

SERIE

**ENSEÑANZA
DE LA
INGENIERÍA**

SOBRE LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA MARÍTIMA EN LAS ESCUELAS DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Enrique Copeiro del Villar Martínez.
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

RESUMEN

En el presente artículo se examinan algunos aspectos significativos de la práctica profesional de la ingeniería marítima, y de ello se extraen conclusiones en cuanto a la enseñanza en este campo. En concreto se comentan los proyectos de pequeñas y medianas obras costeras, el planeamiento del litoral, las variables ambientales, y los aspectos constructivos de las obras costeras ordinarias.

ABSTRACT

Some significant areas of the ordinary professional practice in Maritime Engineering are examined, with the aim of drawing conclusions about teaching. The following topics are discussed: Design and construction of small and medium-sized coastal structures; Planning of the coastal zone; Environmental variables; Construction of ordinary coastal structures.

1. INTRODUCCIÓN

Las reflexiones que siguen se basan en la experiencia adquirida en una trayectoria profesional que a lo largo de 26 años ha recorrido la mayor parte de las áreas temáticas que desarrollan los ingenieros de Caminos en el ámbito marítimo, y también una buena parte de las situaciones profesionales típicas, siempre dentro de aquel ámbito: Investigación, enseñanza en Escuela de Ingenieros de Caminos y en otros entornos universitarios, Ministerio de Obras Públicas, Laboratorio de Puertos, asesoría de una Administración Autonómica, trabajo en gran empresa consultora, en pequeña empresa consultora, ejercicio libre de la profesión.

Este conjunto de situaciones ha proporcionado a quien escribe un contacto de primera mano relativamente amplio con los ámbitos teórico y práctico en que se desenvuelve actualmente la ingeniería marítima en el país; razón que le ha llevado a aceptar la invitación de redactar el presente artículo. Supuestamente, alguien con un curriculum tan itinerante dentro del ámbito marítimo debería poder aportar algunos puntos de vista útiles al debate sobre la enseñanza en ese ámbito.

El enfoque que se ha dado a este artículo no es la exposición sistemática de un programa de estudios, sino la vía menos exigente, y más amena en principio, de escoger algunos temas significativos, examinar el estado actual de la práctica pro-

**Se admiten
comentarios a este
artículo, que deberán
ser remitidos a la
Redacción de la ROP
antes del 30 de
junio de 1997.**

**Recibido en ROP:
febrero de 1997**

fesional en ese ámbito, y extraer conclusiones de ello con vistas a la enseñanza de esas materias. Naturalmente han sido escogidos temas donde se han detectado deficiencias características y notables, porque de esta manera se revelan áreas en las que resulta especialmente interesante mejorar la enseñanza. Quien escribe no está al corriente de la evolución de la enseñanza en las diversas Escuelas de Ingenieros de Caminos en, digamos, la última decena de años, y el método escogido para este artículo tampoco reflejaría el período más reciente, de modo que las conclusiones que se extraen se refieren a los resultados de la enseñanza de la ingeniería marítima no muy reciente. Pero estas conclusiones pueden ser contrastadas con el estado y las tendencias actuales de la enseñanza en este área, lo que tiene un interés directo.

