el fondo de hasta 3°, si bien en este caso sería necesario tomar en consideración la reducción que se produciría en el poder de agarre del ancla.

La proyección horizontal de estas longitudes de cadena, que es el valor que interviene en la determinación de las configuración geométrica en planta de estas Areas de Flotación, se determinará para las condiciones de proyecto que finalmente se adopten, utilizando las ecuaciones de la catenaria.

f) SEPARACION ENTRE BUQUES FONDEADOS

El radio de borneo y superficie ocupada a que se acaba de llegar según los criterios anteriores aseguran que si cierto número de buques de la misma clase fondea a una dis-

tanda igual al doble de los valores calculados, se podrán producir las siguientes contingencias sin que ocasionen riesgos ni dificultades:

1. Dos buques adyacentes podrán bornear en direcciones opuestas en máximo acercamiento con sus cadenas completamente tesas. Esto es poco probable que llegue a suceder, ya que con vientos y corrientes apreciables presentarán en forma similar. Existe la posibilidad de que tiendan a bornear en sentido contrario por acción de la corriente, cuando esta rota o se invierte, y a la vez existan vientos leves, pero en ese caso las cadenas no estarán bien tesas.
2. Un buque fondeado en la enfilación de otros dos próximos adyacentes, puede levar y zarpar en forma independiente sin peligro de abordarlos.
3. Un buque puede efectuar su aproximación para tomar fondeadero entre otros dos ya fondeados, sin riesgo de que los adyacentes, al bornear, le dificulten su maniobra para ocupar estación.

Si se trata de buques de diferente tipo o clase, se les deberá separar en una distancia igual a la suma de sus respectivos radios de borneo o superficies ocupadas, para asegurar el cumplimiento de las tres condiciones que se acaban de citar.

En el caso particular de un puerto o zona de reducidas dimensiones, puede ocurrir que el espacio disponible no permita separar los buques en esa distancia deseable igual al doble o a la suma de radios de borneo (o superficies ocupadas). De ser necesario, se puede disminuir esta distancia hasta aceptar como mínimo el criterio de espaciar los fondeaderos adyacentes en una separación igual a la mitad del valor deseable establecido para buques de la misma clase; si fueran de distintos tipos se adoptará como separación el mayor radio de borneo. En este supuesto sólo quedarían cubiertas las contingencias 2. y 3., antes especificadas y habría que estar prevenidos contra borneos en acercamiento correspondientes a la posibilidad 1.; pero en condiciones normales y con buen tenedero, el riesgo que se corre es pequeño, y puede incluso eliminarse disponiendo un remolcador o embarcación auxiliar de potencia media que ayude a los buques a presentar en la misma posición.

Si aún procediendo de la forma que se acaba de indicar el espacio disponible resultase todavía insuficiente, podría reducirse aún más la separación entre los buques calculando el radio mínimo de borneo de la siguiente manera: eslora total del buque, más la longitud de cadena que realmente se prevea usar (ver apartado 8.7.3.e.), más el margen mínimo de seguridad para cubrir imprecisiones de fondeo (para lo cual debería balizarse adecuadamente el centro de estación de fondeo y definir la normativa de operación aplicable en cada caso), más el resguardo de seguridad con respecto al peligro. Este criterio elimina el riesgo de que en condiciones climáticas extremas pueda recurrirse a filar más cadena de la necesaria, así como el riesgo de garreo del ancla; por tanto, sólo podría aplicarse, si se establece como condición que el buque deberá abandonar el fondeadero cuando se alcancen las condiciones climáticas que se utilizaron para determinar la longitud de la cadena. Adicionalmente sería preciso comprobar si la separación entre buques permite desarrollar las maniobras de aproximación y salida sin interferencias.

g) DISTRIBUCION Y EMPLAZAMIENTO DE FONDEADEROS

La distribución y el emplazamiento de los fondeaderos se adaptará a las características físicas de la zona y a la utilización que se pretenda hacer de ellos. En particular, en el caso de que exista tráfico de buques con mercancías peligrosas se fijarán fondeaderos específicos para este tipo de buques en zonas alejadas del tráfico normal del puerto.

En ciertos emplazamientos, como es el caso de algunas radas abiertas, el amplio espacio disponible y lo parejo del fondo permiten establecer una disposición de fondeo de forma circular, con la estación cero o buque de referencia en el centro y las demás unidades fondeadas en círculos concéntricos, correspondiendo los de mayor diámetro a los buques de menor tamaño.

En zonas costeras donde el relieve del fondo presenta una pendiente suave y uniforme, se suelen ubicar los fondeaderos sobre diferentes líneas de marcación paralelas y prácticamente coincidentes con las isobatas, asignándose los más cercanos a tierra a los buques menores y los más profundos a las unidades mayores.

En el caso más general, cuando no se den las condiciones expuestas en los dos párrafos precedentes, se deberán acomodar los fondeaderos en forma irregular, adaptándolos a las características y dimensiones del lugar.

8.7.4. BALIZAMIENTO DE LOS FONDEADEROS

En los casos habituales, el balizamiento de los fondeaderos estará limitado a la definición del perímetro de las áreas de fondeo mediante boyas o balizas, sin que se prevea ningún tipo de balizamiento de los puntos de fondeo, que, en caso de uso, ya quedarán balizados por los propios sistemas del barco que los ocupe.

En el caso poco frecuente de que se opte por balizar cada uno de los posibles puntos de fondeo, se asignará a cada fondeadero o estación de fondeo un número que lo identifique, y su posición quedará determinada por enfilaciones, marcaciones y distancias, ya sea respecto de puntos notables y señales marítimas ubicadas en tierra, o con referencia a la estación cero u otro fondeadero adyacente.

8.8. AMARRADEROS Y CAMPOS DE BOYAS

8.8.1. DEFINICION

Se incluyen dentro de este apartado las instalaciones en las que los buques permanecen amarrados a boyas u otros elementos fijos o flotantes, diferentes de los muelles, y en los que pueden realizar operaciones típicamente portuarias. El elemento diferencial de este tipo de instalaciones es la ausencia de muelles o atraques de tipo convencional, lo que no excluye que en determinados casos puedan disponerse de plataformas auxiliares en las que se concentran algunas operaciones relacionadas con la carga y descarga.

La utilización de este tipo de instalaciones viene en general impuesto por la ausencia de estructuras fijas de abrigo, ya sea por tratarse de emplazamientos situados en las aguas exteriores de los puertos, o porque no exista un mínimo de infraestructura portuaria que permita desarrollar en ella las operaciones típicamente portuarias.

Las instalaciones de este tipo responden fundamentalmente a dos tipologías principales:

- Monoboyas o monoduques de Alba.
- Campos de boyas, que en algún caso se configuran con utilización de las anclas del buque.

8.8.2. FACTORES QUE AFECTAN A SU DIMENSIONAMIENTO

Los factores fundamentales que afectan al dimensionamiento de amarraderos y campos de boyas son los siguientes:

- El tamaño, dimensiones y características de los Buques de Proyecto.
- El tipo de operaciones portuarias que se prevea desarrollar en ellos y la naturaleza de las mercancías a manipular.
- La configuración general del emplazamiento y la disponibilidad de espacios para la realización de las maniobras de acceso, permanencia y salida.
- El número de amarraderos y campos de boyas a instalar en el emplazamiento.
- El clima marítimo existente en la zona, y las condiciones límites de operatividad que se establezcan para las diferentes operaciones portuarias.
- Las condiciones medioambientales a preservar en el emplazamiento y la disponibilidad de medios de lucha anticontaminación disponibles en el caso de determinadas cargas.
- La disponibilidad de remolcadores y otros elementos de ayuda a la navegación y a las operaciones portuarias.

8.8.3. DIMENSIONES DE LAS AREAS DE FLOTACION REQUERIDAS

a) MONOBOYAS O MONODUQUES DE ALBA

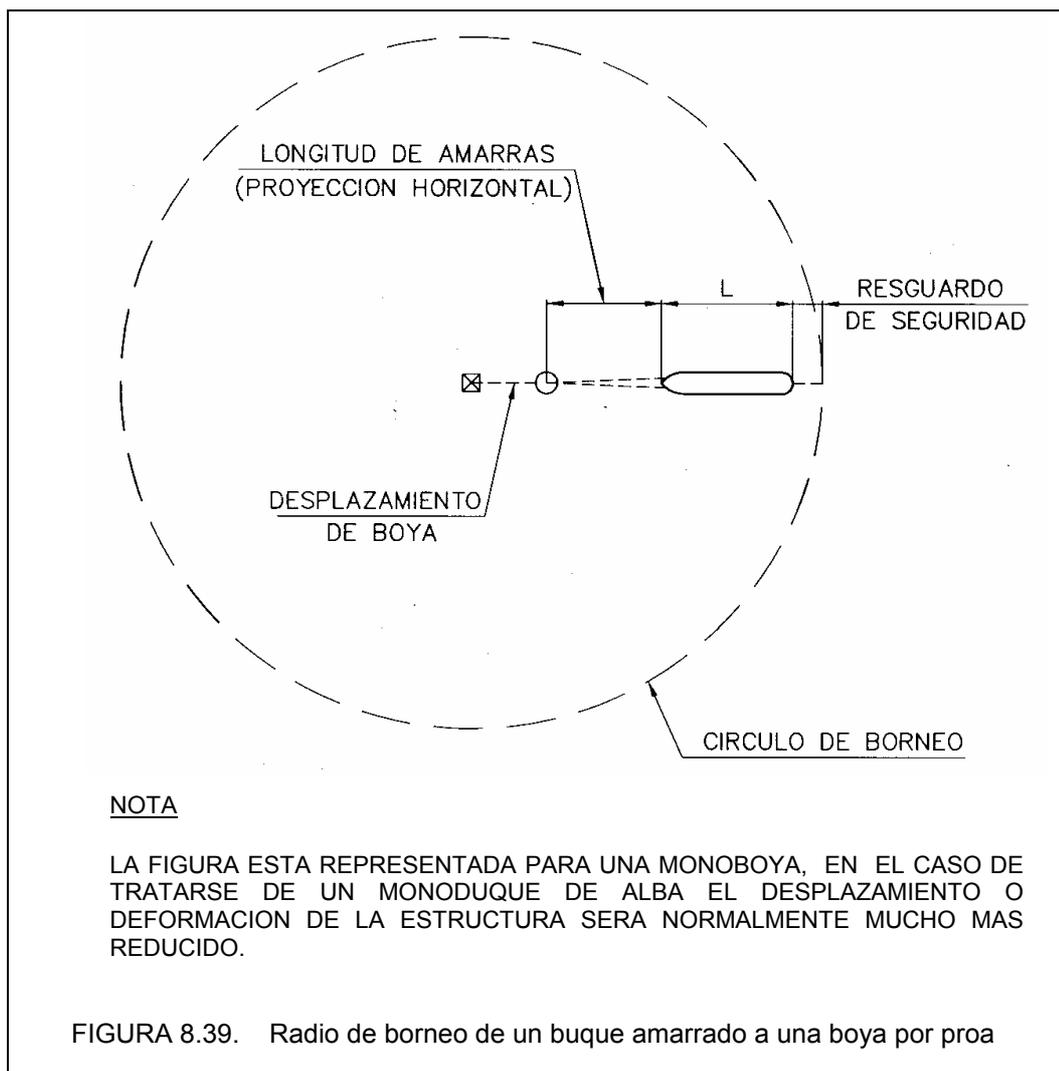
En el caso de que el buque se amarre a una boya, o cualquier otro tipo de estructura (monopilote, torre, etc.) por proa, el radio de borneo medio al nivel de la cubierta del bu-

que se puede calcular por el método determinístico, sumando los siguientes conceptos (Fig. 8.39):

1. Eslora total del buque (L).
2. Longitud de las amarras en carga, que se determinará en función de las características de buque, de la boya y de las condiciones climáticas límite de operación aceptadas.

A título preliminar puede suponerse para monoboyas o estructuras flexibles, que son las más habituales, que la longitud de amarras es de 35 m, para grandes buques hasta 100.000 t. de desplazamiento y de 45 m para buques superiores a las 200.000 t. de desplazamiento, pudiendo interpolarse linealmente para buques intermedios; para embarcaciones menores (pesqueras y deportivas, con esloras inferiores a 20 m) podrá superarse una longitud de amarras, también a título preliminar, del 30% de la eslora total (L) del buque. Estas longitudes deberán incrementarse en el alargamiento elástico de las amarras al entrar en carga, que puede evaluarse, aproximadamente, en un 25 a 30% de su longitud, dependiendo del material con que estén fabricadas.

3. Desplazamiento de la boya o de la estructura que se considere en relación con su centro teórico, debido a las cargas transmitidas por el buque y a las acciones directas sobre la propia boya, en las condiciones climáticas límites de permanencia que se establezcan.
4. Un resguardo de seguridad que puede cifrarse en un 10% de la eslora total (L), con un mínimo de 20 m (salvo para embarcaciones pesqueras y deportivas que podrían reducirse a 5 m).



El cálculo por el método semiprobabilístico no es aconsejable, dado que las mayores incertidumbres de este dimensionamiento provienen del comportamiento estructural de los sistemas de amarre en condiciones límite de operación y su incidencia no es significativa.

El dimensionamiento resultante con estos criterios conduce a unos radios de borneo muy inferiores a los determinados para fondeos con anclas, ya que en este caso no se presentan algunas de las incertidumbres que allí se contemplan, por lo que en general, las dimensiones obtenidas son insuficientes para mantenerlas como distancias de seguridad a peligros cartográficos concretos, ya que no dejarían espacio suficiente para garantizar las maniobras de aproximación y salida de buques a la monoboya o instalación que se considere.

Asimismo y en el supuesto de que se contemplaran varios puntos de fondeo, si se mantuviera una separación entre cada dos de ellos igual a la suma de sus respectivos radios de borneo, se eliminaría el riesgo de contacto entre buques adyacentes fondeados, pero en general la separación sería también insuficiente para garantizar la navegación de aproximación y salida del fondeadero, sin interferencias con otros buques fondeados en la zona. Será preciso considerar por tanto además de las limitaciones derivadas del radio de borneo del buque fondeado, las que provengan de las maniobras de aproximación y salida de buques, estudiando al respecto los buques más desfavorables (que podrían no ser los de mayores desplazamientos que operarían en las diferentes estaciones de fondeo, de manera que pudieran efectuarse estas operaciones con los márgenes de seguridad adecuados (ver apartado 8.6).

