

ROM 3.1-99

**PROYECTO DE LA CONFIGURACION
MARITIMA DE LOS PUERTOS; CANALES
DE ACCESO Y AREAS DE FLOTACION**

**OBRAS
MARITIMAS**
TECNOLOGIA



Puertos del Estado



2000

PREFACIO

Con la publicación de las Recomendaciones para el «Proyecto de la Configuración Marítima de los Puertos; Canales de Acceso y Áreas de Flotación» (ROM 3.1-99), PUERTOS DEL ESTADO hace realidad uno de los Códigos previstos en 1987, cuando se inició el Programa ROM (Recomendaciones de Obras Marítimas) por orden de la antigua Dirección General de Puertos y Costas del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

Estas nuevas Recomendaciones refuerzan el concepto de operatividad portuaria, como base para el establecimiento de criterios de proyecto de la configuración marítima de los puertos, sus accesos y áreas de flotación. Por tanto, la ROM 3.1-99 no solamente fija requisitos ineludibles de seguridad marítimo-portuaria, sino que además pretende garantizar unas condiciones mínimas de navegación y maniobrabilidad de los buques en aguas portuarias y en definitiva, contribuir a la optimización del régimen de explotación de las diferentes áreas portuarias que atienden al tráfico de buques.

En este sentido, la presente ROM 3.1-99 tiene como finalidad principal el proyecto y construcción de la configuración marítima de los puertos, sus accesos y áreas de flotación. Aunque no constituye un Reglamento de Explotación Marítima de estas áreas, la ROM 3.1-99 puede emplearse fácilmente para esta finalidad, teniendo en cuenta el hecho de que la configuración marítima de los puertos ha de garantizar las condiciones límites de operación que se establezcan para las distintas maniobras de los buques en aguas portuarias.

Con este objetivo, la ROM 3.1-99, dentro de su ámbito de aplicación, se hace eco del importante esfuerzo renovador de carácter metodológico que PUERTOS DEL ESTADO ha afrontado para el conjunto del Programa ROM y uno de cuyos puntales es precisamente la compatibilización de los requisitos de seguridad con los de funcionalidad. El dimensionamiento en alzado y en planta de las zonas de navegación y maniobra de los buques en los puertos, requiere tener en cuenta tanto las acciones externas previstas durante el período de servicio de tales zonas, como los tráfico y tipologías de buques previsibles, circunstancia que aporta al contenido de la presente ROM 3.1-99 una visión funcional más adaptable al proceso de planificación integral de la obra marítimo-portuaria.

Estas Recomendaciones reflejan pues este esfuerzo modernizador y hacen uso de todo el rico caudal tecnológico actualmente existente en materia de maniobrabilidad de buques y de la interacción de estos con el medio físico (vientos, oleajes y corrientes). En este sentido, se abre una vía adecuada para el empleo racional de métodos probabilísticos, técnicas de simulación y ensayos en modelo reducido para una completa caracterización de las maniobras más frecuentes de operación de buques en los puertos.

La utilización de la tecnología más avanzada en el campo marítimo-portuario para el diseño de los accesos y las áreas de flotación, permite plantear una metodología de cálculo adaptable a los objetivos y recursos disponibles por parte del usuario de estas Recomendaciones, ya sea éste planificador, proyectista o constructor, sin menoscabo de fijarse unos requerimientos mínimos con carácter general. De esta forma, la ROM 3.1-99 se configura como un instrumento abierto en el que se proponen líneas avanzadas de cálculo, coherentes con las disposiciones generales de los principales organismos internacionales (OMI, AISM...) y comprometidas con el logro de un alto nivel de seguridad y operatividad en nuestras aguas portuarias.

Madrid, junio de 2000.

