

Anejo 9. Criterios de dimensionamiento de la bocana

Proyecto básico de ampliación del Puerto deportivo Poble Marina
(T.M. Puebla de Farnals, Valencia)

LLORENS BUFORT, María

MAHIQUES PÉREZ, M^a Ángeles

Valencia, Junio de 2016



ÍNDICE

1. OBJETO	3
2. DATOS INICIALES	4
3. CRITERIOS DIMENSIONAMIENTO DE LA BOCANA	6
3.1 Orientación de la bocana	6
3.2 Anchura de la bocana	7
3.3 Calado de la bocana	9
3.4 Radio de giro	10
3.5 Tabla resumen	10
4. CRITERIOS DIMENSIONAMIENTO DE LOS CANALES INTERIORES	11
4.1 Anchura de los canales interiores	11
4.2 Calado de los canales interiores	11
4.3 Tabla resumen	12



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relación Eslora-Anchura bocana	8
Tabla 2. Relación Eslora-Calado bocana	9
Tabla 3. Tabla resumen dimensionamiento de la bocana	10
Tabla 4. Determinación de la anchura de los canales interiores Bci según métodos determinísticos (ROM) y códigos de buenas prácticas (CBP)	11
Tabla 5. Determinación del calado D_{oi} según métodos determinísticos (ROM) y códigos de buenas prácticas (CBP)	12
Tabla 6. Tabla resumen dimensionamiento de canales interiores	12



1. OBJETO

El objeto del presente anejo es el de comprobar todos los condicionantes que serán necesarios para el dimensionamiento de la bocana para la ampliación del Puerto de Puebla de Farnals. Dado que la ampliación se realiza para una flota tipo de barcos con dimensiones superiores a los 20 metros de eslora, también se analizará la maniobrabilidad de entrada al Puerto.

Estudiaremos como debe ser la orientación, el tamaño y el calado de la bocana para su correcta accesibilidad por parte de las embarcaciones en los diferentes estados de mar, a la vez que se encuentre protegido el interior del puerto de la entrada de energía procedente del oleaje o de posibles aterramientos en las aguas abrigadas.

Las pautas que se siguen en este anejo se corresponden con las establecidas por la ROM 3.1-99 *"Proyecto de la configuración marítima de los puertos; canales de acceso y áreas de Flotación"*. Se utilizará también el documento *"Recomendaciones para el diseño de puertos deportivos en la región de Murcia"*, el cual resume y compara en solo un documento todas las prescripciones establecidas en diferentes ROM, recomendaciones publicadas por PIANC y guías de buenas prácticas en materia de puertos deportivos de Estados Unidos, Australia y Gran Bretaña.

Para poder realizar estos análisis es necesario tener en cuenta varios condicionantes físicos locales:

- Dirección del viento.
- Dirección del oleaje.
- Transporte litoral de sedimentos.

Y los condicionantes de la flota tipo definida en el *"Anejo 8: Estudio de demanda y determinación de la flota tipo"* para la embarcación de diseño que es el tamaño máximo de las embarcaciones, teniendo esloras máximas de 24 m, mangas de 5,5 m y calados de hasta 3,3 m. Estas dimensiones corresponden a las definidas por la ROM 3.1-99 en su apartado *Buque de proyecto*.



2. DATOS INICIALES

- Dirección de la bocana y dimensiones de las obras de abrigo:

La bocana está orientada a 180° N, en dirección S. El dique principal tiene dos orientaciones, una principal paralela a la costa con dirección SO de unos 400 m de longitud y un ancho mínimo de unos 13 m y la prolongación oblicua que es de orientación S y consta de unos 180 m de longitud y 14 m de ancho. Ambas partes componen el muelle de Levante, formando un ángulo de 140° entre sí. El contradique crece con orientación ESE hasta unos 115 m de longitud y 14 m de ancho.

- Embarcaciones de diseño:

Las embarcaciones de diseño son aquellas de mayores dimensiones para las que se dimensionarán la bocana y zona de maniobra. En nuestro caso la mayor eslora es de 24 metros, con una manga de 5,5 metros y un calado aproximado de 3 metros.

- Dirección del viento:

Las direcciones predominantes del viento según las estaciones en nuestra zona de estudio son:

- Invierno: Dirección predominante WSW, y en menor medida W, WNW y SW.
- Primavera: Dirección predominante WSW, y en menor medida SSE, NNE y NE.
- Verano: Direcciones predominantes SSE y SE, y en menor medida NE.
- Otoño: Dirección predominante NNE, y en menor medida NE, SSE, WSW y W.