A título indicativo y a reserva de estudios de mayor precisión pueden establecerse las siguientes distancias de seguridad desde el centro de la boya o punto de anclaje al peligro cartográfico considerando:

- En emplazamientos expuestos: 4 x Eslora total Buque Proyecto
- En emplazamientos semiprotegidos: 3 x Eslora total Buque Proyecto
- En rías y estuarios protegidos:
 - Con peligros cartográficos en un sector menor de 60° alrededor del centro de la boya: 2 x Eslora total Buque Proyecto
 - Con peligros cartográficos en un sector mayor de 120° alrededor del centro de la boya: 3 x Eslora total Buque Proyecto

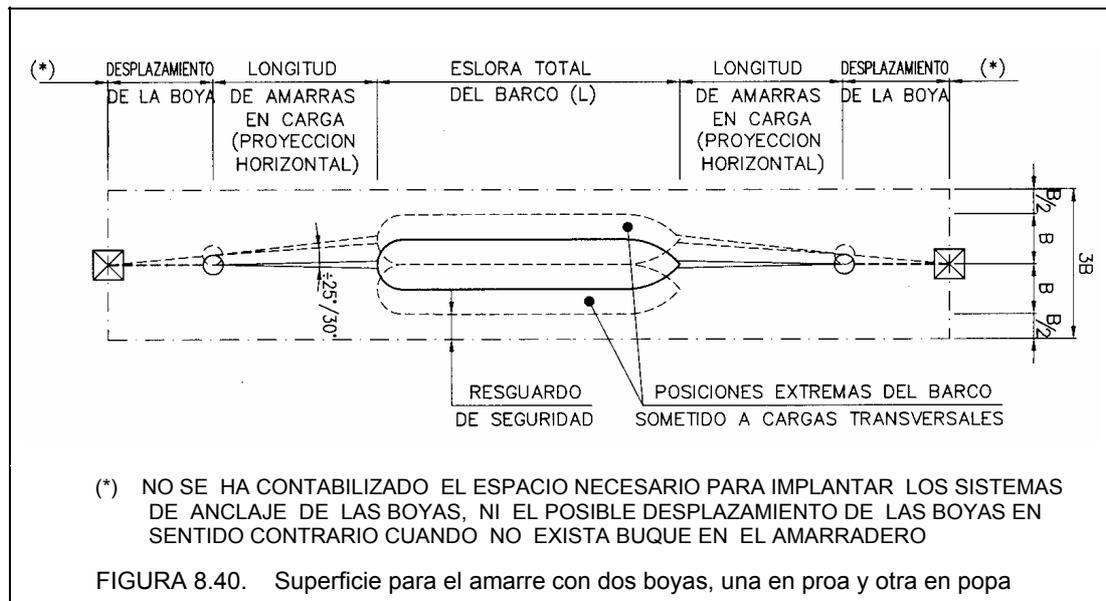
b) CAMPOS DE BOYAS

Las dimensiones requeridas para la implantación de un campo de boyas depende de la configuración que se adopte para el conjunto y de la utilización o no de las propias anclas del buque como sistemas de sujeción del barco. Entre los múltiples esquemas que se pueden desarrollar se han representado en las fig. 8.40 a 8.44 los casos más habituales, correspondientes a los supuestos siguientes:

- Amarre a dos boyas una en proa y otra en popa.
- Fondeo con dos anclas por proa y amarre a dos por boyas por popa.
- Amarre a dos boyas por proa y dos boyas por popa.
- Fondeo con dos anclas por proa y amarre a tres boyas por popa.
- Amarre en campo de boyas.

En las citadas figuras se recogen las dimensiones necesarias para mantener el buque amarrado en condiciones de seguridad con sus resguardos correspondientes, y requerirán por tanto complementarse con las dimensiones de las áreas de navegación de aproximación y salida necesarias para fondear el buque en la posición requerida.

El cálculo está basado en el método determinístico; el procedimiento semiprobabilístico de cálculo no es aconsejable, dado que las mayores incertidumbres de este dimensionamiento provienen del comportamiento estructural de los sistemas de amarre en condiciones límites de operación, y su incidencia no es significativa.



8.8.4. CONDICIONES OPERATIVAS

Las condiciones climáticas que se establecen habitualmente como límites de operación para amarraderos y campos de boyas son las que se recogen a continuación, dependiendo de que el buque pueda orientarse libremente a la posición de mínima resistencia, o que la orientación del buque amarrado sea prácticamente fija.

	Amarradero con orientación libre			Amarraderos con orientación fija (campos de boyas, etc.)
	Amarre a monoboyas	Amarre a minimonoboyas (emb. pesqueras y deportivas) (1)	Amarre a monoduques de Alba	
— Maniobra de aproximación y amarre:				
• Velocidad absoluta del viento $V_{10,1min}$	17 m/s	17 m/s	17 m/s	10 m/s
• Velocidad absoluta de la corriente V_{c1min}	2.00 m	2.00 m	2.00 m	0.5 m
• Altura de la ola H_s	2.50 m	2.00 m	2.50 m	2.00 m
— Permanencia de buque en el fondeadero:				
• Velocidad absoluta del viento $V_{10,1min}$	30 m/s	24 m/s	30 m/s	30 m/s-22 m/s (2)
• Velocidad absoluta de la corriente V_{c1min}	2.00 m	2.00 m	2.00 m	2.00 m-1.00 m (2)
• Altura de la ola H_s	4.50 m	2.50 m	3.50 m	3.00 m-2.00 m (2)

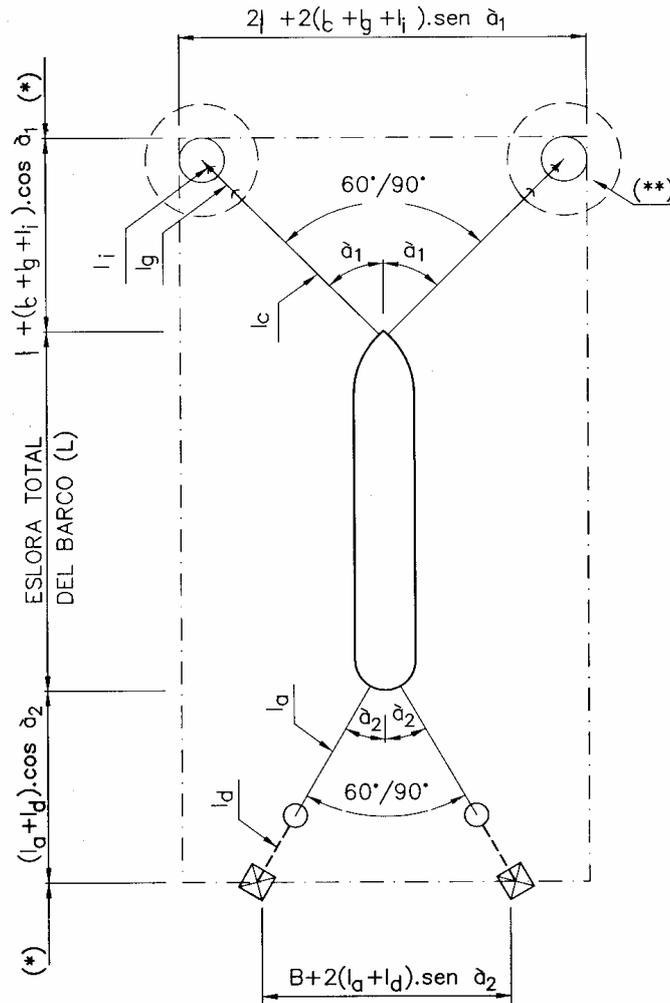
- (1) El amarre a minimonoboyas o boyas de pequeña dimensión se presenta habitualmente en embarcaciones pesqueras y deportivas.
- (2) La primera cifra corresponde a acciones longitudinales al buque y la segunda a acciones transversales al buque.

Las condiciones límite de operación para la carga y descarga dependen fundamentalmente del tipo de mercancías a manipular y de las características de los equipos que se prevean, sin que pueda establecerse de una forma generalizada simplificada.

8.8.5. BALIZAMIENTO DE LOS AMARRADEROS Y CAMPOS DE BOYAS

El balizamiento de los amarraderos y campos de boyas debe ir dirigido fundamentalmente a marcar los aspectos siguientes:

- Los elementos flotantes y fijos que constituyan el fondeadero (boyas, torres, plataformas, mangueras, etc.).
- Los elementos sumergidos que se utilicen en la operación de las instalaciones (mangueras sumergidas, válvulas submarinas, etc.), tomando en consideración los condicionantes de su uso.
- Las enfilaciones y marcas necesarias para la navegación y fondeo de las anclas en los puntos requeridos.

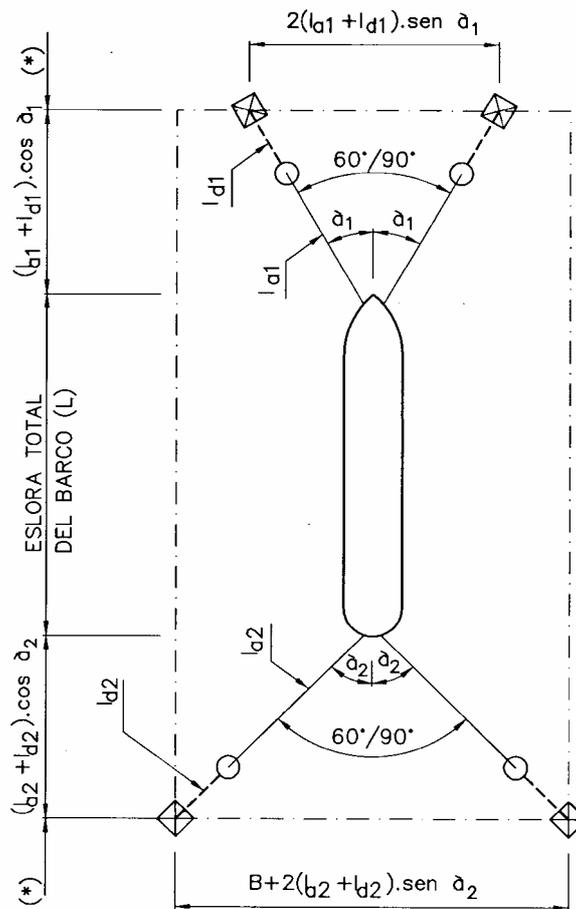


l_a = LONGITUD DE AMARRES EN CARGA (PROYECCION HORIZONTAL)
 l_d = DESPLAZAMIENTO DE LA BOYA EN CARGA
 l_c = LONGITUD DE LA CADENA EN CARGA (PROYECCIÓN HORIZONTAL)
 l_g = GARREO DEL ANCLA
 l_i = IMPRECISIONES DEL FONDEO
 B = MANGA DEL BUQUE

(*) NO SE HA CONTABILIZADO EL ESPACIO NECESARIO PARA IMPLANTAR LOS SISTEMAS DE ANCLAJE DE LAS BOYAS, NI EL POSIBLE DESPLAZAMIENTO DE LAS BOYAS EN SENTIDO CONTRARIO CUANDO NO EXISTA BUQUE EN EL AMARRADERO

(**) EN LA PRACTICA, LAS POSICIONES DE FONDEO NO SON SIMETRICAS. LA 2ª QUE SE FONDEA QUEDA MÁS ALEJADA. LA SUPERFICIE DIBUJADA ES LA ENVOLVENTE MAS DEFAVORABLE.

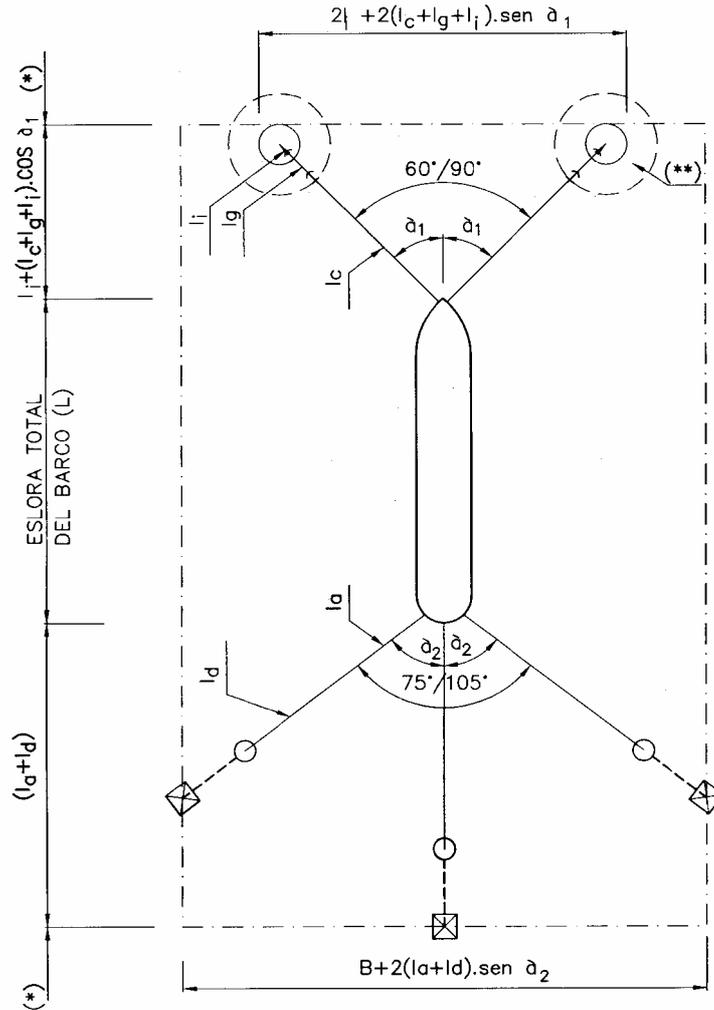
FIGURA 8.41. Superficie para el fondeo con dos anclas por proa y amarre a dos boyas por popa



L_{a1} l_{a2} = LONGITUD DE AMARRES EN CARGA (PROYECCION HORIZONTAL)
 L_{d1} l_{d2} = DESPLAZAMIENTO DE LA BOYA EN CARGA

(*) NO SE HA CONTABILIZADO EL ESPACIO NECESARIO PARA IMPLANTAR LOS SISTEMAS DE ANCLAJE DE LAS BOYAS, NI EL POSIBLE DESPLAZAMIENTO DE LAS BOYAS EN SENTIDO CONTRARIO CUANDO NO EXISTA BUQUE EN EL MARRADERO

FIGURA 8.42. Superficie para el amarre a dos boyas por proa y dos boyas por popa



- l_a = LONGITUD DE AMARRES EN CARGA (PROYECCION HORIZONTAL)
- l_d = DESPLAZAMIENTO DE LA BOYA EN CARGA
- l_c = LONGITUD DE LA CADENA EN CARGA (PROYECCIÓN HORIZONTAL)
- l_g = GARREO DEL ANCLA
- l_i = IMPRECISIONES DEL FONDEO
- B = MANGA DEL BUQUE

