

ANEJO 2

DIMENSIONAMIENTO DE LA BOCANA Y DEL CANAL DE ACCESO

Estudio de soluciones de las obras de atraque y reordenación interior del puerto de Jávea
(Alicante).

Índice

1. Introducción	¡Error! Marcador no definido.
2. Dimensionamiento de la bocana y del canal de acceso	6
2.1. Estudios previos	6
2.2. Buque de diseño.....	8
2.3. Radio de giro	11
2.4. Diseño en planta de la bocana	12
2.5. Diseño en alzado de la bocana.....	16
2.6. Diseño en planta del canal de acceso.....	17
2.7. Diseño en alzado del canal de acceso.....	17
3. Conclusión final	19

ÍNDICE DE TABLAS E IMÁGENES

Imagen 1. Captura del mapa “Morfología Marina de Alicante”. Fuente: www.mapama.gob.es (Consulta: 01/08/2017).....	6
Imagen 2. Rosa de viento del puerto de Jávea. Fuente: www.puertos.es (Consulta: 01/08/2017)	7
Imagen 3. Rosa de oleaje del puerto de Jávea. Fuente: www.puertos.es (Consulta: 01/08/2017).	8
Tabla 1. Niveles característicos de las aguas libres exteriores en las zonas españolas. Fuente: ROM 0.2-90.	8
Tabla 2. Dimensiones de las embarcaciones por eslora. Fuente: ROM 3.1-99.	9
Tabla 3. Dimensiones de las embarcaciones por eslora. Fuente: ROM 2.0-11.	9
Tabla 4. Datos utilizados para el análisis estadístico. Fuente: “Diseño Preliminar de un Yate de 40 m de eslora”.....	10
Tabla 5. Análisis estadístico del calado. Fuente: “Diseño Preliminar de un Yate de 40 m de eslora”.....	10
Tabla 6. Dimensiones de las embarcaciones por eslora. Fuente: “Design and operational guidelines for superyacht facilities”.	11
Tabla 7. Resumen de las medidas del buque diseño. Fuente: Elaboración propia.....	11
Tabla 8. Radios de Giro. Fuente: ROM 3.1-99.	11
Imagen 4. Círculos de maniobra. Fuente: Elaboración propia.	12
Tabla 9. Ángulos de deriva. Fuente: ROM 3.1-99.	13
Tabla 10. Tabla para los sobreanchos por errores de posicionamiento. Fuente: ROM 3.1-99.	14

Tabla 11. Márgenes de seguridad horizontales. Fuente: ROM 3.1-99.	15
Tabla 12. Requerimientos de calado. Fuente: ROM 3.1-99.....	16
Tabla 13. Anchura de los canales interiores. Fuente: “Recomendaciones para el diseño de puertos deportivos en la región de Murcia”.	17
Tabla 14. Profundidad requerida en canales interiores. Fuente: “Recomendaciones para el diseño de puertos deportivos en la región de Murcia”.	18
Tabla 15. Resumen de los requerimientos de la nueva distribución. Fuente: Elaboración propia.	19

1. Introducción

El canal de entrada y la bocana del puerto permiten la entrada y salida de las embarcaciones deportivas y pesqueras al puerto. Es un punto conflictivo, ya que además de concentrar todo el tráfico en una sección estrecha, está abierta a las inclemencias meteorológicas.

Con la finalidad de comprobar las condiciones geométricas tanto en planta como en alzado del puerto, se realizarán los cálculos teniendo en cuenta el buque de diseño al que va a dar servicio el nuevo puerto de Jávea, que ahora será de 50 m de eslora. Dadas las dimensiones de la embarcación, se estudiará a fondo tanto la abertura como el calado necesario de la bocana.

Del mismo modo, calcularemos los mismos parámetros en los canales de acceso al puerto, todo ello con el fin de dotar al nuevo puerto con una correcta maniobrabilidad y unas condiciones de seguridad óptimas.

Para ello, nos basaremos en el documento *Recomendaciones para el diseño de Puertos Deportivos de la región de Murcia*, así como de la normativa española vigente, la ROM 3.1-99. Además, se hará alusión a normativa internacional como la de Reino Unido o Estados Unidos, para asegurar el criterio de máxima seguridad en los

Estudio de Soluciones de las Obras de Atraque y Reordenación Interior del Puerto de Jávea cálculos.