La conclusión que se extrae es que hay una alternancia de carácter estacional entre los vientos de poniente (W) y los vientos de levante (E).

- Dirección del oleaje:

Las direcciones predominantes del oleaje según las estaciones en nuestra zona de estudio son:

- Invierno: Dirección dominante ENE, y a continuación WSW y NE.
- Primavera: Dirección dominante ENE, y a continuación E y NE.
- Verano: Direcciones dominantes SE y SSE, y a continuación ENE, E y ESE.
- Otoño: Dirección dominante ENE, y a continuación NE.

Por lo tanto, las estaciones con mayores alturas de ola son invierno y otoño, y las direcciones de oleaje que se tendrán en cuenta serán las más frecuentes y con mayores alturas de ola: NE, ENE, E, ESE y SE.



- Transporte litoral de sedimentos:

La deriva litoral sobre la zona costera analizada lleva dirección N-S, siguiendo la trayectoria de la costa. Por lo que con la actual orientación del puerto, se crea una barrera natural donde la sedimentación no es un problema en la bocana.



3. CRITERIOS DIMENSIONAMIENTO DE LA BOCANA

Los criterios para el dimensionamiento de la bocana, para lograr un correcto trazado de los canales de acceso, que establecen las *“Recomendaciones para el diseño de puertos deportivos en la región de Murcia”* son los siguientes:

- Deben ser lo más rectilíneos posible y evitar trazados en S.
- Deberá seguir, si es factible, la dirección de las corrientes principales, de manera que se minimice el efecto de las corrientes transversales.
- Debe evitar zonas de acreción o depósito de sedimentos.
- La bocana y el canal interior se orientarán, siempre que sea posible, en la dirección del oleaje reinante, o cuanto más formando un ángulo de hasta 15-20°. Con esto se pretende evitar el efecto de los temporales de través.

También tendremos en cuenta los criterios de dimensionamiento para la bocana y el canal de entrada según el libro *Curso de Ingeniería de Puertos y Costas. Obras marítimas, Vol.2*. En el cual, Rafael Del moral y José María Berenguer, establecen que la orientación de la bocana de un puerto deportivo ha de esta diseñada bajo los siguientes criterios:

- Debe permitir el acceso al puerto en todo momento y en condiciones seguras.
- Ha de evitar el paso de la energía del oleaje al interior del puerto.
- Debe presentar buenas condiciones de navegación.
- Ha de estar libre de aterramientos.
- Debe poseer suficiente calado para permitir la entrada a la embarcación máxima en cualquier condición de nivel del mar.

Una vez conocidos los criterios a seguir en el dimensionamiento de la bocana se puede proceder a las diferentes fases de este dimensionamiento, entre las que se encuentran: la orientación, el calado y el ancho.

3.1 Orientación de la bocana

Para el diseño de la bocana del puerto se tienen en cuenta diferentes factores.

Uno de ellos es el de las principales direcciones del viento actuante como fuerza motriz de las embarcaciones a vela. El objetivo es que se consiga la mayor componente del viento posible en la popa, siempre y cuando, en esta orientación no se produzcan problemas de penetración de oleaje para los diferentes temporales o arrastre de sedimentos que ocasionen problemas en el interior de la dársena.

La recomendación para la orientación de la bocana es situarla perpendicularmente a los vientos más predominantes para que las embarcaciones a vela realicen la entrada y salida del puerto navegando con el viento de través, es decir, ortogonalmente al sentido del movimiento y asegurar que penetre la menor cantidad de oleaje posible al puerto.



La principal dirección del viento es WSW por lo tanto la bocana debería de situarse orientada hacia el SSE. No obstante, el oleaje predominante que llega al puerto proviene del ENE, y la bocana debería estar orientada también hacia el SSE.

Según se ha visto, la orientación óptima de la bocana sería la de dirección SSE para reducir los problemas causados por el oleaje en todas las estaciones y evitar derrotas con viento en proa en la entrada al puerto. Actualmente la bocana está situada en dirección S, por lo que se considera una buena orientación.

3.2 Anchura de la bocana

Para dimensionar la anchura de la bocana se recurrirá a la ROM 3.1-99, así como a las *Recomendaciones para el diseño de puertos deportivos en la región de Murcia*, donde se recogen varios métodos.