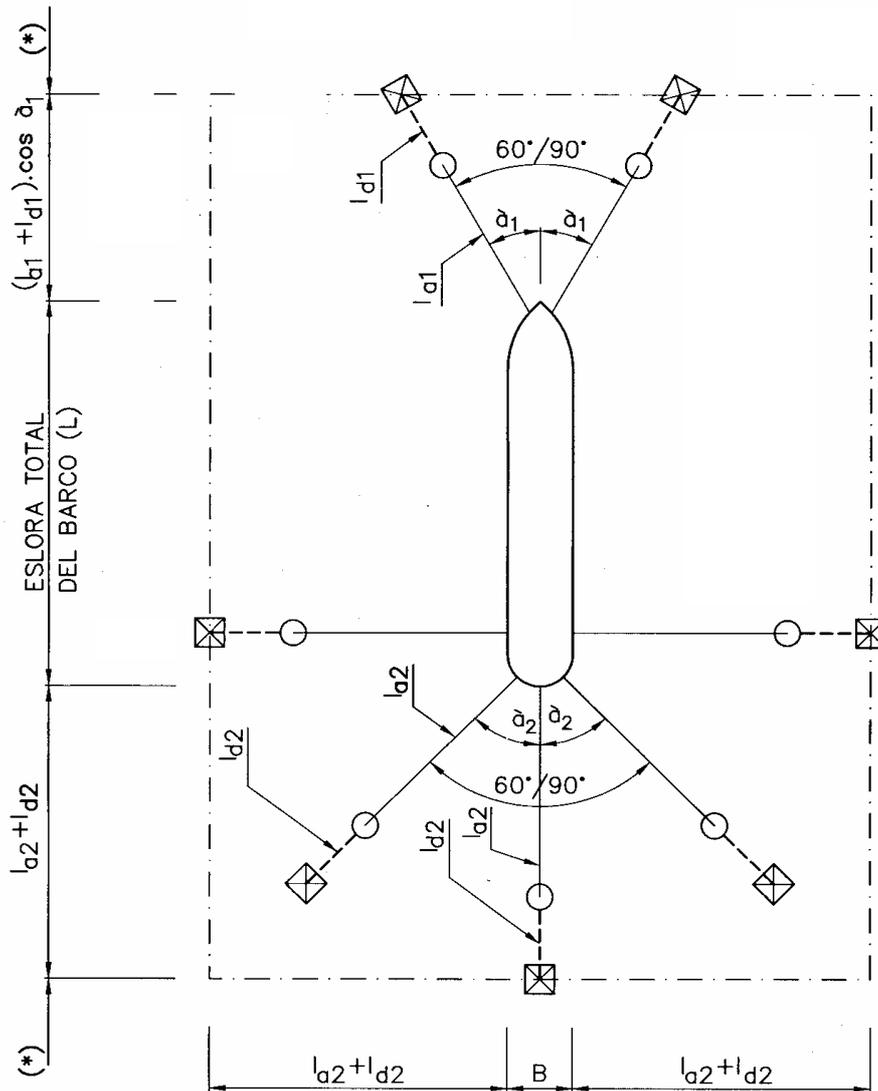
(*) NO SE HA CONTABILIZADO EL ESPACIO NECESARIO PARA IMPLANTAR LOS SISTEMAS DE ANCLAJE DE LAS BOYAS, NI EL POSIBLE DESPLAZAMIENTO DE LAS BOYAS EN SENTIDO CONTRARIO CUANDO NO EXISTA BUQUE EN EL AMARRADERO

(**) EN LA PRACTICA, LAS POSICIONES DE FONDEO NO SON SIMETRICAS. LA 2ª QUE SE FONDEA QUEDA MAS ALEJADA. LA SUPERFICIE DIBUJADA ES LA ENVOLVENTE MAS DEFAVORABLE.

FIGURA 8.43. Superficie para el fondeo con dos anclas por proa y amarre a tres boyas por popa

8.9. CONDICIONES COMUNES APLICABLES A VIAS DE NAVEGACION, AREAS DE MANIOBRAS, FONDEADEROS, ANTEPUERTOS, AMARRADEROS Y CAMPOS DE BOYAS

Las dimensiones de todas las áreas de flotación, recomendadas en los apartados anteriores, están determinadas con independencia de cual sea el uso que se da a las márgenes o áreas contiguas a las que se analiza. Es decir se trata de dimensiones netas para la función que en cada caso se considera.



l_{a1} l_{a2} = LONGITUD DE AMARRES EN CARGA (PROYECCION HORIZONTAL)
 l_{d1} l_{d2} = DESPLAZAMIENTO DE LA BOYA EN CARGA

(*) NO SE HA CONTABILIZADO EL ESPACIO NECESARIO PARA IMPLANTAR LOS SISTEMAS DE ANCLAJE DE LAS BOYAS, NI EL POSIBLE DESPLAZAMIENTO DE LAS BOYAS EN SENTIDO CONTRARIO CUANDO NO EXISTA BUQUE EN EL AMARRADERO

FIGURA 8.44. Superficie para el amarre en campo de boyas

En el supuesto de que estas zonas contiguas tengan otros usos será necesario considerar las dimensiones requeridas por ellos; así, en el supuesto de que se dispongan muelles a lo largo de una vía de navegación o en el contorno de un área de reviro, deberá considerarse la anchura requerida por los mayores buques que operen en dichos muelles, tanto en sus posiciones de amarrado, como las necesarias para las operaciones previas de atraque o desatraque que sean compatibles con el uso del área de flotación que se considere, espacio para el que es habitual considerar una manga adicional de resguardo correspondiente al buque de mayor manga que puede operar en el muelle.

8.10. DARSENAS Y MUELLES

8.10.1. FACTORES QUE AFECTAN A SU DIMENSIONAMIENTO

Las dársenas se dimensionarán tomando en consideración los siguientes condicionantes principales:

- La configuración general del puerto, la integración de la dársena en sus áreas de flotación y la integración de sus muelles y superficies terrestres en la ordenación territorial del puerto.
- La navegación de acceso y salida de los buques a la dársena, tomando en consideración los mayores buques de diseño que se prevea puedan operar en ellas.
- La longitud de muelles que se requiera en sus diferentes alineaciones, en función de los tipos y dimensiones de los buques que se prevé operen en cada una de ellas, valorándose al respecto la intercambiabilidad de puestos de atraque y la movilidad de los equipos, así como la conveniencia de disponer de alineaciones rectas y de que no se generen ángulos menores de 50° entre dos alineaciones de muelles contiguas. Asimismo se valorará la incidencia de requerimientos especiales que puedan provenir de determinado tipo de muelles (p.e. rampas o tacones para buques Ro-Ro).
- Los niveles de agitación que se produzcan para las diferentes condiciones de oleaje que puedan presentarse en el emplazamiento en función del clima marítimo existente, así como los porcentajes de excedencia de los niveles de agitación que se consideren máximos admisibles atendiendo a los usos previstos para la dársena.
- Las condiciones de resonancia o amplificación de las ondas de período largo.
- La naturaleza de los paramentos que configuren la dársena especialmente en relación con sus características de reflexión del oleaje incidente. Se tomará en cuenta a este respecto la influencia que pudiera tener el hecho de que los muelles estén ocupados, ya que representa una modificación significativa de las condiciones de reflexión de algunos paramentos.
- El régimen de corrientes existentes en la dársena, que deberá ser mínimo, recomendándose que incluso en el caso de tratarse de dársenas situadas en corrientes fluviales, no existan corrientes longitudinales en la dársena mayores de 1,5 m/s.
- Los regímenes de vientos existentes en el emplazamiento y su incidencia en el tipo de operaciones a desarrollar en la dársena. Con carácter general se recomienda que las dársenas queden configuradas de manera que los muelles principales queden orientados en la dirección que tengan la mínima presentación de viento y oleaje transversal al buque, que suele ser lo más favorable desde el punto de vista del barco ya atracado; sin embargo será necesario valorar la incidencia de los vientos transversales en los equipos de carga y descarga, que en algunos casos puede ser determinante, y que podrían conducir a una orientación de los muelles diferente de la anterior. Asimismo deberá analizarse la incidencia de vientos y oleajes en las operaciones de atraque y desatraque, por lo que la orientación de los muelles resultaría finalmente una solución de compromiso.
- Los fenómenos de sedimentación existentes en la zona y el riesgo de presentación de aterramientos. Asimismo, y en el caso que proceda, la posibilidad de presentación de hielos a la deriva.
- Las características geológicas y geotécnicas del emplazamiento y la idoneidad consecuente de los terrenos para recibir obras de infraestructura, realizar dragados o servir para la fijación de las anclas.
- Los impactos medioambientales que puedan presentarse tanto en fase de construcción como de servicio.
- Los requerimientos especiales de seguridad que puedan venir impuestos por el tráfico de determinadas mercancías, con especial atención al caso de mercancías peligrosas para las que se exigirá que los barcos que operen con ellas queden atracados con la proa orientada a la salida.
- Las previsibles ampliaciones de la dársena y del puerto en general, y las limitaciones que a este respecto pudiera representar la configuración que se adopte para la dár-

senas. Se analizará en particular la posibilidad de utilizar profundidades de agua superiores a las requeridas por los buques mayores de diseño, recomendándose que se estudie la sensibilidad del proyecto para profundidades de agua que superen en 2 m. a las requeridas.

En la práctica, la consideración de todos estos condicionantes conducirá a soluciones de compromiso en las que se consiga un equilibrio entre requerimientos que a veces resultarán contrapuestos, circunstancia que, en general, vendrá agravada por el hecho de que gran parte de las dársenas habrán estado sometidas a un proceso de evolución histórica en la que todos estos condicionantes no se habrán tomado en consideración con las perspectivas actuales.

El análisis de todos estos factores supera el alcance de esta ROM y será objeto de análisis detallado en otras Recomendaciones de este programa. La presente ROM 3.1 se limita exclusivamente al análisis de los aspectos relacionados con la navegación y las condiciones de permanencia y operación de los buques en los muelles, a que se refieren los cuatro primeros puntos de la relación anterior, tomando en consideración la incidencia que tengan con ellos otros factores (clima marítimo, tipología de las estructuras que configuren la dársena, etc.).

En el supuesto de que una dársena tenga alguna de sus alineaciones sin desarrollar, circunstancia que podría llegar al supuesto extremo de que sólo existiera una alineación (muelles de ribera, pantalanos, etc.), se seguirán los criterios aquí expuestos con las simplificaciones que se presenten en cada caso, sin dejar de contemplar que esta alineación pudiera formar parte de otra dársena o configuración más compleja en la que podrían presentarse algunos de los problemas aquí apuntados.

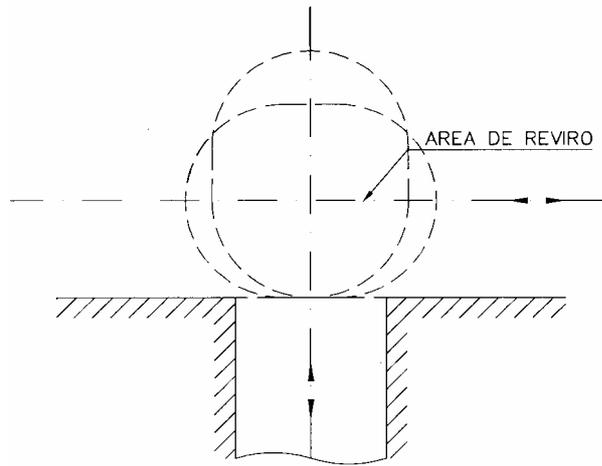
8.10.2. ACCESIBILIDAD NAUTICA A LAS DARSENAS

El acceso de los buques a las dársenas y el atraque a los muelles que se ubiquen en ellas es la etapa final de la navegación del barco (o la inicial en caso de salida) y debe por tanto analizarse con los mismos principios básicos establecidos en apartados anteriores.

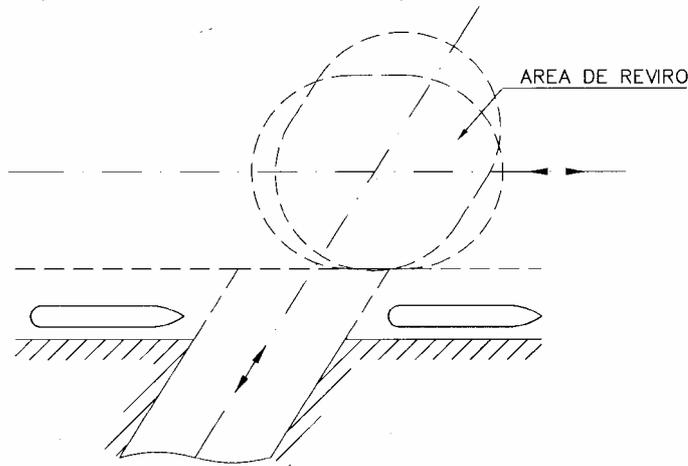
El caso de que la dársena tenga dimensiones suficientes como para permitir la arribada de los buques navegando por sus propios medios hasta estar en ella, y allí efectuar las maniobras de revido y atraque, con o sin remolcadores, no es habitual y, de presentarse, se resolvería con los criterios ya expuestos hasta el momento.

El supuesto más frecuente es aquél en el que la dársena no tiene dimensiones suficientes para efectuar maniobras de revido dentro de ella y por tanto es necesario prever un área de revido en su boca. En este caso pueden adoptarse tres soluciones:

- Si es factible, la mejor opción sería disponer un área de revido en la boca de la dársena, con su centro situado en el eje longitudinal de la misma. Las dimensiones de este área de revido resultarían de la envolvente de las áreas requeridas para la entrada y para la salida de buques y de la oblicuidad entre el eje longitudinal de la dársena y el eje de la vía de navegación por la que se accede a ella, aplicando los criterios establecidos en el apartado 8.6.4. En la figura 8.45 se representa este esquema para el supuesto de dársena ortogonal y para el caso de dársena oblicua, supuestos que están desarrollados para el caso de operación con remolcadores. Se hace notar que en el caso de que los muelles adyacentes a la embocadura de la dársena estén previstos para la operación de buques, deberán mantenerse los espacios requeridos para estos usos con sus márgenes de seguridad correspondientes.
- Si no existiese espacio físico para desarrollar el área de revido anteriormente definida, podrían analizarse dos posibilidades:
 - Situar el centro del área de revido desplazado del eje longitudinal de la dársena. En este caso la trayectoria del buque en su acceso a la dársena deberá seguir un tramo curvo, que, a la arribada o a la salida, tendrá que ser recorrido por el buque navegando en marcha atrás. Dado que esta maniobra es compleja requerirá habitualmente ayuda de remolcadores, por lo que se establecen las siguientes limitaciones para las condiciones geométricas de este tramo curvo de la trayectoria (Ver figura 8.46):
 - Radio (R): $\geq 2,5 L$ (Eslora)
 - Longitud del tramo curvo (l): $\leq 6 L$



DARSENA ORTOGONAL
(SIN USO DE MUELLES ADYACENTES)



DARSENA OBLICUA
(CON USO DE MUELLES ADYACENTES)