1. Dimensionamiento de la bocana y del canal de acceso

2.1. Estudios previos

Para comenzar con el diseño de los canales, previamente, se analizará cada uno de los siguientes factores:

- Geología: La morfología del fondo marino de Jávea es en su gran parte rocosa. No obstante, acudiendo a la página del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, en la sección de *Ecocartografía* encontramos el mapa *Morfología Marina de Alicante*. En el mismo, se muestra que en la zona del puerto el suelo marino está formado por “*Sedimentos no consolidados medios-finos*”, dato que será crucial en la elección del tipo de draga. A falta de un estudio geotécnico completo, consideraremos que en todos los estratos que vamos a trabajar existirá la misma tipología de suelo marino. También se tendrá en cuenta el no afectar a las praderas de Posidonia cercanas al puerto que se observan en el mapa.



Imagen 1. Captura del mapa “Morfología Marina de Alicante”. Fuente: www.mapama.gob.es (Consulta: 01/08/2017).

- Orientación: La orientación de la bocana es Sur/Sudoeste, tendiendo a proteger el puerto frente al viento y al oleaje procedente del Norte.

ANEJO 2

0

Estudio de Soluciones de las Obras de Atraque y Reordenación Interior del Puerto de Jávea

- Viento: Para el análisis del viento en Jávea, hemos extraído la rosa de vientos de la página de *Puertos del Estado*, haciendo referencia al punto *Simar* de la localidad, puesto que la boya más cercana queda en Valencia. De este modo, se observa que los vientos predominantes son tanto de dirección Norte/Noreste como de dirección Sur/Sudoeste. La rosa de viento es la siguiente:

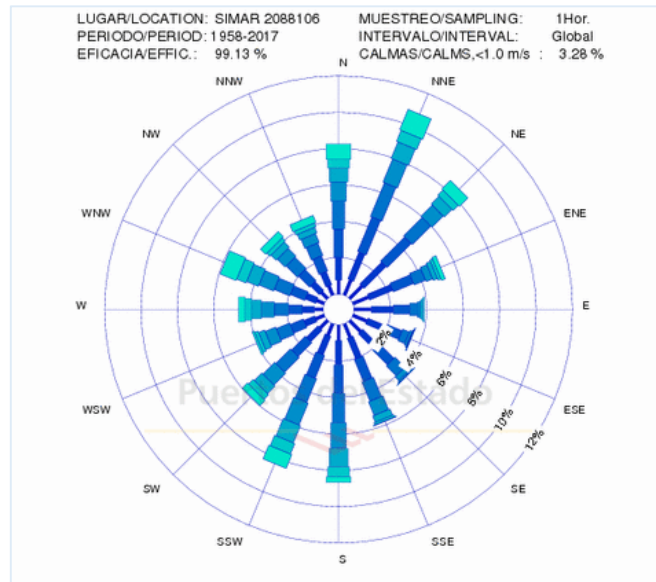
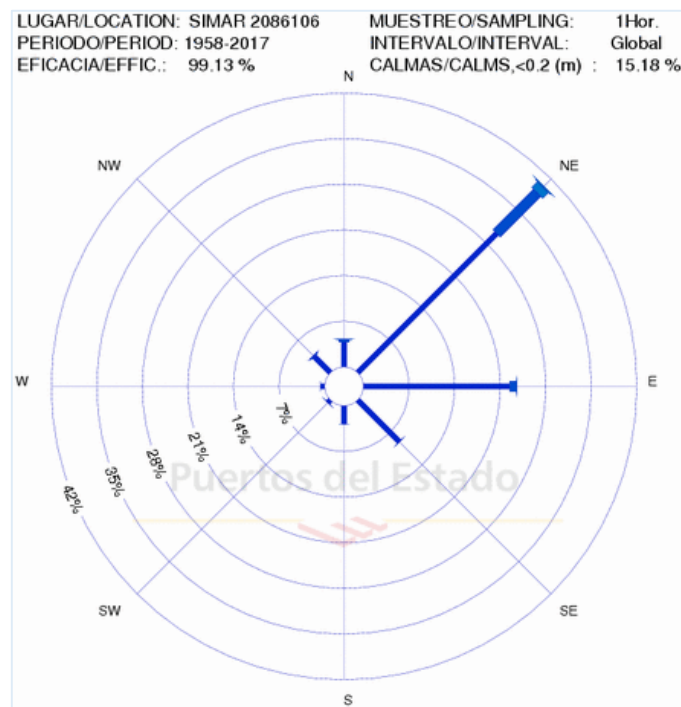


Imagen 2. Rosa de viento del puerto de Jávea. Fuente: www.puertos.es (Consulta: 01/08/2017).