JOSÉ LLORCA ORTEGA
Presidente de Puertos del Estado

INDICE GENERAL

INTRODUCCION	13
PARTE 1. GENERAL	17
1.1. AMBITO DE APLICACION	23
1.2. CONTENIDO	23
1.3. DEFINICIONES	24
1.4. SISTEMAS DE UNIDADES	37
1.5. NOTACIONES	37
1.6. REFERENCIAS DOCUMENTALES	37
PARTE 2. CRITERIOS GENERALES DE PROYECTO	55
2.1. FASES DE PROYECTO	61
2.2. VIDA UTIL	62
2.3. ELEMENTOS QUE DEFINEN UN AREA DE NAVEGACION Y FLOTACION	62
2.4. CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO	64
2.5. CRITERIOS DE VALORACION DE DIMENSIONES GEOMETRICAS	66
2.6. VALORACION DE CASOS ACCIDENTALES	70
PARTE 3. CARACTERISTICAS DE MANIOBRABILIDAD DE LOS BUQUES	71
3.1. BUQUE DE PROYECTO	79
3.2. FACTORES QUE AFECTAN A LA MANIOBRABILIDAD DE LOS BUQUES	84
3.3. SISTEMAS DE PROPULSION	85
3.4. ACCION DEL TIMON	94
3.5. ACCION COMBINADA DE HELICE Y TIMON	97
3.6. ACCION DE LAS HELICES TRANSVERSALES	99
3.7. ACCION DE LAS AMARRAS	100

3.8.	ACCION DEL ANCLA Y LA CADENA	101
3.9.	OTRAS CARACTERISTICAS DE MASA E INERCIA DEL BUQUE QUE INCIDEN EN SU MOVIMIENTO	103
PARTE 4.	ACCIONES EXTERNAS SOBRE EL BUQUE	105
4.1.	ACCION Y EFECTOS DEL VIENTO	113
4.2.	ACCION Y EFECTOS DE LA CORRIENTE	117
4.3.	ACCION Y EFECTO DEL OLEAJE	119
4.4.	EFECTOS DE LOS TEMPORALES	123
4.5.	EFECTO DE LAS BAJAS PROFUNDIDADES	123
4.6.	EFECTO DE SUCCION Y RECHAZO DE LAS ORILLAS	124
4.7.	EFECTO DE CRUCE DE BUQUES	124
4.8.	EVALUACION DE LAS ACCIONES EXTERNAS SOBRE EL BUQUE	124
PARTE 5.	REMOLCADORES	141
5.1.	FUNCIONES DE LOS REMOLCADORES	149
5.2.	TIPOS DE REMOLCADORES	149
5.3.	SISTEMA DE PROPULSION Y GOBIERNO DE LOS REMOLCADORES	150
5.4.	CARACTERISTICAS FUNDAMENTALES DE LOS REMOLCADORES	158
5.5.	FORMAS DE ACTUACION DE LOS REMOLCADORES	159
5.6.	ACCION DE LOS REMOLCADORES	161
5.7.	DETERMINACION DE LAS NECESIDADES DE REMOLCADORES	162
5.8.	ELEMENTOS DE REMOLQUE	164
PARTE 6.	NAVEGACION Y MANIOBRAS DE BUQUES	167
6.1.	INTRODUCCION	173
6.2.	CURVAS EVOLUTIVAS	173
6.3.	EXTINCION NATURAL Y FORZADA DE LA ARRANCA- DA DEL BUQUE (PARADA DEL BUQUE)	185
6.4.	ESTUDIOS DE MANIOBRAS	189