En primer lugar, la ROM determina la anchura de la vía de navegación, medida perpendicularmente al eje longitudinal de la vía, como suma de los términos siguientes:

$$B_t = B_n + B_r$$

Dónde:

- 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.
- B_r = Anchura adicional de reserva para tomar en consideración los factores (B_3) relacionados con los contornos.

El ancho total (B_t) se medirá en la posición más estrecha de la bocana, que en este caso se tratara de la parte interior de los diques. El valor del ancho nominal (B_n) se podrá obtener mediante varios métodos: métodos deterministas o métodos semi-probabilísticos.

El cálculo se realiza mediante métodos deterministas, para canales de entrada con dos carriles de navegación rectos con condiciones climáticas constantes a lo largo de toda la traza.

$$B_n = 2[B + b_d + 2(b_e + b_r + b_b)] + b_s + (r_{hsm} + r_{hsd})_i + (r_{hsm} + r_{hsd})_d$$



Dónde:

- B = manga de la embarcación máxima.
- Bd = sobreancho de la senda del buque, producido por la navegación con un determinado ángulo de deriva.
- be = sobreancho por errores de posicionamiento.
- br = sobreancho 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.
- bb = sobreancho para cubrir el error que pudiera derivarse de los propios sistemas de balizamiento.
- bs = anchura de la banda de separación entre las dos vías.
- $(r_{hsm} + r_{hsd})_i + (r_{hsm} + r_{hsd})_d$ = resguardo adicional de seguridad que permite que no estén afectados los buques por los efectos de succión y rechazo de los márgenes. Cada factor se calcula considerando las condiciones de viento, oleaje y corrientes así como teniendo en cuenta las condiciones geométricas de la embarcación de diseño.

Y en segundo lugar, en las *Recomendaciones para el diseño de puertos deportivos en la región de Murcia* se encuentra una tabla recopilatoria donde se recogen los resultados obtenidos para la ROM, así como los obtenidos en los códigos de buenas prácticas recogidos en la mayoría de publicaciones internacionales:

L (m)	B (m)	B _{boc} ROM	B _{boc} USA3	B _{boc} UK1	B _{boc} (m)
6	2,4	17,4	12,0	20,0	20,0
9	3,3	24,7	16,5	20,0	24,7
12	3,5	28,6	17,5	20,0	28,6
15	4	34,0	20,0	20,0	34,0
18	4,4	38,8	22,0	20,0	38,8
21	5	44,7	25,0	23,0	44,7
24	5,5	50,0	27,5	26,0	50,0

L = Eslora del buque de cálculo

B= Manga del buque de cálculo

Tabla 1. Relación Eslora-Anchura bocana



Por lo que se adoptará una anchura B de la bocana de mínimo 50 metros. Como actualmente la bocana dispone de un ancho aproximado de 60 metros, no se necesitará realizar obras para ampliarla.

3.3 Calado de la bocana

Según la ROM, la determinación de la profundidad de agua necesaria en los diferentes canales de acceso en puertos deportivos se realizará sumando unos resguardos al calado estático de la embarcación, de forma que:

$$Dn = D + rvsm + rvsd$$

Dónde:

- D = calado máximo de la embarcación
- rvsm = resguardo de seguridad y control de maniobrabilidad del buque.
- rvsd = margen de seguridad. Resguardo vertical libre que deberá quedar siempre disponible entre el casco del buque y el fondo.

Pero, en las *Recomendaciones para el diseño de puertos deportivos en la región de Murcia* volvemos a encontrar una tabla que recoge los resultados para la ROM, y para los códigos de buenas prácticas recogidos en la mayoría de publicaciones internacionales:

L (m)	D (m)	D _{boc} ROM fondos limosos o arenosos	D _{boc} ROM fondos rocosos	D _{boc} ES1 y ROM 3199	D _{boc} (m)
6	1,5	1,8	2,0	4,5	4,5
9	1,8	2,1	2,3	4,5	4,5
12	2,1	2,4	2,6	4,5	4,5
15	2,4	2,7	2,9	4,5	4,5
18	2,7	3,0	3,2	4,5	4,5
21	3	3,3	3,5	4,5	4,5
24	3,6	3,9	4,1	4,7	4,7

L = Eslora del buque de cálculo
D= Calado del buque de cálculo

Tabla 2. Relación Eslora-Calado bocana

Por lo que, para la embarcación de diseño de 24 metros de eslora, se necesitará un calado de al menos 4,7 metros. Actualmente, el calado en la bocana es de 3,2 metros, por lo que habrá que realizar un dragado.