- Oleaje: El oleaje tiene una clara dirección predominante, siendo ésta el Norte/Noreste, como se puede analizar en la rosa de oleaje.



Estudio de Soluciones de las Obras de Atraque y Reordenación Interior del Puerto de Jávea

Imagen 3. Rosa de oleaje del puerto de Jávea. Fuente: www.puertos.es (Consulta: 01/08/2017).

- **Agitación interior:** El tráfico de embarcaciones y los fenómenos como el viento y el oleaje pueden provocar una agitación de la lámina de agua dentro de la dársena. Los fenómenos de reflexión, resonancia, refracción o ampliación del oleaje son determinantes en este factor. Puesto que la geometría de la bocana en principio no va a ser modificada, se supondrán iguales que en su primer diseño y por lo tanto despreciables. En el caso de modificar la misma, se retomar  este condicionante y se calcular  siguiendo esa nueva disposición.
- **Carrera de mareas:** La carrera de mareas es fundamental a la hora de diseñar en alzado. Por encontrarnos en el Mar Mediterráneo, atendiendo a la ROM 0.2-90, consideraremos en Régimen Extremal un aumento de $\pm 0,8$ metros respecto al Nivel Medio del Mar.

TABLA 3.4.2.1.1. NIVELES CARACTERÍSTICOS DE LAS AGUAS LIBRES EXTERIORES EN LAS ZONAS COSTERAS ESPAÑOLAS					
		Mar con marea astronómica	Mar sin marea astronómica significativa	Zonas con marea astronómica sometidas a corrientes fluviales	Corriente fluvial no afectada por mareas
En condiciones normales de operación	Nivel máximo	PMVE	NM + 0,3 m	PMVE y NMI	MNI
	Nivel mínimo	BMVE	NM – 0,3 m	BMVE y NME	NME
En condiciones extremas	Nivel máximo	PMVE + 0,5 m	NM + 0,8 m	PMVE y NMaxA	NMaxA
	Nivel mínimo	BMVE – 0,5 m	NM – 0,8 m	BMVE y NMinE	NMinE

Tabla 1. Niveles característicos de las aguas libres exteriores en las zonas españolas. Fuente: ROM 0.2-90.

- **Elementos existentes:** En dirección 197  respecto al Norte arranca un dique de abrigo de bloques de hormigón de aproximadamente 500m de longitud. Al Oeste del Club Náutico existe un pantal n y una rampa de uso público. El contradique consta de dos alineaciones, la primera de 100 m en dirección Este-Sureste y la segunda hacia el Este de otros 100 m de longitud.

2.2. Buque de diseño

En la *Tabla 3.1. “Dimensiones Medias de buques a media carga”* definida por la ROM 3.1-99, se observan los siguientes datos:

TABLA 3.1. DIMENSIONES MEDIAS DE BUQUES A PLENA CARGA							
Tonelaje de Peso Muerto (TPM)	Desplaza- miento (Δ)	Eslora Total (L)	Eslora entre perpendicu- lares (L_{pp})	Manga (B)	Puntal (T)	Calado (D)	Coefficiente de Bloque
t	t	m	m	m	m	m	
Pesqueros							
3,000	4,200	90.0	85.0	14.0	6.8	5.9	0.60
2,500	3,500	85.0	81.0	13.0	6.4	5.6	0.59
2,000	2,700	80.0	76.0	12.0	6.0	5.3	0.56
1,500	2,200	76.0	72.0	11.3	5.8	5.1	0.53
1,200	1,900	72.0	68.0	11.0	5.7	5.0	0.50
1,000	1,600	70.0	66.0	10.5	5.4	4.8	0.48
700	1,250	65.0	62.0	10.0	5.1	4.5	0.45
500	800	55.0	53.0	8.6	4.5	4.0	0.44
250	400	40.0	38.0	7.0	4.0	3.5	0.43
Embarcaciones deportivas (a motor)							
—	50,0	24.0	—	5.5	—	3.3	—
—	35,0	21.0	—	5.0	—	3.0	—
—	27,0	18.0	—	4.4	—	2.7	—
—	16,5	15.0	—	4.0	—	2.3	—
—	6,5	12.0	—	3.4	—	1.8	—
—	4,5	9.0	—	2.7	—	1.5	—
—	1,3	6.0	—	2.1	—	1.0	—
Embarcaciones deportivas (a vela)							
—	60,0	24.0	—	4.6	—	3.6	—
—	40,0	21.0	—	4.3	—	3.0	—
—	22,0	18.0	—	4.0	—	2.7	—
—	13,0	15.0	—	3.7	—	2.4	—
—	10,0	12.0	—	3.5	—	2.1	—
—	3,5	9.0	—	3.3	—	1.8	—
—	1,5	6.0	—	2.4	—	1.5	—