PARTE 7.	REQUERIMIENTOS EN ALZADO	191
7.1.	ALCANCE DEL CAPITULO	199
7.2.	DETERMINACION DE PROFUNDIDADES DE AGUA DE LAS AREAS DE NAVEGACION Y FLOTACION	199
7.3.	GALIBO SOBRE AREAS DE FLOTACION	232
7.4.	NIVELES DE CORONACION DE MUELLES	235
PARTE 8.	REQUERIMIENTOS DE PLANTA	237
8.1.	ALCANCE DEL CAPITULO	247
8.2.	DISPOSICIONES GENERALES SOBRE ORGANIZACION DEL TRAFICO MARITIMO	248
8.3.	DETERMINACION DE LA CONFIGURACION Y DIMEN- SIONES EN PLANTA DE LAS AREAS DE NAVEGACION Y FLOTACION	249
8.4.	VIAS DE NAVEGACION	250
8.5.	BOCANAS DE PUERTOS	287
8.6.	AREAS DE MANIOBRA	289
8.7.	FONDEADEROS	306
8.8.	AMARRADEROS Y CAMPOS DE BOYAS	316
8.9.	CONDICIONES COMUNES APLICABLES A VIAS DE NAVEGACION, AREAS DE MANIOBRAS, FONDEA- DEROS, ANTEPUERTOS, AMARRADEROS Y CAMPOS DE BOYAS	322
8.10.	DARSENAS Y MUELLES	324
8.11.	INSTALACIONES ESPECIALES	341
8.12.	CONDICIONES LIMITES DE OPERACION	343
PARTE 9.	MODELOS NUMERICOS Y SIMULADORES DE MANIOBRAS DE BUQUES	347
9.1.	OBJETIVOS	353
9.2.	TIPOS DE MODELOS	354
9.3.	FUNDAMENTO DEL MODELO	358
9.4.	PREPARACION DE UN ESTUDIO	364

9.5.	DESARROLLO DE LAS MANIOBRAS SIMULADAS	365
9.6.	ANALISIS DE RESULTADOS	366
9.7.	VENTAJAS E INCONVENIENTES	371
9.8.	METODOLOGIA EMPLEADA EN EL SIMULADOR	372
ANEJO I.	MANIOBRAS DE BUQUES	377
I.1.	NAVEGACION FOR RIOS, CANALES Y VIAS NAVE- GABLES (vientos, oleajes y corrientes de través)	385
I.2.	NAVEGACION EN CURVA EN RIOS O CANALES (co- rriente fuerte en contra)	386
I.3.	NAVEGACION EN CURVA EN RIOS O CANALES (co- rriente fuerte a favor)	387
I.4.	NAVEGACION EN CURVA EN RIOS O CANALES (viento de popa y corriente fuerte a favor)	388
I.5.	FRANQUEAR PASOS ANGOSTOS EN UNA VIA NAVE- GABLE (vientos, oleajes o corrientes transversales al eje de la vía)	389
I.6.	FRANQUEAR PASOS ANGOSTOS EN UNA VIA NAVE- GABLE (vientos, oleajes o corrientes transversales al eje de la vía). Maniobra alternativa	390
I.7.	GIRAR UN BUQUE DE UNA SOLA HELICE EN ESPA- CIOS REDUCIDOS (Tiempo calmo: condiciones cli- máticas que no afecten significativamente a la ma- niobra)	391
I.8.	GIRAR UN BUQUE DE UNA SOLA HELICE EN ESPA- CIOS REDUCIDOS (viento fuerte de proa)	392
I.9.	GIRAR UN BUQUE DE UNA SOLA HELICE EN ESPA- CIOS REDUCIDOS (viento fuerte de traves de estri- bor o de la amura de estribor)	393
I.10.	GIRAR UN BUQUE DE UNA SOLA HELICE EN ESPA- CIOS REDUCIDOS (viento fuerte de través de babor o de la amura de babor)	394
I.11.	GIRAR UN BUQUE DE UNA SOLA HELICE EN ESPA- CIOS REDUCIDOS (viento fuerte de la aleta de estri- bor o de la aleta de babor)	395
I.12.	GIRAR UN BUQUE DE UNA SOLA HELICE EN ESPA- CIOS REDUCIDOS (viento fuerte de popa)	396