3.4 Radio de giro

La ROM 3.1-99 cita: “El radio mínimo de viraje depende de las dimensiones del barco y las condiciones del viento y del mar, adoptándose para embarcaciones deportivas el valor de tres veces la eslora máxima prevista”.

Como la eslora de la embarcación de diseño es 24 metros, el radio de giro será de 75 metros. La aproximación al puerto se realiza desde el canal exterior de aproximación, evolucionando mediante trayectoria curva hasta enfilar una dirección aproximadamente similar a la del canal interior.

Con las condiciones actuales de la bocana se cumple el radio mínimo de giro establecido para embarcaciones de 24 metros de eslora.

3.5 Tabla resumen

Como conclusión se adjunta una tabla resumen de todos los datos anteriormente calculados:

	Criterio Normativa	Actualmente
Orientación bocana	SSE	S
Anchura bocana	50 metros	60 metros
Calado bocana	4,7 metros	3,2 metros
Radio de giro	75 metros	Cumple

Tabla 3. Tabla resumen dimensionamiento de la bocana



4. CRITERIOS DIMENSIONAMIENTO DE LOS CANALES INTERIORES

Los canales interiores están destinados a la circulación de barcos entre el canal de entrada y el canal de navegación, y por lo tanto reservada al tránsito. También se consideran canales interiores los que dan servicios al varadero, la estación de combustible o la marina seca.

4.1 Anchura de los canales interiores

La mínima anchura de los canales interiores (B_{ci}) se mide desde la parte más exterior de los barcos atracados a ambos lados del canal, y debe ser el mayor entre:

- 20 metros (ES1).
- $1,5 \cdot L$ metros, siendo L la eslora del buque con mayor longitud capaz de utilizar el área al cual dicho canal interior da servicio (UK1). En el caso de fuertes vientos o corrientes cruzadas, la anchura mínima del canal interior se ampliaría hasta $1,75 \cdot L$ (UK1 y USA3).

L (m)	B (m)	B_{el} ROM	B_{el} ES1	B_{el} UK1	B_{el} (m)
6	2,4	17,4	20,0	9,0	20,0
9	3,3	24,7	20,0	13,5	24,7
12	3,5	28,6	20,0	18,0	28,6
15	4	34,0	20,0	22,5	34,0
18	4,4	38,8	20,0	27,0	38,8
21	5	44,7	20,0	31,5	44,7
24	5,5	50,0	20,0	36,0	50,0

L = Eslora del buque más largo en utilizar dicho canal
B = Manga del buque más ancho en utilizar dicho canal

Tabla 4. Determinación de la anchura de los canales interiores B_{ci} según métodos determinísticos (ROM) y códigos de buenas prácticas (CBP)

4.2 Calado de los canales interiores

En cuanto al calado de los canales interiores (D_{ci}), medidos desde el NAR, su profundidad será la mayor entre 3,5 metros y $1,25 \cdot D$ siendo D el calado del buque de mayor puntal al cual dicho canal interior da servicio (ES1).



L (m)	D (m)	D _{el} ROM fondos limosos o arenosos	D _{el} ROM fondos rocosos	D _{el} ES1	D _{el} (m)
6	1,5	1,8	2,0	3,5	3,5
9	1,8	2,1	2,3	3,5	3,5
12	2,1	2,4	2,6	3,5	3,5
15	2,4	2,7	2,9	3,5	3,5
18	2,7	3,0	3,2	3,5	3,5
21	3	3,3	3,5	3,8	3,8
24	3,6	3,9	4,1	4,5	4,5

L = Eslora del buque de cálculo

D = Calado del buque de cálculo

Tabla 5. Determinación del calado D_{el} según métodos determinísticos (ROM) y códigos de buenas prácticas (CBP)

4.3 Tabla resumen

A continuación se muestra una tabla que recoge todos los datos comprobados anteriormente:

	Criterio Normativa	Actualmente
Anchura canal interior	50 metros	51
Calado canal interior	4,5 metros	3 metros

Tabla 6. Tabla resumen dimensionamiento de canales interiores

Por lo tanto se observa que los canales interiores cumplen la anchura mínima exigida por la normativa, en cambio el calado no cumple con lo exigido por lo que se deberá hacer un dragado de primer establecimiento para corregir la deficiencia de calado que hay actualmente.