Tabla 2. Dimensiones de las embarcaciones por eslora. Fuente: ROM 3.1-99.

Viendo esta tabla se presenta el primer problema: tan sólo se tiene datos de barcos de hasta 24 m de eslora. Para determinar las dimensiones del buque diseño de 40 m de eslora, tomaremos la más grande de las siguientes aproximaciones que se van a realizar:

1. **Datos de la ROM 2.0-11:** La primera referencia que se tiene aparece en la Tabla 1. En ella podemos observar que las embarcaciones consideradas como “Megayates” tienen las siguientes dimensiones para una eslora de 50 m: un calado de 4 m (para esta dimensión se utiliza la misma que la de un pesquero de esta eslora), una manga de 9 m y una eslora entre perpendiculares de 43 m. Puesto que nuestro Buque diseño será de 40 m de eslora, tomaremos tan sólo el calado y la manga. No obstante, observando la relación que hay entre eslora y eslora entre perpendiculares de las otras dimensiones, podemos hallar fácilmente que sería de 35 metros aproximadamente.

TIPO DE BUQUE	CLASE	TRB	Δ_{PC} (t)	L (m)	L_{pp} (m)	B (m)	T (m)
EMBARCACIONES DEPORTIVAS Y DE RECREO A MOTOR (Motor Yachts and Boats)	MEGAYATES ²⁹⁾ (según L)		9.500	160	135	27,8	—
			7.000	140	120	23,5	—
			4.500	120	102	18,5	—
			3.500	100	85	16,5	—
			1.600	70	60	13,5	—
			1.100	60	51	12,0	—
			700	50	43	9,0	—

Tabla 3. Dimensiones de las embarcaciones por eslora. Fuente: ROM 2.0-11.

ANEJO 2

0

Estudio de Soluciones de las Obras de Atraque y Reordenación Interior del Puerto de Jávea

2. Análisis estadístico: En este caso, tomaremos los datos de yates de grandes dimensiones y sacaremos una relación estadística de la relación eslora/calado. Basándonos en los datos del proyecto denominado *Diseño Preliminar de un Yate de 40 m de eslora*, podemos obtener los siguientes datos:

Embarcación	Eslora (m)	Eslora entre pp (m)	Manga (m)	Calado (m)
Mina	46	40	9	2,28
Northern Light	46	41	9,08	2,95
Sanora	44	38,8	8,4	2,9
Free Spirit	43,9	39,6	9,3	2,8
Sheergold	42	36,65	8,02	2,5
AMZ	42	35,5	7,92	1,5
Ad Lib	40	34	8,5	1,89
Solaia	40	36,36	8,6	2,7
Perle Bleue	38	3,	8	2,1
Alumercia	37,7	33,5	8,4	2,4
Marscha Kay	35,96	30,72	8,2	1,83
Delicious	35,84	30,69	7,25	1,83
Bonita J	34	29,4	7,6	2,3

Tabla 4. Datos utilizados para el análisis estadístico. Fuente: "Diseño Preliminar de un Yate de 40 m de eslora".