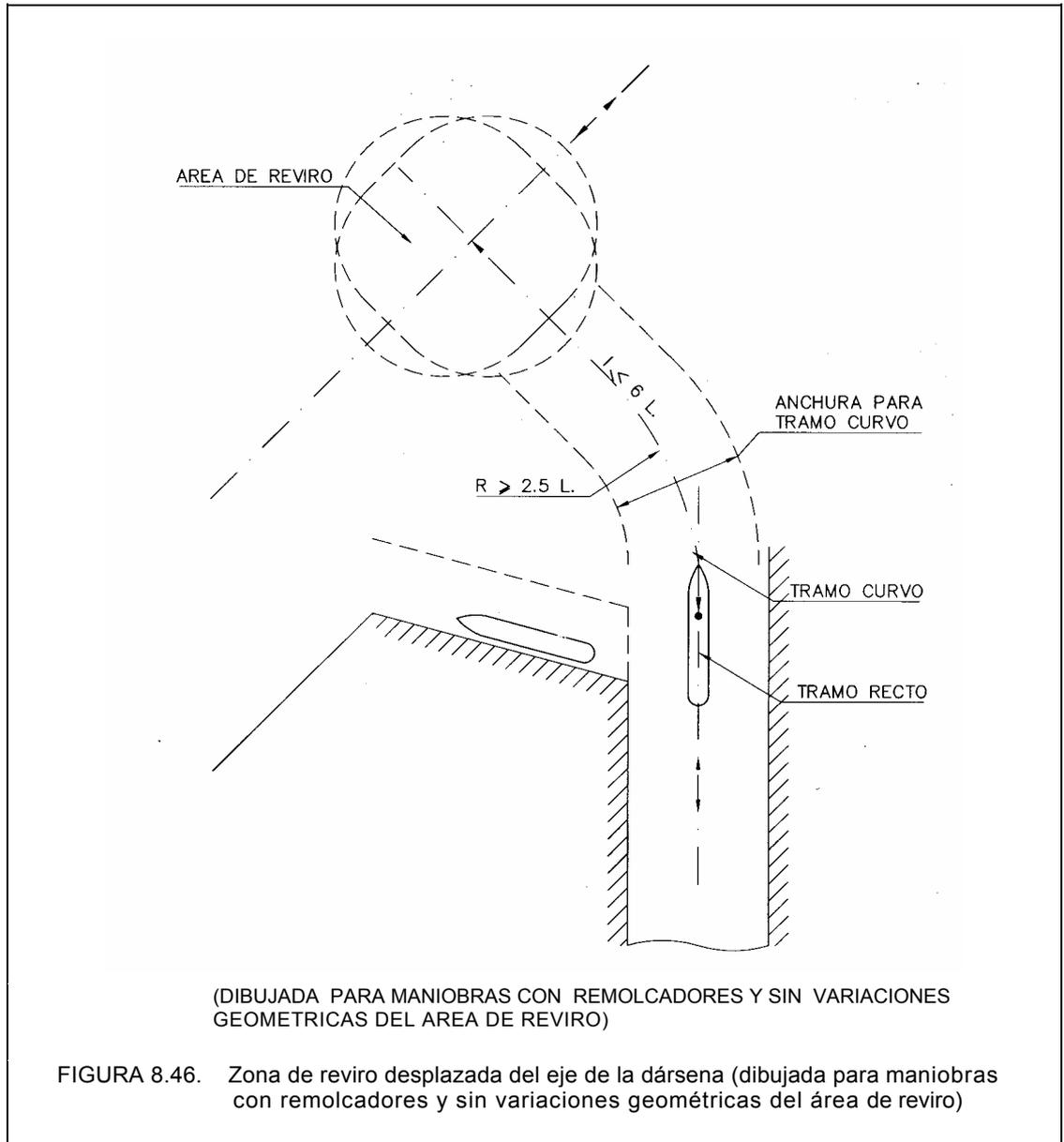
(DIBUJADA PARA MANIOBRAS CON REMOLCADORES Y SIN VARIACIONES GEOMETRICAS DEL AREA DE REVIRO)

FIGURA 8.45. Zona de reviro en la boca de la dársena

— Anchura de la vía de navegación en el tramo curvo:

Determinada para las condiciones de trazo de la vía y de la navegabilidad del buque (que se supondrá mala dado que la navegación se efectuará marcha atrás).

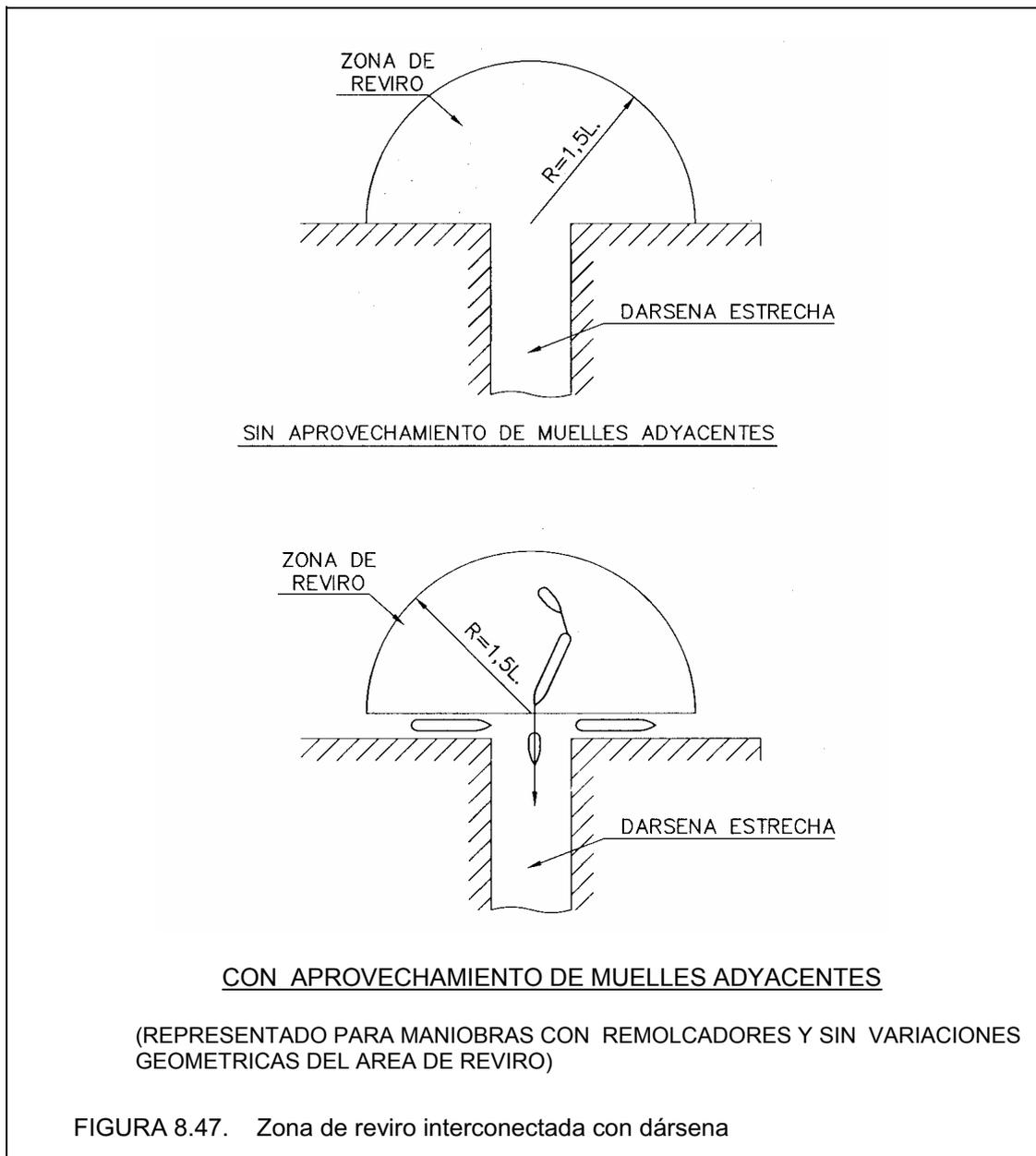
- Utilizar las propias aguas de la dársena para desarrollar parte de las maniobras de reviro, tal como se esquematiza en la figura 8.47. Esta operación también exigirá la utilización de remolcadores y requerirá una superficie exenta para maniobras que permita inscribir en ella una semicircunferencia de radio $1,5 \cdot L$ (Eslora). Estas dimensiones podrían reducirse si se utilizase otros elementos físicos para facilitar el reviro, tal como pudiera ser que el giro del buque se efectuase apoyado sobre una estructura de atraque especialmente diseñado a estos efectos, o con algún punto fijado mediante amarras, sin embargo estos supuestos no son habituales y su concreción excede los límites de esta Recomendación.



En el supuesto de que una dársena no tuviera configuradas todas sus alineaciones, podrían contemplarse otras maniobras de acceso y salida de los buques a los muelles que se ubiquen en ellas, que se resolverán con los criterios generales expuestos en los apartados correspondientes. En el supuesto de que el emplazamiento y configuración de estos muelles se hubiese determinado atendiendo a determinadas maniobras de acceso y salida de buques, se establecerán las oportunas reservas de superficie de flotación para evitar que estos espacios sean ocupados por e desarrollo de muelles e infraestructuras futuros.

8.10.3 DIMENSIONES DE LAS DARSENAS

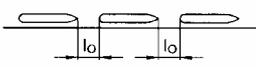
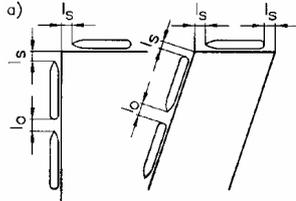
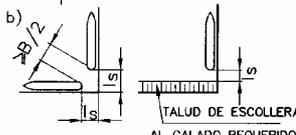
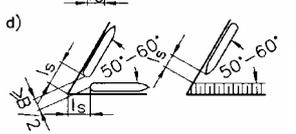
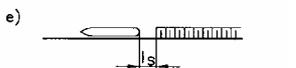
Las dimensiones mínimas de las dársenas vendrán definidas por la longitud de sus muelles y por la anchura del área de flotación, que se determinarán por el método determinístico, con los criterios que se recogen en los apartados a) y b) siguientes, a reservas de las recomendaciones específicas que se establecen en el apartado 8.10.4 para dársenas de embarcaciones deportivas. El dimensionamiento por el método semiprobabilístico podría ser abordable si se dispusiera de un análisis estadístico suficientemente amplio de todas las maniobras que pudieran presentarse, en la actualidad este recurso se utiliza fundamentalmente para el estudio de las posibilidades de operación de buques concretos en dársenas y muelles preexistentes.



Todas las dimensiones que se recogen en este artículo precisan la utilización de remolcadores, lo que no impide que las operaciones puedan ser realizadas sin su ayuda en determinadas condiciones de clima marítimo y por buques dotados de medios adecuados (hélices transversales, doble hélice, etc.), o bien por buques menores que pueden maniobrar con seguridad en los espacios disponibles sin ayuda de remolcadores. En cualquier caso se mantendrán como mínimo las dimensiones que aquí se recomiendan, a no ser que las dársenas y muelles se proyecten para uso exclusivo de buques especiales dotados de mejores condiciones de maniobrabilidad, en cuyo caso deberá quedar recogida esta condición en las Normas de Operación correspondientes; el dimensionamiento optimizado que pueda obtenerse en estos supuestos se recomienda que se efectúe mediante estudios de simulador.

a) LONGITUDES DE MUELLES

Las longitudes de los muelles se determinarán en función de las dimensiones máximas de los buques que se prevé operarán en los diferentes puestos de atraque, de la configuración de la dársena y de la tipología estructural de los muelles contiguos a los atraques, ya sean de paramento vertical, tengan escolleras u otras piezas colocadas en talud. Para determinar estas longitudes se utilizarán los criterios recogidos en la fig. 8.48 to-

ESQUEMA REPRESENTATIVO DEL MUELLE	VALORES DE LAS VARIABLES EN FUNCION DE LA ESLORA TOTAL (L en m.) DEL BARCO MAYOR QUE AFECTA A LA DETERMINACION DE LA DIMENSION ANALIZADA				
	MAYOR DE 300	300-201	200-151	150-100	MEJOR DE 100 (1)
<p>1.-DISTANCIA "l₀" ENTRE BARCOS ATRACADOS EN LA MISMA ALINEACION (m.)</p>  <p>2.-SEPARACION "l_s" ENTRE BARCO Y CAMBIOS DE ALINEACION O DE TIPOLOGIA ESTRUCTURAL (m.)</p> <p>a)</p>  <p>b)</p>  <p>c)</p>  <p>d)</p>  <p>e)</p> 	30	25	20	15	10
a)	30	25	20	10	5
b)	45/40	30	25	20	15
c)	30/25	20	15	15	10
d)	-/60	50	40	30	20
e)	20	15	15	10	10

(1) PARA BUQUES CON ESLORA TOTAL MENOR DE 12m. SE TOMARA COMO VALOR DE "l₀" EL 20% DE "L", REAJUSTANDOSE LOS RESTANES VALORES PROPORCIONALMENTE (B) MANGA DEL BARCO MAYOR QUE AFECTE A LA DETERMINACION DE LA DIMENSION ANALIZADA.

FIGURA 8.48. Resguardos en línea de atraque

mando como longitud del barco la Eslora total (L) del Buque de Proyecto que afecte a la determinación de la dimensión analizada. Estas dimensiones están determinadas suponiendo que las corrientes longitudinales existentes en la dársena tienen una velocidad no mayor de 1.5 m/s (para velocidades mayores se recomienda efectuar un estudio con simulador para analizar las maniobras de atraque y desatraque y los requerimientos de espacio correspondientes); por otra parte, las dimensiones de la Tabla 8.48 están basadas en el supuesto habitual de que todos los buques atracados puedan dar largos por proa y popa, por lo que podrían ser menores si se modifica el esquema de amarre.

En el supuesto de que el muelle esté definido por su calado y no por su uso, o cuando se prevea que este uso puede modificarse en posteriores fases de utilización del muelle,

se tomará la Eslora total del buque máximo de cualquier tipo compatible con el calado disponible.

En el caso de que la dársena esté sometida a condiciones climáticas muy expuestas podría ser necesario prever mayores longitudes de muelles para aumentar la separación entre buques o para permitir la utilización de amarras de proa y popa de mayor longitud, circunstancia que también podría presentarse en el caso de pantalanes situados fuera de aguas abrigadas; en estos casos la longitud de los muelles y la configuración idónea de los mismos deberá determinarse atendiendo no sólo a los condicionantes de las Areas de Flotación, sino también al comportamiento del buque una vez atracado y amarrado.