2. EL PROYECTO DE LAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS OBRAS MARÍTIMAS

El conjunto de proyectos de obras pequeñas y medianas que se realizan en el país es, actualmente, el índice más elocuente de la efectividad de la enseñanza que los alumnos han obtenido en las Escuelas acerca de cómo se proyectan funcional y estructuralmente las obras marítimas. Las grandes obras marítimas son proyectadas por consultoras o instituciones altamente especializadas, y más bien reflejan el nivel profesional de las tales empresas e instituciones, en cuyo ámbito se van formando los ingenieros que trabajan en ellas. Los ingenieros recién salidos de la Escuela que entran en estas empresas son supervisados o dirigidos por ingenieros veteranos en la redacción de proyectos, de manera que existe un control de calidad y un proceso formativo práctico. Pero los proyectos de obras modestas, como un puerto pequeño o mediano, un emisario submarino corriente, un muro de borde marítimo, o una playa artificial pequeña o mediana, en una gran proporción son redactados directamente por ingenieros que no han recibido formación especializada fuera de la Escuela, o la han recibido muy escasamente, y trabajan en pequeños o medianos gabinetes de ingeniería. Generalmente estos gabinetes se mueven profesionalmente en un ámbito geográfico muy limitado y no pueden dedicarse a un solo campo de la ingeniería, sino que tienen que abordar un amplio abanico de campos diversos, lo que les impide la dedicación que requiere el formarse especialmente. Dedicación que, por cierto, en la ingeniería marítima es particularmente exigente por la complejidad de las materias y por la velocidad a la que evoluciona esta rama de la ingeniería, que hace sólo una cincuentena de años estaba todavía verdaderamente en mantillas. De ahí la importancia de que los ingenieros reciban ya en la Escuela información básica suficiente para afrontar con soltura los proyectos de las obras marítimas ordinarias.

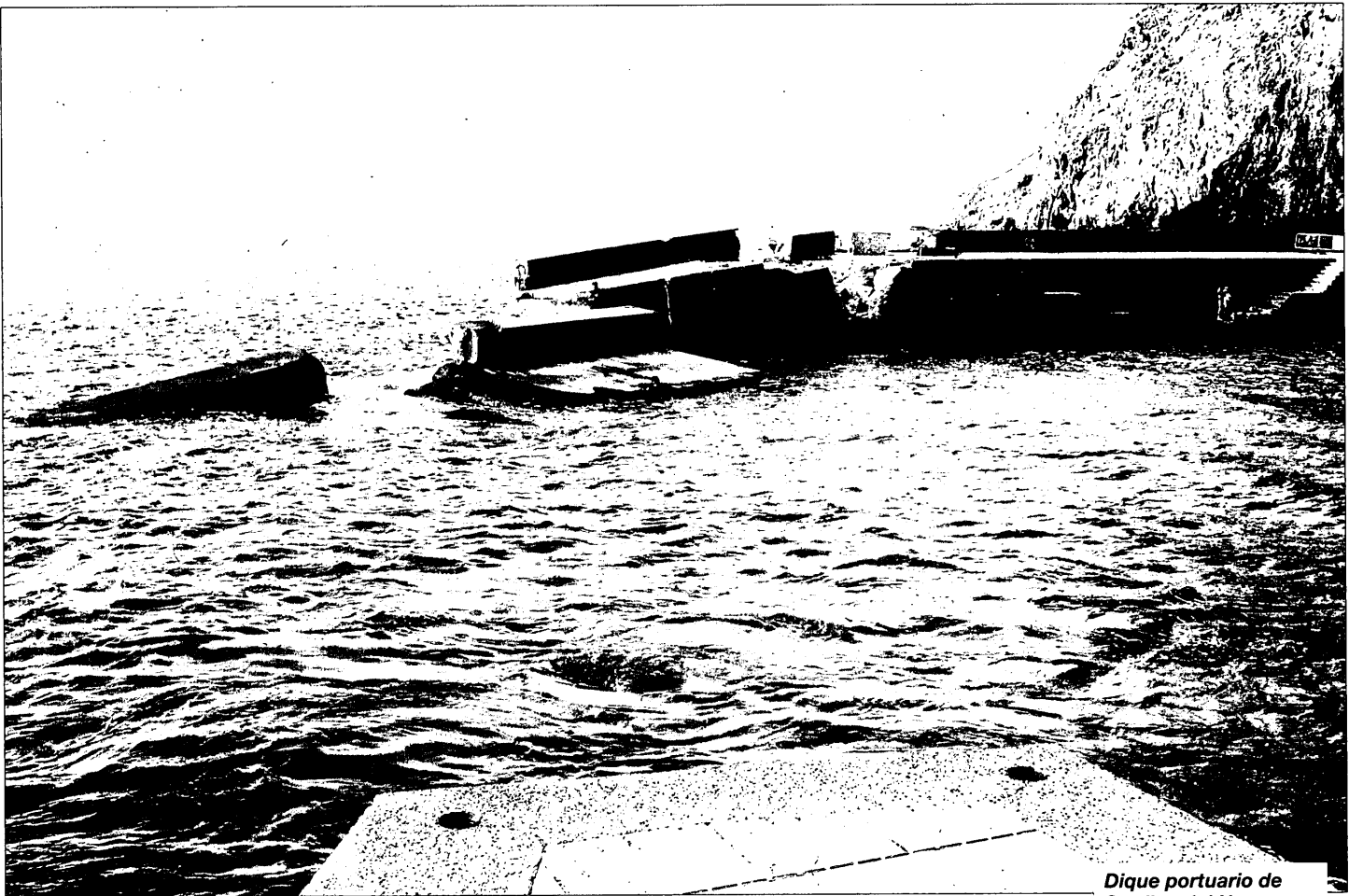
Recientemente el ingeniero que suscribe redactó para la Consejería de Política Territorial del Gobierno de Canarias unas "Directrices del Litoral Canario" (Ref. 1) destinadas a servir de marco a planes y proyectos en el litoral del Archipiélago. Como soporte de las Directrices se llevó a cabo un conjunto de trabajos sectoriales, uno de los cuales consistió en un reconocimiento y diagnóstico de las obras portuarias existentes en la Provincia de Las Palmas, que comprende las islas de Gran Canaria, Fuerteventura y Lanzarote (Refs. 2 y 3). Se trata, en su inmensa mayoría, de pequeñas y medianas obras portuarias, muchas de ellas construidas en el último decenio. Los resultados obtenidos en este trabajo pueden considerarse representativos del estado de cosas en la generalidad del país, ya que los ingenieros que proyectaron estas obras estudiaron en las mismas Escuelas de Ingenieros de Caminos que el resto.