De la tabla, se obtiene la siguiente relación Eslora/Calado:

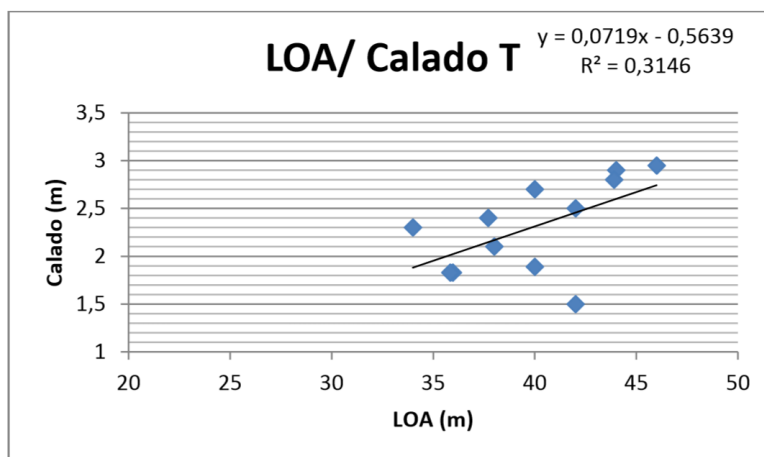


Tabla 5. Análisis estadístico del calado. Fuente: "Diseño Preliminar de un Yate de 40 m de eslora".

Sustituyendo en la ecuación, para una eslora de 40 metros tendríamos un calado de 2,31 m. Siguiendo la misma metodología y obteniendo la relación eslora/manga, se obtiene que la manga para un yate de 40 m es de 8,27 m. La eslora entre perpendiculares será de 34,97 m.

Estudio de Soluciones de las Obras de Atraque y Reordenación Interior del Puerto de Jávea

3. Publicaciones PIANC de superyates: En la publicación *Design and operational guidelines for superyacht facilities* encontramos la siguiente tabla con la geometría de yates de gran eslora:

Vessel LOA (m)	Mean Draft (m)	Mean Width (m)	Underwater Beam Area (sq m) A	Underwater Head Area (sq m) B
25 - 35	2.5	6.8	65	17
35 - 45	2.8	8.3	100	22
45 - 55	3.0	9.6	130	30
55 - 65	3.2	10.2	190	33
65 - 75	3.4	10.6	205	36
75 - 85	3.7	12.2	260	45

A – used for estimating current forces perpendicular (beam) to the vessel
B – used for estimating current forces longitudinal (head) to the vessel

Tabla 6. Dimensiones de las embarcaciones por eslora. Fuente: “Design and operational guidelines for superyacht facilities”.

Como se observa, para un yate de 40 m de eslora el calado es de 2,8 m y la manga de 8,3 m. De la eslora entre perpendiculares no se tienen datos.

En conclusión, las dimensiones de nuestro buque tipo serán las siguientes:

Embarcación	Eslora (m)	Manga (m)	Calado (m)	Eslora pp (m)
ROM 2.0-11	40	9	4	35
Método estadístico	40	8,27	2,31	34,97
PIANC	40	8,3	2,8	-
BUQUE DISEÑO	40	9	4	35

Tabla 7. Resumen de las medidas del buque diseño. Fuente: Elaboración propia.

2.3. Radio de giro

El radio de giro es un parámetro fundamental en la organización interior de las dársenas del puerto. Atendiendo a la ROM 3.1-99, en el cálculo del radio de giro de un buque, encontramos la siguiente tabla:

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

Tabla 8. Radios de Giro. Fuente: ROM 3.1-99.

Estudio de Soluciones de las Obras de Atraque y Reordenación Interior del Puerto de Jávea

Siguiendo dicha tabla, nos encontraríamos en aproximadamente en la situación de 1,5D quedando así el radio de giro mínimo:

$$R = 7 * L_{pp} = 7 * 35 = 245 \text{ m}$$

No obstante, este radio de círculo corresponde con el que debería tener un buque de carga, y en este caso, resulta sobredimensionado, pues incluso se saldría del puerto.

Por lo tanto, para calcular el radio de giro de un yate de 40 m, recurriremos a la publicación “*PIANC Design and operational guidelines for Superyacht facilities*”, en la que se indica que cualquier yate con ayuda de motor para el estacionamiento deberá tener un círculo de maniobra con un diámetro igual a 1,3 L. En el caso de no tener esta ayuda, este diámetro aumentaría hasta 3,5 L. También cita que hoy en día, prácticamente todos los yates de gran eslora poseen de este tipo de ayuda, aun así, se revisará antes de la entrada de los yates al puerto que las embarcaciones están dotadas de esta tecnología.