Por otra parte y en el caso de preverse la utilización de tacones para el desembarco de las rampas de los buques del tipo Ro-Ro, deberá considerarse los requerimientos de espacio adicional correspondientes.

b) ANCHURA DE DARSENAS

La anchura de las dársenas se determinará tomando la dimensión mayor que resulta de considerar los supuestos siguientes:

- 1) En el caso de que la alineación transversal de cierre de la dársena se utilice como muelle para atraque de buques paralelos a ella, esta alineación, (y la anchura que en consecuencia resulte para la dársena según la oblicuidad de la misma) tendrá como mínimo la longitud requerida por los muelles determinada con los criterios establecidos en el apartado a) anterior. Ver fig. 8.49.
- 2) En el caso de que alguna de las alineaciones longitudinales de la dársena permita la implantación de un número de puestos de atraque superior a 4, la dársena deberá permitir la implantación de un área de maniobras de reviro de buques, dimensionada con los criterios que se definen en el apartado 8.6.4; este área de reviro podría situarse al fondo de la dársena, o en zonas intermedias que no dejen fondos de dársena con más de 4 puestos de atraque en alguna de sus alineaciones longitudinales, o bien previendo que toda la dársena tenga anchura suficiente para que el reviro de buques pueda efectuarse en cualquier posición; en cualquier solución que se adopte deberá tomarse en consideración los espacios necesarios para los buques atracados y los resguardos que se establecen al respecto. Asimismo, y en el caso de que la densidad de tráfico sea mayor de 1 buque/hora se recomienda que la vía de navegación por el interior de la dársena esté dimensionada para permitir el cruzamiento de buques, con sus correspondientes resguardos a los buques atracados.
Estas recomendaciones se seguirán para las dársenas de embarcaciones pesqueras y deportivas con independencia del número de puestos de atraque que existan en cada alineación.
- 3) En el caso de que alguna de las alineaciones longitudinales de la dársena permita la implantación de 3 ó 4 puestos de atraque, y no se opte por desarrollar la solución descrita en el apartado 2) anterior, la anchura de la dársena deberá permitir la navegación de un buque en marcha atrás (suponiendo por tanto maniobrabilidad mala de los barcos) tomando en consideración los espacios necesarios para los buques atracados y los resguardos que se establecen al respecto.
- 4) En el caso de dársenas comerciales con muelles en ambas bandas, en las que las dimensiones longitudinales de la dársena permitan la implantación de 2 puestos de atraque por muelle en sentido longitudinal y no se permita el abarloadamiento de buques en los puestos de atraque (Ver fig. 8.50), la anchura mínima de la dársena será la mayor de los valores siguientes, que están determinados en el supuesto de que no se permita la maniobra de entrada o salida de dos o más buques simultáneamente.

$$B_{nd} = 3 \cdot B_{max} + L_r + 20 \text{ m}$$

$$B_{nd} = 5 \cdot B_{max} + L_r$$

siendo:

B_{nd} = Anchura nominal de la dársena, medida entre planos de caras exteriores de defensas de los muelles longitudinales.

B_{max} = Manga máxima del mayor Buque de Proyecto que pueda operar en cualquiera de los muelles de la dársena.

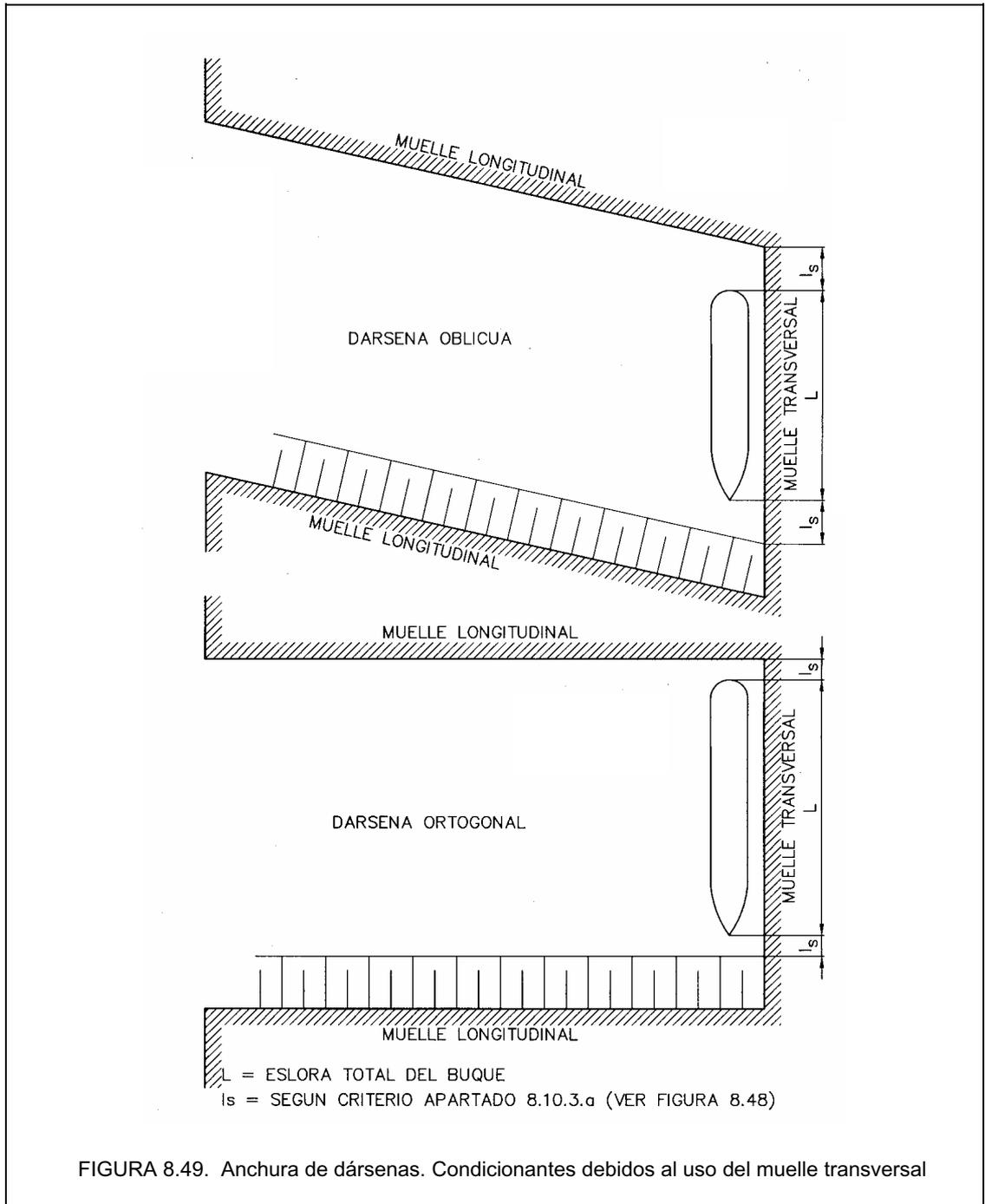


FIGURA 8.49. Anchura de dársenas. Condicionantes debidos al uso del muelle transversal

L_r = Suma de la Eslora total del remolcador y de la proyección horizontal del cable del remolque, correspondiente al remolcador necesario para los mayores Buques de Proyecto que puedan operar en cualquiera de los puestos de atraque de la dársena.

En caso de que no se disponga de esta información, podrá determinarse el valor de L_r en función del desplazamiento del buque, según los criterios siguientes:

Desplazamiento del buque (t)	L_r (m)
Hasta 5.000	45
Mayor de 5.000 y hasta 10.000	46-50
Mayor de 10.000 y hasta 30.000	51-60
Mayor de 30.000 y hasta 60.000	61-70
Mayor de 60.000	71-85

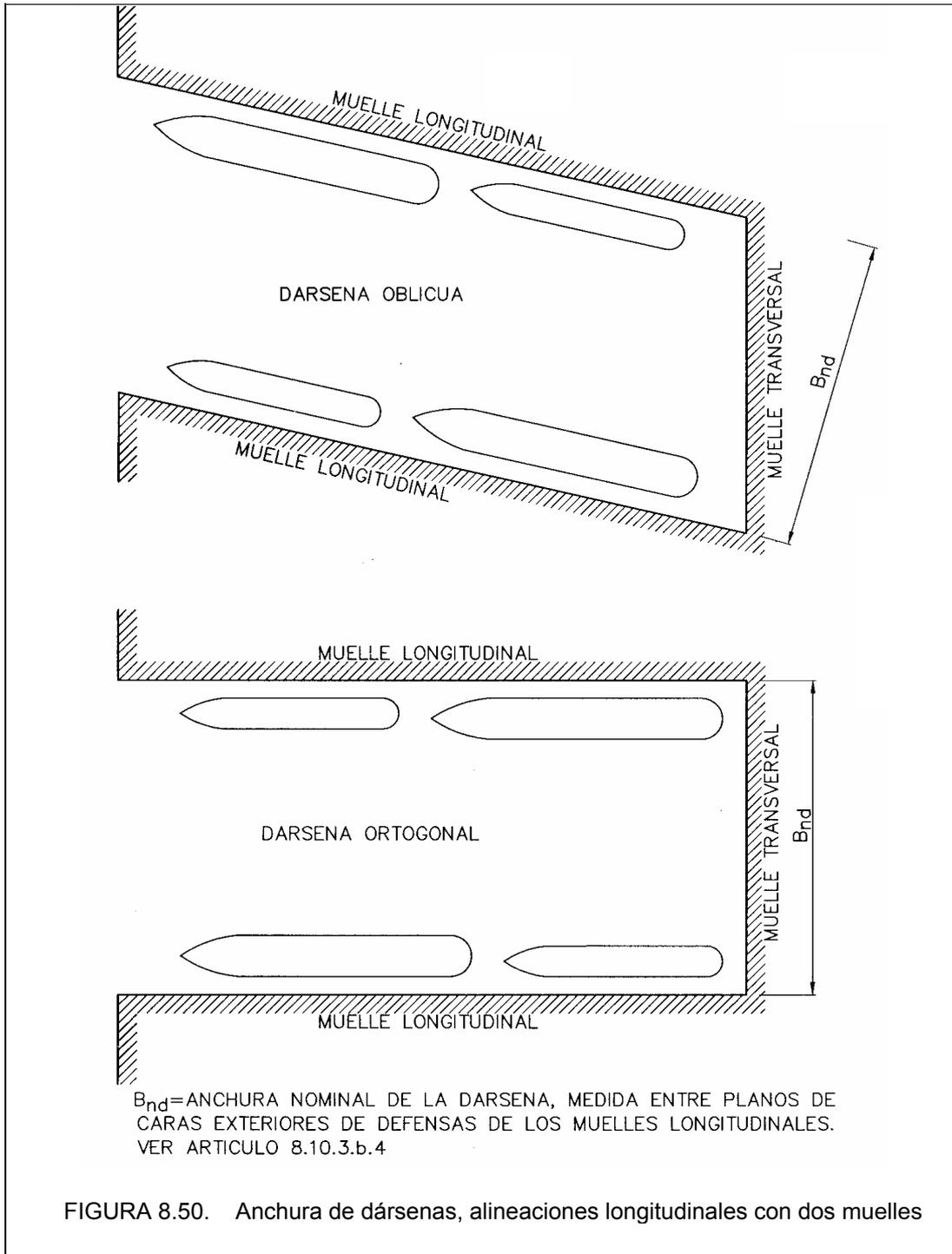


FIGURA 8.50. Anchura de dársenas, alineaciones longitudinales con dos muelles

No podrá prescindirse del término « L_r » aunque la maniobra se realice excepcionalmente sin remolcadores. Se recuerda que estos criterios de dimensionamiento de dársenas están basados en la utilización de remolcadores y que para los casos en que se prevea que las operaciones van a efectuarse siempre sin su ayuda deberá recurrirse para la optimización de espacios a estudios en simulador (salvo para embarcaciones pesqueras y deportivas en las que deberá seguirse las prescripciones del apartado 2 de este artículo).

En el supuesto de que la dársena sólo disponga de muelle en una de las bandas, las dimensiones « B_{nd} » anteriores podrán disminuirse en una manga « B_{max} ».

- 5) En el caso de dársenas comerciales con muelles en ambas bandas, en las que las alineaciones longitudinales de la dársena permitan la implantación de un solo puesto de atraque por muelle en sentido longitudinal y no se permita el abarloamiento de los

buques en los frentes de atraque (Ver fig. 8.51), la anchura mínima de la dársena será la mayor de los valores siguientes:

$$B_{nd} = 2 \cdot B_{max} + L_r + 20 \text{ m}$$

$$B_{nd} = 3 \cdot B_{max} + L_r$$

en donde los símbolos tienen el mismo significado indicado en el párrafo anterior.

En el supuesto de que la dársena sólo disponga de muelle en una de las bandas, las dimensiones « B_n » anteriores podrán disminuirse en una manga « B_{max} ».

- 6) En el caso de que se prevea el amarre abarloado de buques en alguno de los muelles longitudinales (Ver figura 8.52), se incrementarán las anchuras anteriormente definidas en la cantidad