I.13.	GIRAR UN BUQUE DE DOS HELICES EN ESPACIOS REDUCIDOS (Tiempo calmo: condiciones climáticas que no afecten significativamente a la maniobra, o viento fuerte en cualquier dirección)	397
I.14.	GIRAR UN BUQUE EN ESPACIOS REDUCIDOS CON UN REMOLCADOR (Tiempo calmo: condiciones climáticas que no afecten significativamente a la maniobra)	398
I.15.	GIRAR UN BUQUE EN ESPACIOS REDUCIDOS CON UN REMOLCADOR (vientos, oleajes o corrientes fuertes)	399
I.16.	GIRAR UN BUQUE EN ESPACIOS REDUCIDOS CON DOS O MAS REMOLCADORES (vientos, oleajes o corrientes en cualquier dirección)	400
I.17.	GIRAR UN BUQUE EN ESPACIOS REDUCIDOS CON DOS O MAS REMOLCADORES (vientos, oleajes o corrientes en cualquier dirección). Maniobras alternativas	401
I.18.	FONDEAR UN BUQUE CON UN SOLO ANCLA (fondeo en tiempo calmo con arrancada avante)	402
I.19.	FONDEAR UN BUQUE CON UN SOLO ANCLA (fondeo en tiempo calmo con arrancada atrás)	403
I.20.	FONDEAR UN BUQUE CON UN SOLO ANCLA (viento fuerte)	404
I.21.	FONDEAR UN BUQUE CON UN SOLO ANCLA (corriente fuerte)	405
I.22.	FONDEAR UN BUQUE CON DOS ANCLAS A LA ENTRANTE Y VACIANTE (vientos o corrientes actuando en la misma dirección pero alternativamente en sentidos opuestos)	406
I.23.	FONDEAR UN BUQUE CON DOS ANCLAS A BARBAS DE GATO (vientos o corrientes en cualquier dirección, preferentemente transversales a la alineación de las anclas)	407
I.24.	SALIR DE UN FONDEADERO CON UN SOLO ANCLA (Tiempo calmo: condiciones climáticas que no afectan significativamente a la maniobra) o con viento	408
ANEJO II.	ASPECTOS TECNICOS DE LA RESOLUCION A.572 (14) DE LA OMI	409
II.1.	OBJETIVOS	417

II.2	DEFINICIONES	417
II.3.	METODOS	419
II.4.	PLANIFICACION	426
II.5.	CRITERIOS DE CONCEPCION	427
II.6.	AJUSTES TEMPORALES DE LOS DISPOSITIVOS DE SE- PARACION DEL TRAFICO	429
II.7.	UTILIZACION DE LOS SISTEMAS DE ORGANIZACION DEL TRAFICO	431
II.8.	REPRESENTACION EN LAS CARTAS	432

INTRODUCCION

Las Recomendaciones para el «Proyecto de la Configuración Marítima de los Puertos; Canales de Acceso y Áreas de Flotación» (ROM 3.1-99), se inscriben en el Programa ROM de Recomendaciones de las Obras Marítimas emprendido por Puertos del Estado. El programa se inició en 1987 con la constitución de la primera Comisión Técnica. El mandato de la misma era redactar un conjunto de recomendaciones que reunieran la tecnología más avanzada en el campo de la ingeniería marítima y portuaria y que se constituyeran en instrumento técnico para proyectistas, supervisores y constructores, facilitando a los distintos entes del Estado y a las empresas privadas con competencias o intereses en la ingeniería marítima el fácil acceso a la información especializada necesaria para el desarrollo de los trabajos.

La formación de Comités Técnicos con algunos de los especialistas más reconocidos en cada campo de la ingeniería marítima y portuaria, garantiza el proceso como mecanismo para la consolidación de la experiencia y tecnología portuarias existentes en España, y como punto de partida para desarrollos futuros.

Hasta la fecha, la ROM se ha convertido en un instrumento de uso generalizado por parte de las Autoridades Portuarias, Gobiernos Autónomos, organismos y empresas con intereses en la ingeniería marítima, así como en las Escuelas de Ingeniería Civil Españolas. Su difusión tiene actualmente un alcance internacional, sobre todo en Europa y Latinoamérica, al servir a algunas de las Autoridades Portuarias y Organismos con competencias portuarias de otros países como documentos base para la definición de los criterios técnicos y niveles de calidad y de seguridad exigibles en sus obras de infraestructura.

Desde la edición en 1990 de la primera Recomendación del Programa ROM, se han publicado y están en vigor las siguientes Recomendaciones:

- ROM 0.2-90. Acciones en el Proyecto de Obras marítimas y Portuarias*.
- ROM 0.3-91. Acciones Climáticas I: Anejo I: Clima Marítimo en el Litoral Español*.
- ROM 0.4-95. Acciones Climáticas II: Viento.
- ROM 0.5-94. Recomendaciones Geotécnicas para Obras Marítimas*.
- ROM 3.1-99. Recomendaciones para el Proyecto de la Configuración Marítima de los Puertos; Canales de Acceso y Áreas de Flotación.
- ROM 4.1-94. Recomendaciones para el Proyecto y Construcción de Pavimentos Portuarios*.