Finalmente, el radio de giro será:

$$R = \frac{1,3 L}{2} = 1,3 * 40 * 0,5 = 26 \text{ m}$$

En la siguiente imagen, se puede observar como los radios de giro son respetados con la nueva reordenación:

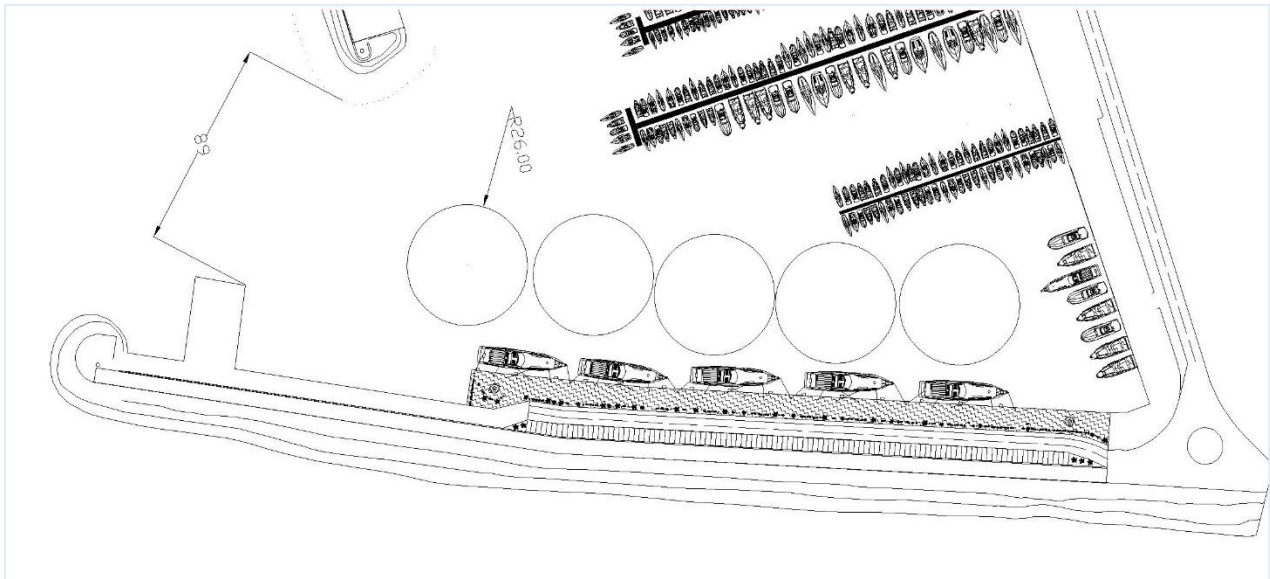


Imagen 4. Círculos de maniobra. Fuente: Elaboración propia.

2.4. Diseño en planta de la bocana

Para dimensionar en planta la bocana, es decir, la anchura de la misma, se empleará la ROM 3.1-99. En este documento, se calcula la anchura de vía de navegación, medida perpendicularmente al eje longitudinal de la vía, mediante la suma de los siguientes términos:

$$B_t = B_n + B_R$$

Estudio de Soluciones de las Obras de Atraque y Reordenación Interior del Puerto de Jávea en 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. Como se indica en la norma, a falta de criterios específicos, se mantendrá una reserva de espacio de $2,5B$.

Además, cabe añadir que “la anchura total « B_t » se medirá en el punto más estrecho de la sección transversal de la vía de navegación” que, en nuestro caso, será el pie del talud del contradique y la esquina del bloque de hormigón del dique principal (Imagen 4).

El cálculo de esta anchura necesaria, se realiza mediante métodos deterministas, para canales de entrada con un carril de navegación recto (se controlará la entrada de los yates para no ocasionar cruces de los mismos) con condiciones climáticas constantes a lo largo de toda la traza:

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

en dónde:

- B = manga de la embarcación máxima, en nuestro caso, del buque diseño.

$$B = 9,0 \text{ m}$$

- b_d = sobreancho de la senda del buque, producido por la navegación con un determinado ángulo de deriva, en relación con el eje de vía navegable.

$$b_d = L_{pp} \cdot \sin \beta$$

En este caso, β es el ángulo de deriva, para el cual se tomará la recomendación indicada en la siguiente tabla:

	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°

Tabla 9. Ángulos de deriva. Fuente: ROM 3.1-99.

$$\beta = 10^\circ$$

$$b_d = 35 \cdot \sin 10 = 6,08 \text{ m}$$

- b_e = sobreancho por errores de posicionamiento.