$$B_{ndp} = n_b \cdot (B_{max} + 2)$$

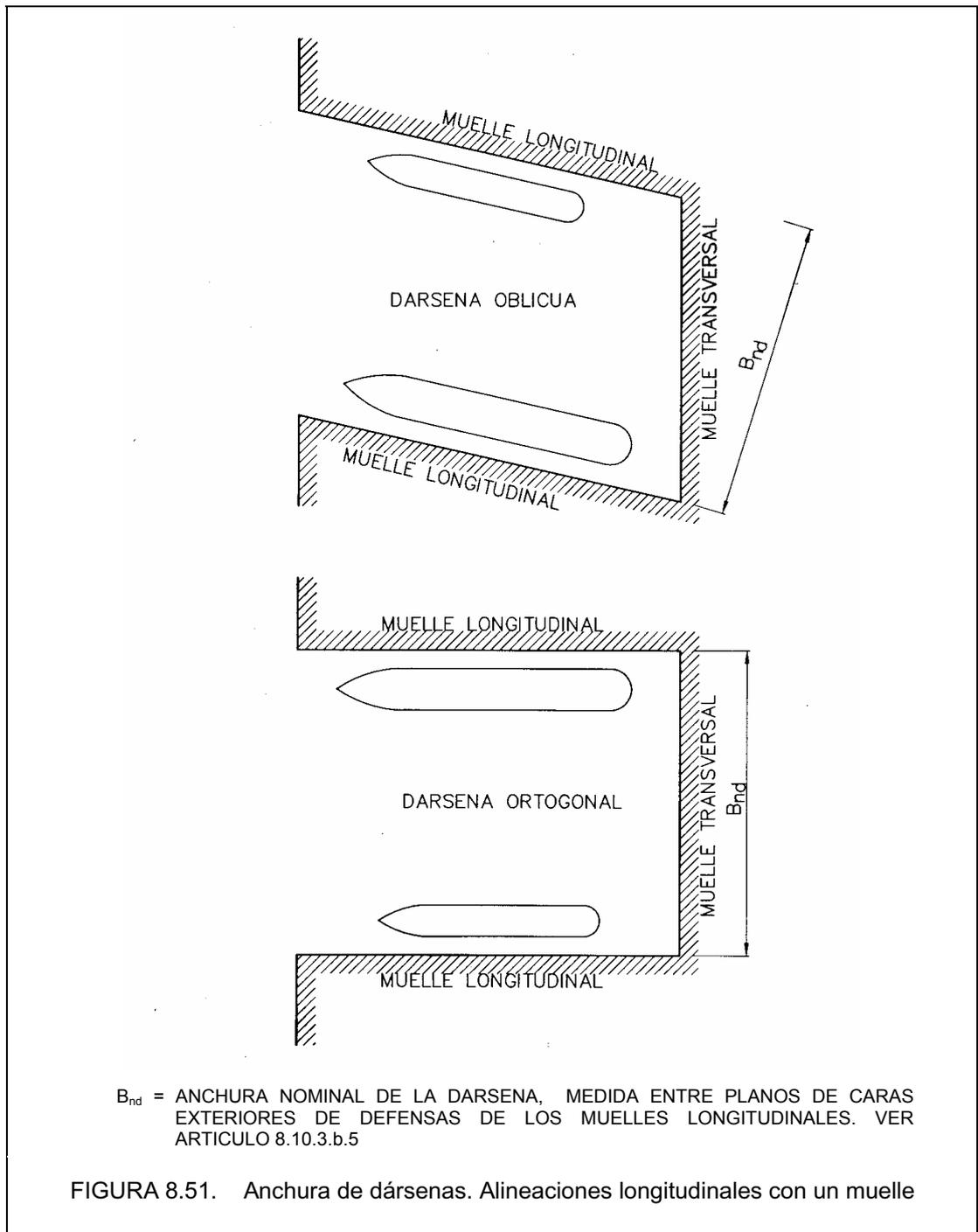
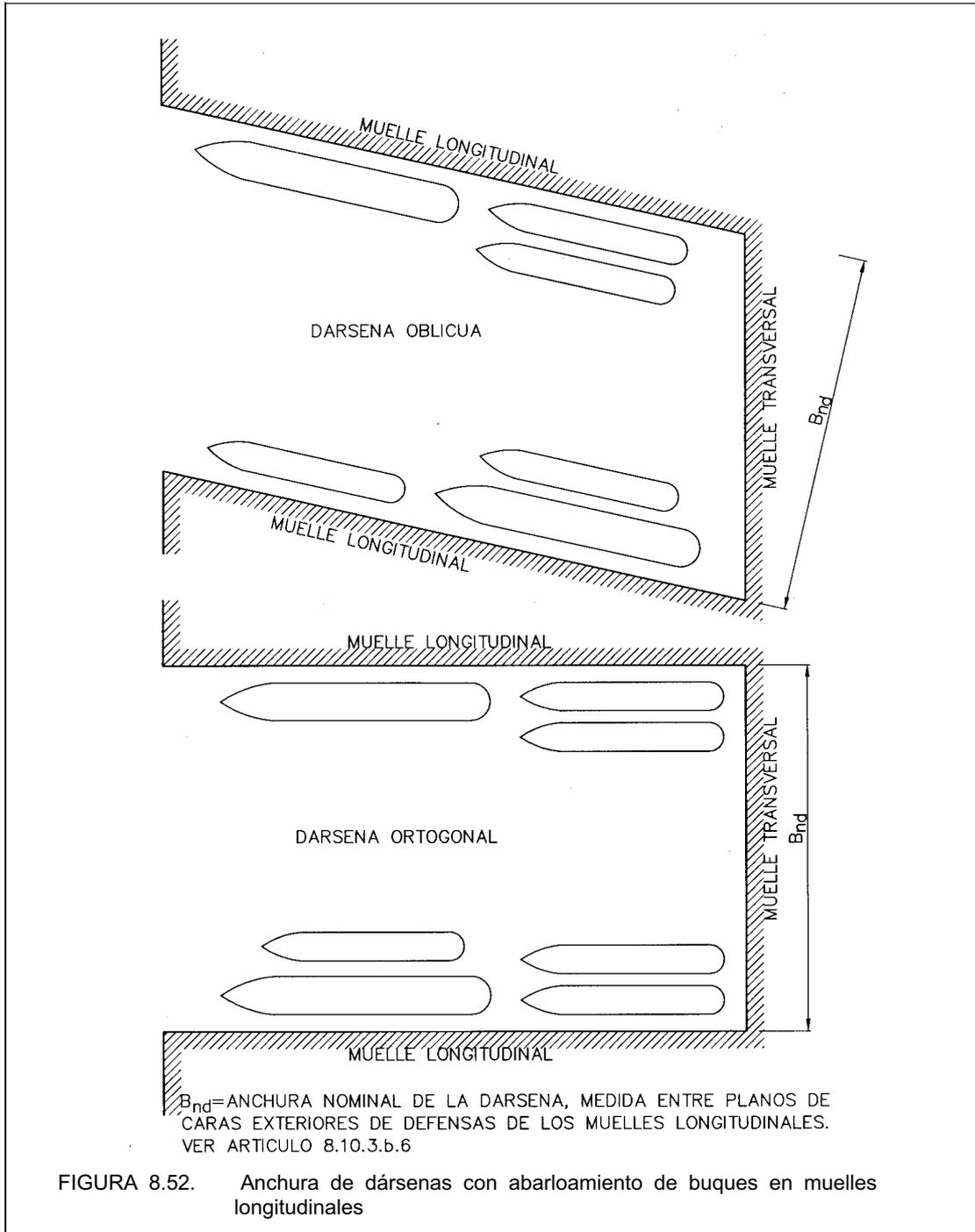


FIGURA 8.51. Anchura de dársenas. Alineaciones longitudinales con un muelle



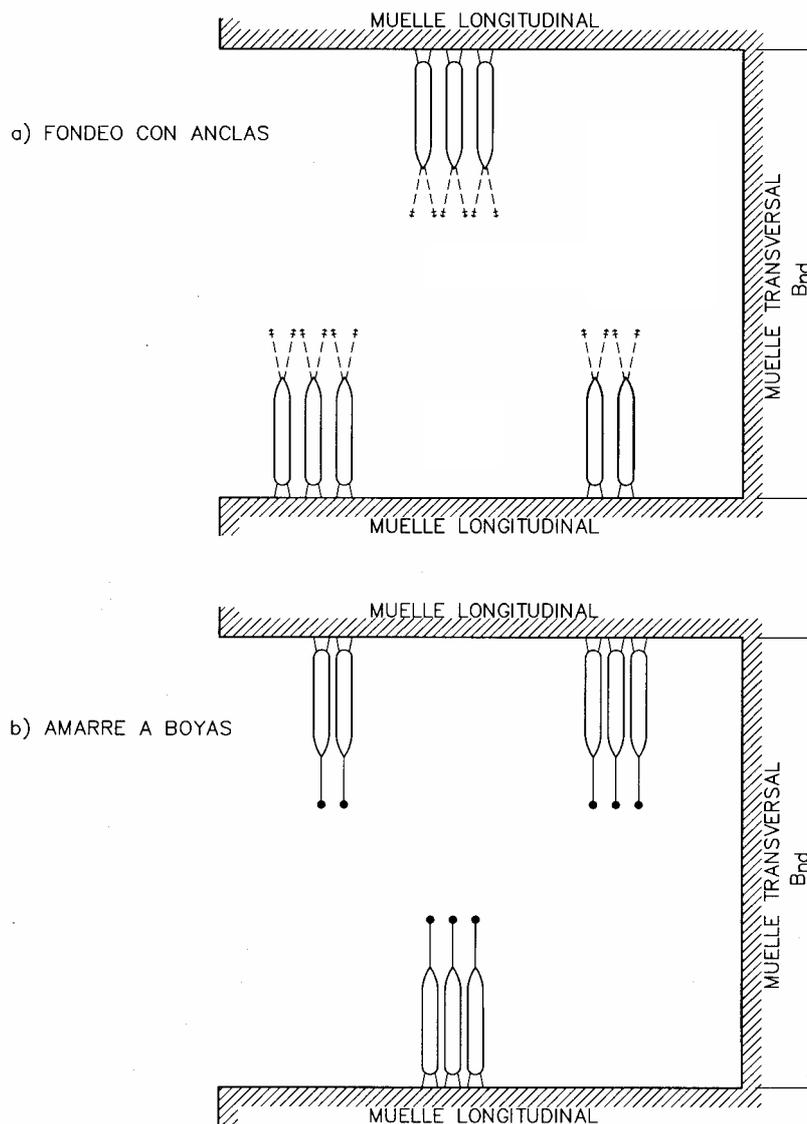
siendo:

B_{ndp} = Incremento de la anchura nominal de la dársena.

n_b = Número máximo de barcos abarloados medidos en cualquier alineación transversal a la dársena, sin contar los que están atracados directamente al muelle. En el caso de que se abarloen barcos en los muelles de ambas alineaciones longitudinales « n » será la suma de los abarloados en ambas bandas.

2 = Espacio en metros requerido para la implantación de defensas entre buques abarloados.

- 7) En el caso de que se prevea el atraque de buques de punta (o a la mediterránea) en las dos alineaciones longitudinales de la dársena (ver fig. 8.53), la anchura de la dársena será la mayor de las obtenidas con las expresiones siguientes:



B_{nd} = ANCHURA NOMINAL DE LA DARSENA, MEDIDA ENTRE PLANOS DE CARAS EXTERIORES DE DEFENSAS DE LOS MUELLES LONGITUDINALES. VER ARTICULO 8.10.3.b.7

FIGURA 8.53. Anchura de dársenas con atraque de buques de punta o a la mediterránea en muelle longitudinal

$$B_{nd} = 2L + K_{mr} \cdot L$$

$$B_{nd} = 2L + 2(l_a + l_d) + K_{mf} \cdot L \quad (\text{para amarre a boyas})$$

$$B_{nd} = 2L + 2 \cdot \zeta \cdot h + K_{mf} \cdot L \quad (\text{para fondeo con anclas})$$

siendo:

B_{nd} = Anchura nominal de la dársena medida entre planos de caras exteriores de defensas de los muelles longitudinales.

L = Eslora total del mayor buque de diseño que puede operar en cualquiera de los muelles de la dársena.

K_{mr} = Factor que cuantifica el área de maniobra de buques entre las dos alineaciones de buques de una y otra banda. Este factor tomará como mínimo el valor

1,75 para dársenas de embarcaciones menores ($L \leq 12$ m) y el valor 2,00 para el resto de las embarcaciones ($L \geq 12$ m), pudiendo ajustarse con mayor precisión si se analizan los requerimientos del área de reviro con los criterios recogidos en el apartado 8.6.4.

- K_{mf} = Factor que cuantifica el área de maniobra de buques entre las dos alineaciones de boyas o de anclas fondeadas en una y otra banda. Este factor tomará como mínimo el valor 1,50 para dársenas de embarcaciones menores ($L \leq 12$ m) y el valor 1,60 para el resto de las embarcaciones ($L \geq 12$ m), pudiendo ajustarse con mayor precisión si se analizan los requerimientos del área de reviro con los criterios recogidos en el apartado 8.6.4.
- l_a = Longitud de amarras para fijación de la proa del buque, determinada con los criterios que se especifican en el apartado 8.8.
- l_d = Borneo de las boyas de amarre sometidas a las cargas máximas de diseño, determinado con los criterios que se especifican en el apartado 8.8.
- z = Factor que cuantifica la distancia desde el punto de fondeo del ancla a la proa del buque, en función de la profundidad de agua «h» existente en la dársena, determinada con los criterios que se especifican en el apartado 8.7.
- h = Profundidad de agua existente en la dársena. Se adoptará el más desfavorable dentro de los posibles.

En el supuesto de que este tipo de atraques se desarrolle en una sola de las alineaciones longitudinales o que se combinen los usos en ambas alineaciones, se generalizan los criterios aquí expuestos a las características de cada caso concreto.

- 8) En el caso de que se prevea el atraque de buque a la mediterránea en la alineación transversal de cierre de la dársena (ver fig. 8.54), deberá tomarse en consideración el espacio longitudinal necesario para implantar este tipo de amarres según el sistema de fijación de la proa (boyas o anclas) que se prevea.
- 9) En el caso de que se prevea la implantación de elementos flotantes (diques, rampas, etc.), que puedan necesitar fondeo de anclas o amarre a boyas, se tomará en consideración la necesidad de espacio para estas instalaciones.

8.10.4. RECOMENDACIONES ESPECIFICAS PARA DARSENAS DE EMBARCACIONES DEPORTIVAS

En el caso habitual de que las dársenas para embarcaciones deportivas incorporen pantalanés, se seguirán las recomendaciones siguientes que prevén espacios para el amarre y las maniobras de atraque y salida de los barcos. Ver fig. 8.55.

a) PANTALANES PRINCIPALES

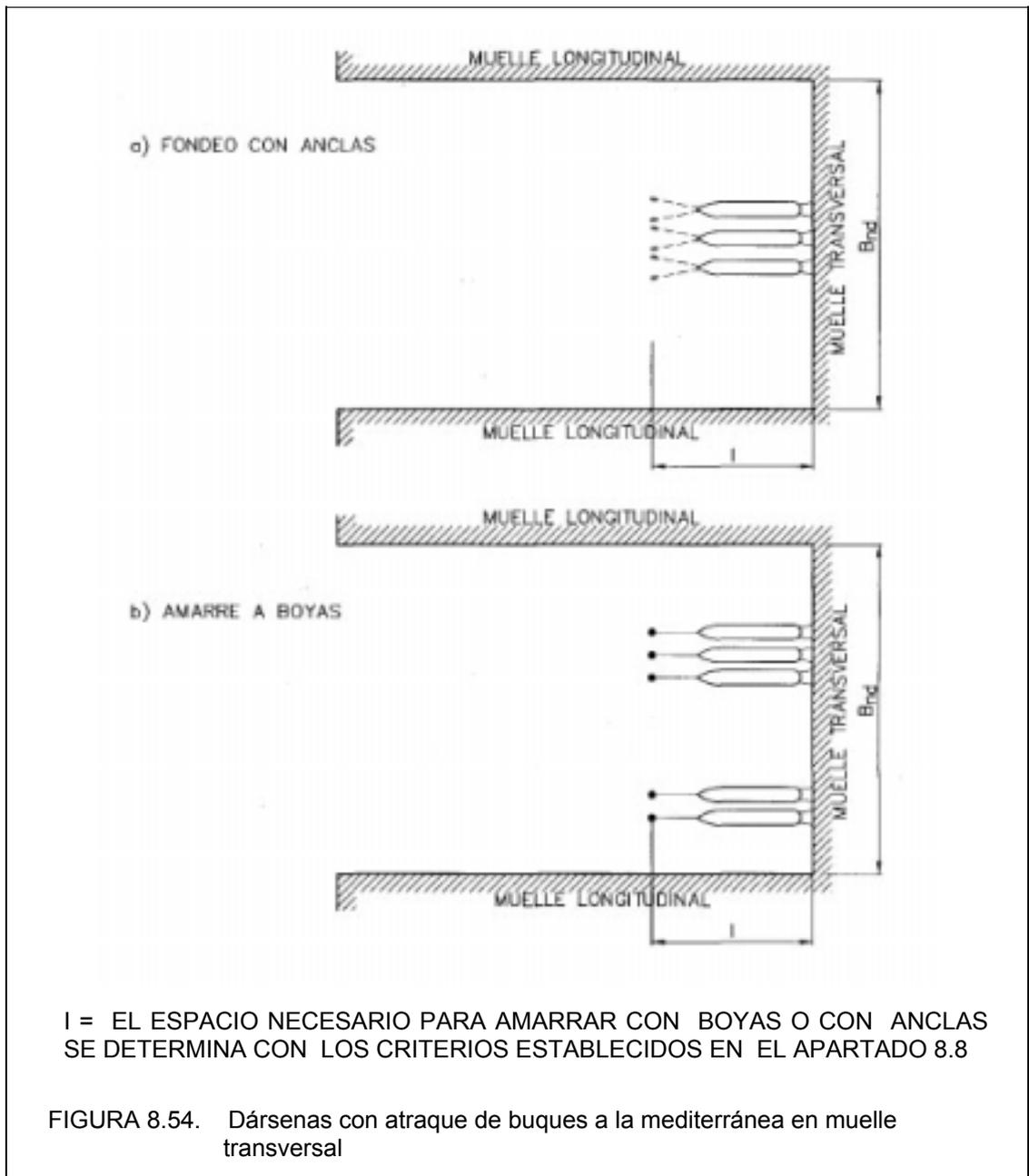
— Separación entre pantalanés

La separación mínima entre pantalanés principales, medida entre extremos de los pantalanés de atraque (o de los barcos amarrados a ellas si es más desfavorable), es decir la anchura del área de navegación y maniobras, será, como mínimo, de 1,75 L para buques de diseño con una eslora total (L) no mayor de 12,00 m y de 2,00 L para buques de diseño con una eslora total (L) superior a los 12,00 m.