La ROM 3.1-99 para el «Proyecto de la Configuración Marítima de los Puertos; Canales de Acceso y Áreas de Flotación» ha sido redactada por la Comisión Técnica designada al efecto por la Presidencia de Puertos del Estado, bajo responsabilidad orgánica de la Dirección de Planificación y Control de Gestión. Los miembros de dicha Comisión y los organismos a los que pertenecen son los siguientes:

Presidente:	José Luis Estrada	Puertos del Estado
Secretaría del Programa:	José Llorca Ortega	Puertos del Estado
Asesor del Programa:	Francisco Esteban Rguez. Sedano	Puertos del Estado
Ponencia:	Carlos Sanchidrián	ALATEC, S. A.

* Disponible en versión inglesa.

Vocales:	Arturo Aguado	Puertos del Estado
	Antonio Baquero Mayor	Canal de Experiencias Hidrodinámicas de El Pardo, Ministerio de Defensa
	Daniel Blanco	Autoridad Portuaria de Avilés
	Rufino Bocanegra	Autoridad Portuaria Bahía de Algeciras
	Luis Francisco Burgos	Dirección General Marina Mercante
	Manuel Gravalos	Asociación Europea de Prácticos
	José Ramón Iribarren	Centro de Estudios de Puertos y Costas-CEDEX
	Ramón Juanola	Autoridad Portuaria de Tarragona
	Jaime Lobo	Autoridad Portuaria de Huelva
	Antonio Molinero Gutiérrez	Dirección General Marina Mercante
	Carlos París	Dragados y Construcciones, S. A.
	Antonio Pérez	Autoridad Portuaria de Barcelona
	Eloy Pita Carpenter	Puertos del Estado
	Javier Rodríguez Besné	Puertos del Estado
	Antonio Semprún	Argonia
	Pedro Vindel	Autoridad Portuaria de Cartagena
Javier Uzcanga	Autoridad Portuaria de Bilbao	

La ROM 3.1-99 de Recomendaciones para el «Proyecto de la Configuración Marítima de los Puertos; Canales de Acceso y Áreas de Flotación» refuerza la operatividad portuaria como elemento de referencia básico, junto a la seguridad, a la hora de establecer los criterios de dimensionamiento, proyecto y construcción de obras marítimo-portuarias. Para ello, se hace hincapié en los factores, acciones y efectos que afectan a la maniobrabilidad de los buques en aguas portuarias, desde dos vertientes:

- Desde la vertiente del propio buque, se establecen los parámetros necesarios para definir el Buque de Proyecto y los factores propios que inciden en su maniobrabilidad, en particular, su sistema de propulsión, las acciones del timón, amarras, anclas y cadenas y otras características relevantes de masa e inercia.
- Desde la vertiente del medio físico, se establecen las pautas para determinar las acciones y efectos del viento, la corriente y el oleaje, así como los efectos de los temporales, las bajas profundidades, la succión y rechazo de las orillas y el cruce de buques.

Por su parte, la importancia que tienen los remolcadores en la operativa portuaria y consiguientemente en el diseño en planta y alzado de las zonas de maniobras, ha exigido dedicar un capítulo específico a los mismos, en el que, junto a los elementos característicos y sistemas de propulsión de los remolcadores, se fijan los procedimientos para calcular las acciones de remolque y las necesidades de los mismos a lo largo del proceso de llegada o salida de buques a un puerto, en función de la dimensión de las dársenas y las condiciones límite de operatividad adoptadas.

La acción conjunta de los factores que caracterizan al buque y a su entorno condiciona su curva evolutiva y obliga a un estudio de maniobras que la presente ROM 3.1-99 fija en tres fases: un conocimiento inicial del problema que se plantea para la maniobra, la selección de las maniobras más adecuadas y el estudio de situaciones de emergencia. La consideración de este proceso de caracterización de la maniobrabilidad es básica para fijar los requerimientos en alzado y en planta de la configuración marítima de los puertos.