Puesto que los yates tendrán un amarre propio en el puerto, se considerará que el capitán del barco tiene experiencia en el emplazamiento, quedando:

	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°

Tabla 10. Tabla para los sobreanchos por errores de posicionamiento. Fuente: ROM 3.1-99.

$$b_e = 10 \text{ m}$$

- b_r = 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.

$$b_r = (1,5 - E_{\text{máx}}) \cdot b_{ro}$$

siendo:

- $E_{\text{máx}}$ = Riesgo Máximo admisible. En este caso se considera bajo, es decir, igual a 0,5 (riesgo de pérdidas humanas reducido y coste de reparación reducido)
- b_{ro} = Sobreancho para respuesta correspondiente a un valor de $E_{\text{máx}} = 0,5$. Se considera la maniobrabilidad del buque buena, por lo tanto, es igual a $0,1 \cdot B$.

$$b_r = (1,5 - 0,5) \cdot (0,1 \cdot 9) = 0,9 \text{ m}$$

- b_b = sobreancho para cubrir el error que pudiera derivarse de los propios sistemas de balizamiento. Aunque la señalización es fija en la bocana, se tomará 1 m por seguridad.
- 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.

Estudio de Soluciones de las Obras de Atraque y Reordenación Interior del Puerto de Jávea

- 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.

Entrando en la tabla, se obtiene:

	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	$0.4 B$	$0.2 B$	$0.6 B$

Tabla 11. Márgenes de seguridad horizontales. Fuente: ROM 3.1-99.

$$rh_{sm} = 0.4B = 0.4 \cdot 9 = 3,6 \text{ m}$$

$$rh_{sd} = 0.6B = 0.6 \cdot 9 = 5,4 \text{ m}$$

Con estos valores, entrando de nuevo en la fórmula se obtiene el siguiente resultado de ancho de bocana para un buque de 40 m de eslora:

$$B_n = 9 + 6,08 + 2 \cdot (10 + 0,9 + 1) + (3,6 + 5,4) + (3,6 + 5,4) = 56,88 \text{ m}$$

$$B_r = 2,5B = 2,5 \cdot 9 = 22,5 \text{ m}$$

$$B_t = 56,9 + 22,5 = 79,4 \text{ m}$$

La anchura de la bocana del puerto actualmente es de 90 m, por lo tanto, se considerará suficiente puesto que se ha tomado un criterio de seguridad bastante elevado. Además, se controlará la salida y entrada de los yates para prevenir cualquier incidente.

Esta será la dimensión exigida por la ROM, no obstante, a continuación se comparan con las recomendaciones a nivel internacional:

- **USA3:** Para la anchura de bocana, se recomienda $5 \cdot B$ metros, dónde B es la manga del buque de cálculo. En este caso:

$$B_t = 5 B = 5 \cdot 9 = 45 \text{ m}$$

Se cumple con creces esta limitación.

- **UK1:** Para la anchura de bocana, se recomienda $(L+2)$ metros, dónde L es la eslora del buque de cálculo, siempre que esta dimensión sea superior a los 20 metros. En este caso:

$$B_t = L + 2 = 40 + 2 = 42 \text{ m}$$

También se cumple con creces esta limitación.

2.5. Diseño en alzado de la bocana

Para el cálculo del calado necesario en la bocana, se utilizará de nuevo la ROM 3.11-99, en concreto el apartado de *Requerimientos en alzado*, donde encontramos la siguiente tabla de recomendaciones:

		11
— Antepuertos, fondeaderos y vías de navegación exteriores. Bocanas de puertos		
• Abrigados por la forma de la costa		1,10 C
• Poco abrigados		1,20 C
• Desabrigados con oleajes $H_s < 1.00 \text{ m}$		1,30 C
• Totalmente desabrigados con oleajes $H_s \geq 2.00 \text{ m}$		1,50 C
— Vías de navegación interiores		
• Abrigadas		1,10 C
• Poco abrigadas		1,15 C

Tabla 12. Requerimientos de calado. Fuente: ROM 3.1-99.