En el caso de que se prevean derivas importantes de los buques debidos a las condiciones climáticas existentes se incrementarán estos espacios según los criterios establecidos en el apartado 8.6.4.

— Anchura de los pantalanés

La anchura recomendada de los pantalanés principales, para el supuesto de que no admitan tráfico de vehículos, estará comprendida entre 1,20 m. y 2,00 m en función del tamaño de los buques y del número de pantalanés de atraque que se dispongan en cada pantalán principal; si se prevé algún tipo de tráfico para vehículos ligeros se adoptará una anchura adecuada a las características de los mismos, con un valor mínimo de 2,50 m.



b) PANTALANES SECUNDARIOS DE ATRAQUE

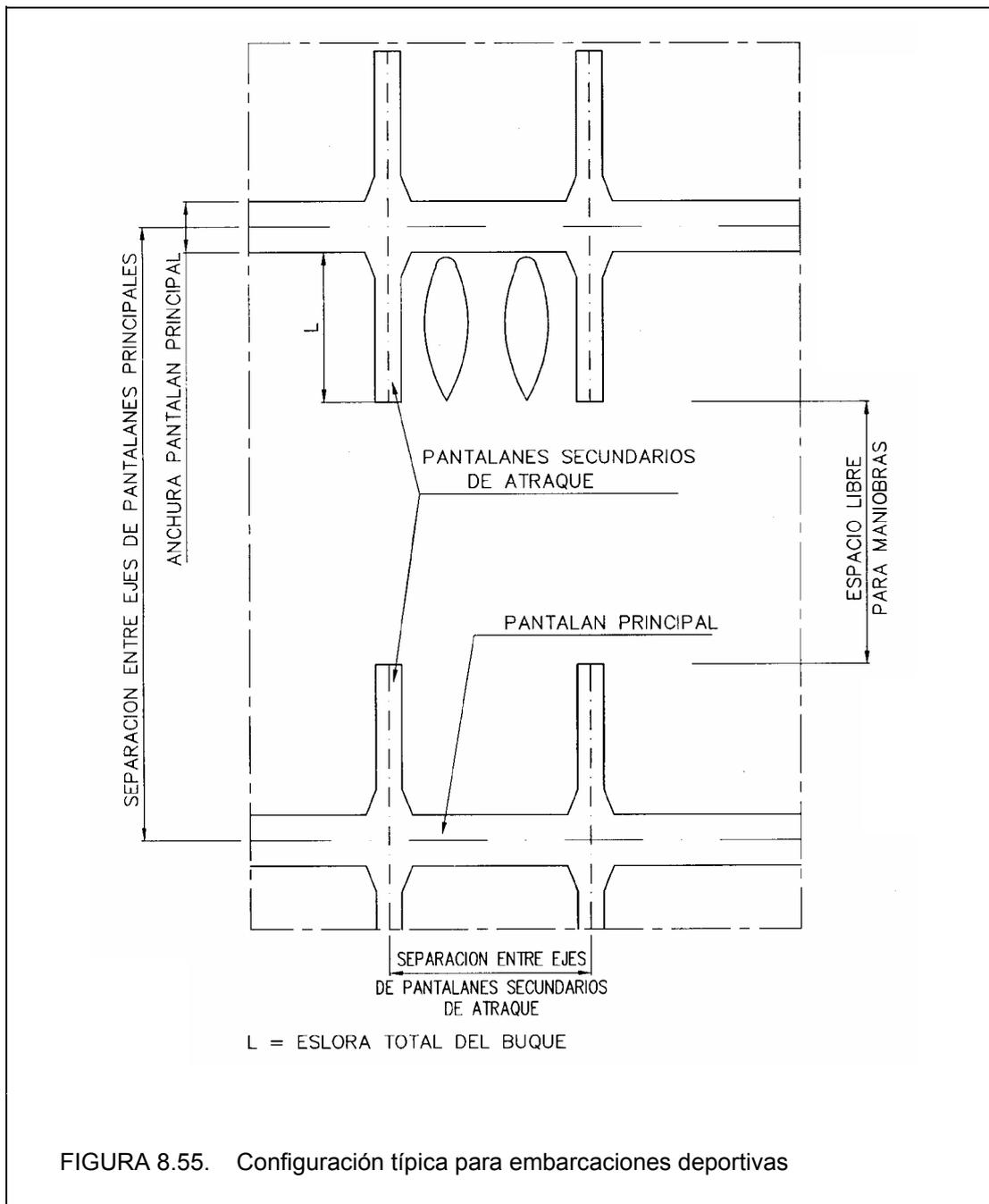
— Separación entre pantalanes

- Atraques simples

La separación entre ejes de los pantalanes será, como mínimo, igual a la suma de la manga máxima del barco de diseño, más un resguardo de 0,30 - 0,50 m. a cada lado de la embarcación, más la anchura del pantalán.

- Atraques dobles

La separación entre ejes de los pantalanes será, como mínimo, igual a la suma de dos veces la manga máxima del barco de diseño, más un resguardo de 0,30 - 0,50 m. con respecto a cada uno de los muelles, más un resguardo de 1,00 m. entre ambos barcos.



Estas separaciones están determinadas suponiendo que las embarcaciones tienen una eslora máxima de 12 m; en el supuesto de que se prevean embarcaciones mayores deberán incrementarse los resguardos en función de las maniobras de atraque y salida que se prevea realizar según sea la configuración del puerto.

— Longitud de pantalanes

La longitud de los pantalanes de atraque será igual a la eslora máxima (L) del buque de diseño. Excepcionalmente podrían admitirse longitudes menores (70 ó 80% de la L) si se desarrolla un sistema adecuado de amarre de barcos, que no afecta a las dimensiones del Área de Navegación y Maniobras de barcos definidos en el apartado a) anterior.

— Anchura de los pantalanes

La anchura recomendada de los pantalanes de atraque estará comprendida entre 0,80 y 1,50 m en función del tamaño de los barcos.

8.10.5. CONDICIONES LIMITES DE OPERACIÓN

Las condiciones límites de operación que se adoptan habitualmente para la navegación y maniobras (parada, reviro) de buques, cuando se efectúen dentro de las dársenas, son las mismas que las que se establecen para estas maniobras cuando se desarrollan en otras áreas de flotación, con independencia de que la situación más protegida de las dársenas ocasionará normalmente un porcentaje menor de inoperatividad de estas áreas frente a estas condiciones climáticas adversas.

Como condiciones específicas de los muelles, es necesario contemplar tres supuestos:

- Atraque de los buques.
- Paralización de las operaciones de carga y descarga.
- Permanencia de los buques en los muelles.

Las condiciones límites que se establezcan para estos tres supuestos dependen de otros factores además del propio barco; así, el atraque de los buques vendrá condicionado por los remolcadores disponibles y los sistemas de defensa de los muelles; la paralización de las operaciones de carga y descarga dependerá fundamentalmente de las características de los equipos que se utilicen para esta función; y la permanencia de los buques en los muelles de los criterios de diseño de las estructuras, de la disponibilidad de medios de remolque para poder sacar los buques de los puestos de atraque en estas condiciones y de la posibilidad de que el buque pueda navegar controladamente hacia otros muelles, fondeaderos o áreas de navegación exterior. En algunos casos particulares intervendrán otros factores, por ejemplo, los límites de habitabilidad de una embarcación deportiva sometida a la acción del oleaje.

Las condiciones climáticas límites de operación que se recogen en la Tabla 8.1 son las que vienen siendo utilizadas habitualmente para estas maniobras, pero, obviamente podrán utilizarse otras diferentes en la medida que se valoren los porcentajes de inactividad resultante para diferentes supuestos en función de las inversiones que sea necesario realizar para garantizar la operatividad en las condiciones límite que se adopten. En el supuesto de que se realicen estudios de mayor detalle deberán considerarse los movimientos aceptables en los buques en función de las características específicas de los equipos utilizados en las diferentes operaciones.

TABLA 8.1. CONDICIONES LIMITES DE OPERACION DE BUQUES EN MUELLES Y PANTALANES			
	Velocidad absoluta del viento $V_{10.1 \text{ min}}$	Velocidad absoluta de la corriente $V_{c.1 \text{ min}}$	Altura de ola H_s
1. <i>Atraque de buques</i>			
• Acciones en sentido longitudinal al muelle	17.0 m/s	1.0 m/s	2.0 m
• Acciones en sentido transversal al muelle	10.0 m/s	0.1 m/s	1.5 m
2. <i>Paralización operaciones carga y descarga (para equipos convencionales)</i>			
• Acciones en sentido longitudinal al muelle			
— Petroleros			
< 30.000 TPM	22 m/s	1.5 m/s	1.5 m
30.000-200.000 TPM	22 m/s	1.5 m/s	2.0 m
> 200.000 TPM	22 m/s	1.5 m/s	2.5 m
— Graneleros			
Cargando	22 m/s	1.5 m/s	1.5 m
Descargando	22 m/s	1.5 m/s	1.0 m

TABLA 8.1. (Continuación)			
	Velocidad absoluta del viento $V_{10.1 \text{ min}}$	Velocidad absoluta de la corriente $V_{c.1 \text{ min}}$	Altura de ola H_s
— Transportadores de Gases Licuados < 60.000 m ³ > 60.000 m ³	22 m/s 22 m/s	1.5 m/s 1.5 m/s	1.2 m/s 1.5 m/s
— Mercantes de carga general, Pesqueros de altura y congeladores	22 m/s	1.5 m/s	1.0 m
— Portacontenedores, Ro-Ros y Ferries	22 m/s	1.5 m/s	0.5 m
— Transatlánticos y Cruceros (1)	22 m/s	1.5 m/s	0.5 m
— Pesqueros de pesca fresca	22 m/s	1.5 m/s	0.6 m
• Acciones en sentido transversal al muelle			
— Petroleros			
< 30.000 TPM	20 m/s	0.7 m/s	1.0 m
30.000-200.000 TPM	20 m/s	0.7 m/s	1.2 m
> 200.000 TPM	20 m/s	0.7 m/s	1.5 m
— Graneleros			
Cargando	22 m/s	0.7 m/s	1.0 m
Descargando	22 m/s	0.7 m/s	0.8 m
— Transportadores de Gases Licuados < 60.000 m ³ > 60.000 m ³	16 m/s 16 m/s	0.5 m/s 0.5 m/s	0.8 m 1.0 m
— Mercantes de carga general, Pesqueros de altura y congeladores	22 m/s	0.7 m/s	0.8 m
— Portacontenedores, Ro-Ros y Ferries	22 m/s	0.5 m/s	0.3 m
— Transatlánticos y Cruceros (1)	22 m/s	0.5 m/s	0.3 m
— Pesqueros de pesca fresca	22 m/s	0.7 m/s	0.4 m
3. Permanencia de buques en muelle			
— Petroleros y Transportadores de Gases Licuados			
• Acciones en sentido longitudinal al muelle	30 m/s	2.0 m/s	3.0 m
• Acciones en sentido transversal al muelle	25 m/s	1.0 m/s	2.0 m
— Transatlánticos y Cruceros (2)			
• Acciones en sentido longitudinal al muelle	22 m/s	1.5 m/s	1.0 m
• Acciones en sentido transversal al muelle	22 m/s	0.7 m/s	0.7 m
— Embarcaciones deportivas (2)	22 m/s	1.5 m/s	0.4 m
• Acciones en sentido longitudinal al muelle	22 m/s	1.5 m/s	0.4 m
• Acciones en sentido transversal al muelle	22 m/s	0.7 m/s	0.2 m
— Otro tipo de buques	Limitaciones impuestas por las cargas de diseño de los muelles		
NOTAS:			
$V_{10.1 \text{ min}}$	= Velocidad media del viento, correspondiente a 10 m de altura y ráfaga de 1 minuto.		
$V_{c.1 \text{ min}}$	= Velocidad media de la corriente correspondiente a una profundidad del 50% del calado del buque, en un intervalo de 1 minuto.		
H_s	= Altura de la ola significativa del oleaje (para estudios de mayor precisión se considerará la influencia del periodo).		
Longitudinal	= Se entenderá que el viento, la corriente o el oleaje actúan longitudinalmente, cuando su dirección está comprendida en el sector de $\pm 45^\circ$ con el eje longitudinal del buque.		
Transversal	= Se entenderá que el viento, la corriente o el oleaje actúa longitudinalmente cuando su dirección está comprendida en el sector de $\pm 45^\circ$ con el eje transversal del buque.		
(1)	= Las condiciones se refieren al embarque y desembarque del pasaje.		
(2)	= Las condiciones se refieren a los límites para mantener una habitabilidad aceptable con el pasaje a bordo		

8.10.6. BALIZAMIENTO DE LAS DARSENAS Y SEÑALIZACION DE MUELLES

El balizamiento de las dársenas y muelles deberá ir dirigido fundamentalmente a señalar los aspectos siguientes:

- La definición de la boca de acceso a la dársena y la definición de los extremos más avanzados de las infraestructuras.
- La identificación de los puestos de atraque.
- Las enfilaciones necesarias para las rutas de acceso y salida de los buques de la dársena, cuando haya que efectuar maniobras en una dirección prefijada.
- La delimitación de las áreas disponibles para la navegación, cuando no queden definidas por la propia configuración de la dársena (p.e. falta una alineación atracable, o alguna de ellas está construida en talud y es necesario marcar la cota a la que se dispone de la profundidad del agua nominal, etc.).
- La delimitación de las zonas exteriores de reviro de buques, cuando no queden inmersas en otras áreas más amplias que estén convenientemente balizadas.