Desde el punto de vista del alzado, la ROM 3.1-99 fija los requerimientos básicos para las profundidades de agua en las Áreas de Navegación y Flotación, en función de los factores relacionados con el buque, e nivel de aguas y el fondo marino. Asimismo, se establecen también requerimientos para gálibos aéreos sobre áreas de flotación, determinados de manera que permitan la navegación o permanencia de los buques en condiciones de seguridad y para los niveles de coronación de muelles, atendiendo a criterios debidos al nivel de las aguas y de operación de los buques y explotación portuaria en general.

Por su parte, la configuración marítima en planta recoge los criterios para la definición geométrica en planta de las Áreas de Navegación y Flotación de los puertos y otras instalaciones portuarias, ya sean marítimas, fluviales o lacustres. En particular, en función de todos los factores, acciones y efectos considerados, y teniendo en cuenta además las disposiciones generales establecidas al respecto por la Organización Marítima Internacional (OMI), se fijan requerimientos para las siguientes Áreas de Navegación y Flotación:

- Vías de navegación, que comprenden las rutas de navegación, canales de acceso y canales interiores.
- Bocanas de puertos.
- Áreas 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.
- Áreas de emergencia.
- Instalaciones especiales (astilleros, esclusas...).

En términos generales, la línea de modernidad con que se afrontan las presentes Recomendaciones tiene su justificación en la necesidad de perfeccionar un modelo de valoración de la seguridad/riesgo para la obra marítimo-portuaria, que contribuya a fijar criterios cada vez más afinados, en función de la información disponible. Concretamente, el establecimiento de los requisitos mínimos de seguridad responde a una valoración del riesgo que exige la incorporación progresiva de modelos estadísticos para el análisis de funciones multivariantes y el empleo de modelos de simulación que representen con fidelidad la casuística real de la maniobrabilidad de los buques, en función de sus propias características y de las acciones externas que recibe.

En este sentido, la ROM 3.1-99 incorpora un capítulo dedicado a los modelos numéricos y simuladores de maniobra de buques en el que, además de presentarse el estado del conocimiento en esta materia, se analiza su aplicabilidad recomendándose una metodología de empleo de simuladores. Con ello, la ROM 3.1-99 propicia el desarrollo tecnológico, sin menoscabo de recomendar el cumplimiento de unos requerimientos mínimos generales, que deben ser entendidos como «Guía de Buena Práctica» y que, en cualquier caso, no eximen del cumplimiento de otras Normas o Códigos de carácter oficial que pudieran ser de aplicación.

Habida cuenta del fuerte desarrollo tecnológico asociado en particular al campo de la navegación y maniobrabilidad de los buques en aguas portuarias y, en general, a la construcción de modelos probabilísticos y de simulación, este documento se encuentra abierto desde ahora a todas aquellas revisiones que sean necesarias una vez se tenga experiencia probada y contrastada de aplicación o se produzcan avances significativos en el «Estado de Conocimiento». En este sentido, se ofrece la posibilidad de hacer llegar a PUERTOS DEL ESTADO todos aquellos comentarios o sugerencias que se tengan acerca del contenido de las presentes Recomendaciones, a través de la iniciativa EROM, vigente desde el año 1998. La finalidad de esta iniciativa es precisamente consolidar una publicación técnico-científica de carácter semestral, como foro abierto y permanente de intercambio de información y discusión técnica sobre los contenidos, experiencia de aplicación y desarrollo futuro de los documentos ROM publicados hasta la fecha. En cualquier caso, todas aquellas observaciones que se necesiten sobre el programa ROM deberán ser dirigidas a:

ÁREA DE DESARROLLO E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA
DIRECCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS Y SERVICIOS PORTUARIOS

PUERTOS DEL ESTADO
Avda. del Partenón, 10
Campo de las Naciones
28042 MADRID

Tel.: 91 524 55 00
Fax: 91 525 55 04

Madrid, junio de 2000.