La bocana del puerto de Jávea se considerará una zona desabrigada con oleajes $H_s < 1 \text{ m}$, quedando de este modo:

$$D_{boc} = 1.3 \cdot C = 1.3 \cdot 4.0 = 5.2 \text{ m}$$

Otras recomendaciones para el calado de la bocana son:

- **Distancia mínima según ROM 3.1-99:** la distancia mínima debajo de la quilla para embarcaciones deportivas será de 0,3 m, lo que daría un calado mínimo en la bocana de 4,3 m.
- **ES1:** La profundidad será la mayor de entre 4,5 y 1,3D; en este caso, 5,2 m.

Consultando en la página de la Generalitat (<http://www.habitatge.gva.es>), se observa que la profundidad es de 5 m. Por lo tanto, se mantendrá una profundidad de 5,5 m en todo el canal de acceso de los grandes yates, así como en la bocana. En el nuevo muelle, como se desarrollará con más detalle en el Anejo 3, necesitaremos que el dragado llegue hasta la cota -7m para posteriormente ejecutar una banquetta de 1,5 m de espesor. Dados los márgenes de seguridad con los que se ha obtenido los resultados, se considera aceptable el nivel de seguridad que se obtendrá. Además, se limitará la navegación cuando tengamos alturas de ola elevadas, para reducir el riesgo.

2.6. Diseño en planta del canal de acceso

Para los canales interiores se calculará el más limitante, es decir, el de los yates de 40 m de eslora. Las anchuras requeridas para esloras menores se obtendrán de la tabla que aparece en las *Recomendaciones para el diseño de puertos deportivos en la región de Murcia*, donde ya se han calculado para barcos de hasta 24 m:

L (m)	B (m)	B _{ci} ROM	B _{ci} ES1	B _{ci} UK1	B _{ci} (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

Tabla 13. Anchura de los canales interiores. Fuente: “Recomendaciones para el diseño de puertos deportivos en la región de Murcia”.

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:

- **ES1:** 20 metros
- **UK1 y USA3:** 1,5·L metros, siendo L la eslora del buque con mayor longitud capaz de utilizar el área al cual dicho canal interior da servicio. En el caso de fuertes vientos o corrientes cruzadas, la anchura mínima del canal interior se ampliaría hasta 1,75·L, aunque no es el caso.

$$B_{ci0} = 1,5L = 1,5 \cdot 40 = 60 \text{ m}$$

- **ROM 3.1-99:** la calculada anteriormente en el ancho de bocana, es decir, 89 m.

Como se puede ver, la anchura más limitante será la de la norma española, así que deberemos asegurar un canal interior de 89 m para la circulación de los grandes yates.

2.7. Diseño en alzado del canal de acceso

Para el diseño en alzado de los canales interiores se seguirá el mismo procedimiento que con la planta, teniendo para pequeñas esloras:

L (m)	D (m)	D _{ci} ROM fondos limosos o arenosos	D _{ci} ROM fondos rocosos	D _{ci} ES1	D _{ci} (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

Tabla 14. Profundidad requerida en canales interiores. Fuente: "Recomendaciones para el diseño de puertos deportivos en la región de Murcia".

Para la profundidad del canal del buque de diseño, se escogerá la mayor de:

- **ES1:** la profundidad será la mayor entre 3,5 m y 1,25 D siendo D el calado del buque de diseño.

$$D_{ci} = 1,25D = 1,25 \cdot 4 = 5 \text{ m}$$

- **ROM 3.11-99:** para los canales interiores, tomando el valor recomendado en la Tabla 11 el calado será de 1,1D.

$$D_{ci} = 1,1D = 1,1 \cdot 4 = 4,4 \text{ m}$$

Por lo tanto, el calado para el canal interior de mayor tamaño será de 5 m, aunque como ya hemos dicho, por motivos de seguridad dragaremos hasta conseguir una profundidad de 5,5 m.

3. Conclusión final

Las medidas finales de la bocana y del canal interior de acceso se adjuntan en la siguiente tabla:

Parámetro	Existente	Nuevo
Anchura bocana	89	89
Anchura carril interior	42	70
Calado bocana	5	5,5
Calado carril interior	5	5,5
Orientación bocana	SW	SW
Radio de giro	-	26

Tabla 15. Resumen de los requerimientos de la nueva distribución. Fuente: Elaboración propia.