8.11. INSTALACIONES ESPECIALES

8.11.1. ESCLUSAS

Las esclusas son elementos de regulación de los niveles de agua que se utilizan en vías de navegación, puertos, dársenas y otras áreas de flotación con objeto de eliminar los efectos de las mareas y otras causas de variación del nivel de las aguas, permitiendo una explotación controlada de las operaciones marítimas y portuarias. Esta utilización, que es la principal por lo que a esta Recomendación se refiere, puede combinarse, y así se hace habitualmente, con otros usos tales como el aprovechamiento hidroeléctrico del flujo hidráulico, el bombeo de las aguas, etc.

El emplazamiento de las esclusas en lo que a la navegación se refiere debe cumplir los siguientes requisitos principales:

- Buena accesibilidad para los Buques de Proyecto (que pudiera tratarse no de un solo buque sino de un tren de embarcaciones).
- Emplazamiento situado fuera del flujo de objetos flotantes o hielos, así como de las posibles zonas de aterramientos.
- Buena visibilidad para el desarrollo de todas las operaciones de paso de la esclusa.
- Posibilidad de desarrollar ampliaciones laterales para implantar nuevas vías de paso u otro tipo de construcciones que aprovechen los desniveles de agua existentes.

La configuración general de una esclusa de doble vía de navegación se representa en la fig. 8.56, que está esquematizada para una vía de navegación, y en ella pueden diferenciarse los elementos siguientes:

— Esclusa

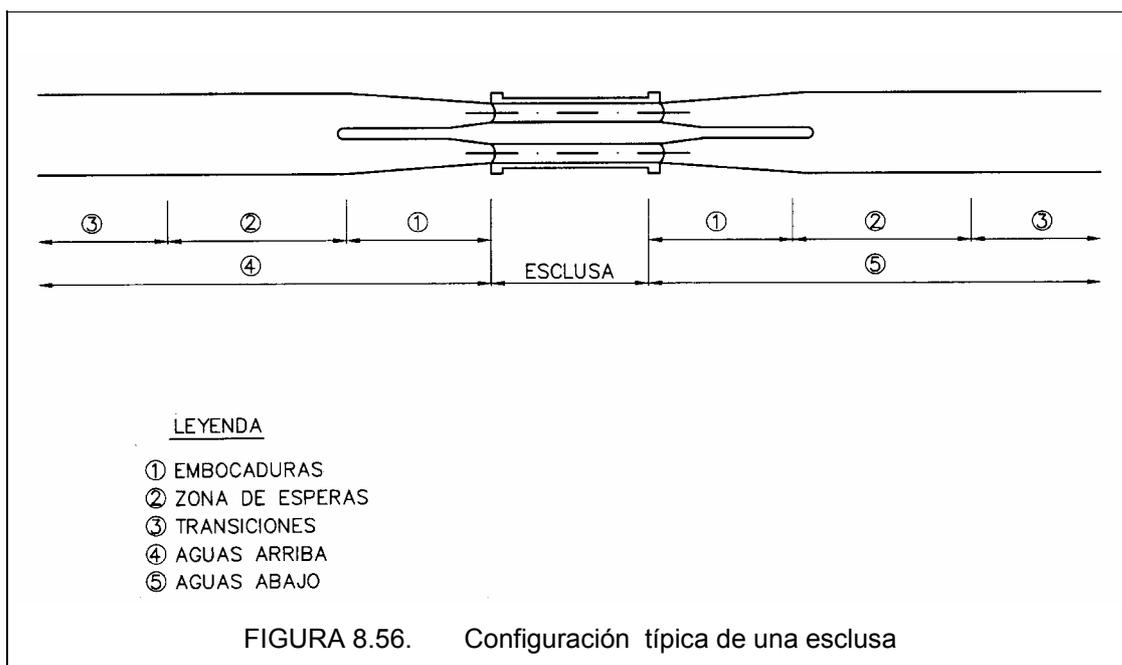
Se trata del cuerpo central del sistema en donde se efectuará el cambio de niveles de agua para adecuar la navegación a los niveles existentes aguas arriba y aguas abajo; sus dimensiones principales se determinarán con los criterios siguientes, que están evaluados para el supuesto de utilizar remolcadores al tiro, que es el caso que precisa un mayor desarrollo:

- Eslora útil: $L + L_r + 10$ m.

siendo:

L = Eslora total del buque de diseño.

L_r = Suma de la eslora total del remolcador y de la proyección horizontal del cable de remolque, correspondiente al remolcador necesario para el mayor buque de diseño.



En caso de que no se disponga de esta información podrá determinarse el valor de L_r con los criterios definidos en el apartado 8.10.4.b.

- Manga útil: $1,20 \cdot B$.
siendo B la manga del buque de diseño.

— Zona de espera

Se trata de las áreas situadas aguas arriba y aguas abajo de la Esclusa, en donde permanecen los buques en espera de efectuar el paso. Sus dimensiones longitudinales dependen de las previsiones de tráfico y de la capacidad de tránsito de la esclusa, mientras que su anchura depende del sistema elegido para fijar la posición de los buques en espera (atraques, boyas, etc.).

Para su emplazamiento deberá contarse con un resguardo mínimo de seguridad entre los buques en tránsito y los buques en espera, que se determinará en cada caso en función de las características del emplazamiento y de los medios de remolque y ayuda a la navegación.

— Embocaduras

Son las áreas que se disponen entre las zonas de espera y la esclusa. La transición se efectuará con un perfil continuo, sin ángulos que manifiesten su vértice hacia el exterior. El ángulo de apertura de cada una de las márgenes será como mínimo de 1:6 y preferentemente de 1:10.

— Transiciones

Son las áreas que conectan la esclusa con los tramos ordinarios de la vía de navegación aguas arriba o aguas abajo. Se dimensionarán con los criterios que se utilizan para definir las transiciones en vías navegables.

8.11.2. DIQUES SECOS Y MUELLES ESPECIALES

La implantación de diques secos, varaderos y determinados muelles especiales (Ro-Ros, Ferries, etc.) precisará desarrollar configuraciones muy adecuadas a las características específicas de este tipo de instalaciones. Si bien estas configuraciones definen los límites de las áreas de flotación, su concreción depende fundamentalmente de las condiciones operativas de estos muelles e instalaciones, por lo que su determinación supera el contenido de esta Recomendación, que se tratará en las que se desarrollen específicamente para Diques secos y muelles.

8.11.3. ZONAS DE VARADA DE EMERGENCIA

La zona de varada de emergencia a la que, en caso de que sea legalmente obligatorio, se dirigirán los buques en supuestos excepcionales, estará situada en zonas exteriores al puerto, próximas a su bocana y que cumplan con las condiciones siguientes:

- Fácil accesibilidad desde las rutas de acceso al puerto, con trazados que impliquen el mínimo de maniobras y con dimensionamientos efectuados para buques con condiciones de maniobrabilidad malas
- Separación holgada de las rutas y áreas de navegación y flotación del puerto, de manera que pueda continuar la actividad normal del puerto estando el buque varado, así como durante las maniobras de puesta a flote, salvamento y recuperación del buque varado. Se tendrá en cuenta a este respecto el hecho de que exista tráfico de buques petroleros, químicos, transportadores de gases licuados, u otros con mercancías peligrosas en cuyo caso el buque varado podría ser de esta naturaleza.
- Dimensiones amplias en planta de manera que el buque pueda quedar varado en cualquier posición según sean las condiciones climáticas existentes en el momento. Se recomienda a este respecto que la anchura mínima de la zona de varada sea de 1,5 veces la eslora del buque de diseño del puerto, medidas a una y otra margen de la vía de navegación que accede a la zona de varada.
- Suelos de naturaleza adecuada para permitir la varada de los buques sin ocasionar daños mayores de los que se pretende evitar (fangos, arenas, limos o similares). Asimismo deberá considerarse la idoneidad del terreno para facilitar la puesta a flote.
- Condiciones aceptables de resguardo, especialmente frente a los oleajes y temporales, de manera que se eviten en la medida de lo posible los embates del mar sobre una embarcación que estará en condiciones precarias.
- Condiciones morfológicas y de clima marítimo aceptables para prevenir daños medioambientales, que pudieran estar producidos por pérdidas de mercancías, combustibles o pertrechos del buque.
- Costa no agreste que facilite el salvamento en condiciones de emergencia.
- Alejamiento de áreas urbanas, especialmente en el caso de tratarse de tráfico con mercancías peligrosas

Las zonas de varada de emergencia se indicarán en las cartas náuticas, pero habitualmente no se balizarán, sin perjuicio del balizamiento que proceda en caso de utilización de las mismas.

8.12. CONDICIONES LIMITES DE OPERACION

En el análisis de las diferentes áreas de navegación y maniobras definidas en los apartados anteriores se han ido recogiendo las condiciones climáticas límites de operación que se utilizan habitualmente para las operaciones náuticas que se realizan en cada una de ellas. En función de cuáles sean estas condiciones resultarán dimensiones diferentes de las Areas de Flotación, distintos requerimientos de remolcadores y otras ayudas a la navegación y porcentajes diferentes de cierre del puerto o de la maniobra que se considere por condiciones climáticas adversas. La definición de estas condiciones resulta por tanto un elemento transcendental en la determinación de las Areas de Flotación y en la configuración resultante del Puerto, por lo que los criterios y valores que finalmente se adopten deben quedar claramente recogidos en las Normas de Operaciones que se establezca al respecto.

En tanto en cuanto no se disponga de un Reglamento de Operaciones específico de cada caso, se utilizarán las Condiciones límites de Operación recogidas en esta Recomendación, aplicándolas del modo siguiente:

- A efectos de proyecto y dimensionamiento se supondrá que las diferentes variables actúan simultáneamente y con sus valores más desfavorables, a no ser que se efectúen estudios específicos de compatibilidad, que demuestren que estos valores no pueden presentarse simultáneamente en el emplazamiento, en cuyo caso se tomarán los compatibles entre sí. Esta condición puede obligar a considerar diferentes hipótesis de

cálculo considerando cada una de las variables climáticas como predominante y el resto con los valores máximos compatibles con ella.

- A efectos de Operatividad se suspenderán las maniobras afectadas, en el momento en que una cualquiera de las variables alcance los límites más desfavorables establecidos, con independencia de cual sea el valor que en un momento tengan las restantes variables; la posibilidad de operar con valores sobrepasados de una variable asociados a valores no sobrepasados de otras está limitado a los casos en los que se haya hecho un estudio de detalle para el emplazamiento concreto.

Como elemento de valoración de que las Condiciones Límites de Operación finalmente adoptadas son adecuadas al nivel de servicio habitual en cada caso, y en ausencia de estudios económicos concretos al respecto, se recomienda verificar cual es el tiempo de Cierre del Area que se considera en relación con el tiempo total disponible, es decir el tiempo en el que el Area permanecerá inoperativa para determinadas operaciones, por limitaciones de cualquier tipo (planta, alzado, remolcadores, ayudas a la navegación, etc.), producidas por presentarse condiciones climáticas superiores a las establecidas como Condiciones Límites de Operación.

Para facilitar este análisis se recogen en la Tabla 8.2 los tiempos medios de cierre que suelen aceptarse en las Areas objeto de esta ROM, calculadas para las Condiciones Límites de Operación de los Buques de Proyecto, ya sean producidos por variables climáticas de presentación aleatoria no predecible con anticipación (vientos, oleajes, corrientes, mareas meteorológicas, falta de visibilidad, etc.), como por otras variables predecibles con anticipación (mareas astronómicas, etc.). En el supuesto de que haya cierres del Area producidos por la nocturnidad deberá tenerse en cuenta que esta circunstancia reduce el tiempo útil disponible y aumenta el porcentaje de utilización del área, exigiendo requerimientos más estrictos sobre los tiempos de cierre admisibles, tal como se recoge en la propia Tabla 8.2, con independencia de cualquier otra valoración económica o social que pueda realizarse referente a la paralización de operaciones por la noche.

TABLA 8.2. TIEMPOS MEDIOS ACEPTABLES DE CIERRE DE UN AREA POR PRESENTARSE CONDICIONES CLIMATICAS ADVERSAS (SUPERIORES A LAS ESTABLECIDAS COMO LIMITES DE OPERACION PARA LOS BUQUES DE PROYECTO)

CARACTERISTICAS DEL AREA	Tiempos de inoperatividad en horas, por todos los conceptos ^{(1) (2)}
<p>A. Areas de buques en tránsito (accesos, vías de navegación, canales, bocanas, áreas de maniobras, etc.)</p> <p>1. Puertos de interés general</p> <p>— Areas abiertas a todo tipo de barcos</p> <p>— Areas abiertas a Embarcaciones pesqueras y deportivas (3)</p> <p>2. Puertos de refugio</p> <p>— Areas abiertas a todo tipo de barcos</p> <p>— Areas abiertas a Embarcaciones pesqueras y deportivas (3)</p> <p>3. Otros puertos</p> <p>4. Terminales especializados</p> <p>— Pasajeros, Contenedores, Ferries y otros terminales que operen con líneas regulares</p> <p>— Graneles de cualquier tipo y otros terminales que no operen con líneas regulares</p>	<p>200 h. año 20 h. mes</p> <p>20 h. año 4 h. mes</p> <p>300 h. año 30 h. mes</p> <p>20 h. año 4 h. mes</p> <p>400 h. año 40 h. mes</p> <p>200 h. año 20 h. mes</p> <p>600 h. año 60 h. mes</p>
<p>B. Areas de buques en permanencia (Fondeaderos, amarra- deros, dársenas, muelles, atraques, terminales, etc.)</p> <p>1. Puertos de cualquier tipo</p> <p>2. Terminales especializados</p> <p>— Pasajeros, Contenedores, Ferries y otros terminales que operen con líneas regulares</p> <p>— Graneles de cualquier tipo y otros terminales que no operen con líneas regulares</p>	<p>40 h. año 20 h. mes</p> <p>200 h. año 20 h. mes</p> <p>500 h. año 50 h. mes</p>
<p>(1) Los tiempos de inoperatividad recogidos en esta tabla se refieren al Cierre del Area por cualquier concepto, ya sea por una variable climática no predecible con anticipación (vientos, oleajes, corrientes, mareas meteorológicas, faltas de visibilidad, etc.), como predecible con anticipación (mareas astronómicas, etc.). El cierre del área por nocturnidad no se contemplará a estos efectos valorándose tal como se indica en el texto.</p> <p>(2) Los requerimientos mínimos recogidos en esta Tabla están basados en un porcentaje de utilización del Area por los Buques de Proyecto del 30%, calculado sobre el tiempo útil total disponible (deducido por tanto el tiempo de cierre del Area por cualquier motivo: insuficiencia del nivel de agua, clima marítimo, nocturnidad, etc.). En el supuesto de que este porcentaje de utilización del área sea igual o inferior al 20%, podrán utilizarse valores del doble de los recogidos en la Tabla; asimismo si el porcentaje de utilización del área fuese igual o superior al 40% deberán utilizarse valores de la mitad de los recogidos en la Tabla; para valores intermedios podrá interpolarse linealmente.</p> <p>(3) Los tiempos de inoperatividad se calcularán para las Condiciones Límites de Operación correspondientes a los Buques de Proyecto de embarcaciones pesqueras y deportivas.</p>	