El estudio de reconocimiento de obras portuarias reveló deficiencias serias en una proporción importante de estas obras, bajo los puntos de vista estructural o/y funcional. En particular se descubrió que el conjunto de obras construidas en los últimos años ha resultado especialmente problemático, lo cual ha sido reconfirmado por los nuevos problemas que han experimentado varias de estas obras desde que se elaboró el informe de Reconocimiento. Como consecuencia de ello, se realizó un estudio de diagnóstico en el que se examinaron los procedimientos utilizados en los diversos proyectos y se identificaron las áreas temáticas con deficiencias sistemáticas en el conjunto de proyectos. A partir de estos resultados se elaboró, dentro de las Directrices del Litoral Canario, un Capítulo de directrices específicas para el proyecto de obras portuarias, destinado a elevar la calidad funcional y estructural de las obras portuarias en el Archipiélago.

Los resultados obtenidos en este estudio de la práctica proyectual en pequeñas y medianas obras marítimas son verdaderamente preocupantes. La proporción de proyectos que tienen deficiencias graves es demasiado alta, y estas deficiencias son en general demasiado básicas. De esto se infiere que ha habido un déficit de formación en este ámbito. En relación con ello se plantean las siguientes observaciones:

El tiempo que se dedica a la enseñanza de la ingeniería marítima ha sido hasta el pasado reciente muy escaso, y probablemente lo siga siendo todavía, en las Escuelas de Ingenieros de Caminos. Siendo la ingeniería marítima un campo que, partiendo de un nivel inicial muy rudimentario, ha experimentado una evolución muy importante en las pocas últimas décadas, hay un problema considerable de seleccionar y ordenar secuencialmente la información que se puede y conviene transmitir a los alumnos, curso a curso, en el tiempo disponible.

La cantidad de información que puede asimilarse está muy limitada por la costumbre generalizada de emplear mucho del tiempo y el esfuerzo de aprendizaje en la consideración de los desarrollos matemáticos de los modelos de diferentes tipos que se han venido formulando para la estima de los fenóme-



Dique portuario de Sardina del Norte (Gran Canaria): Tramo construido en 1993-94 y destruido en 1996 por un temporal modesto.

nos en juego. Muchos alumnos pierden de vista la realidad física del litoral y de las obras por estar excesivamente ocupados en asuntos de modelación matemática, asuntos que ya deberían haber sido asimilados con anterioridad, en las clases de las áreas básicas de Matemáticas y Física.

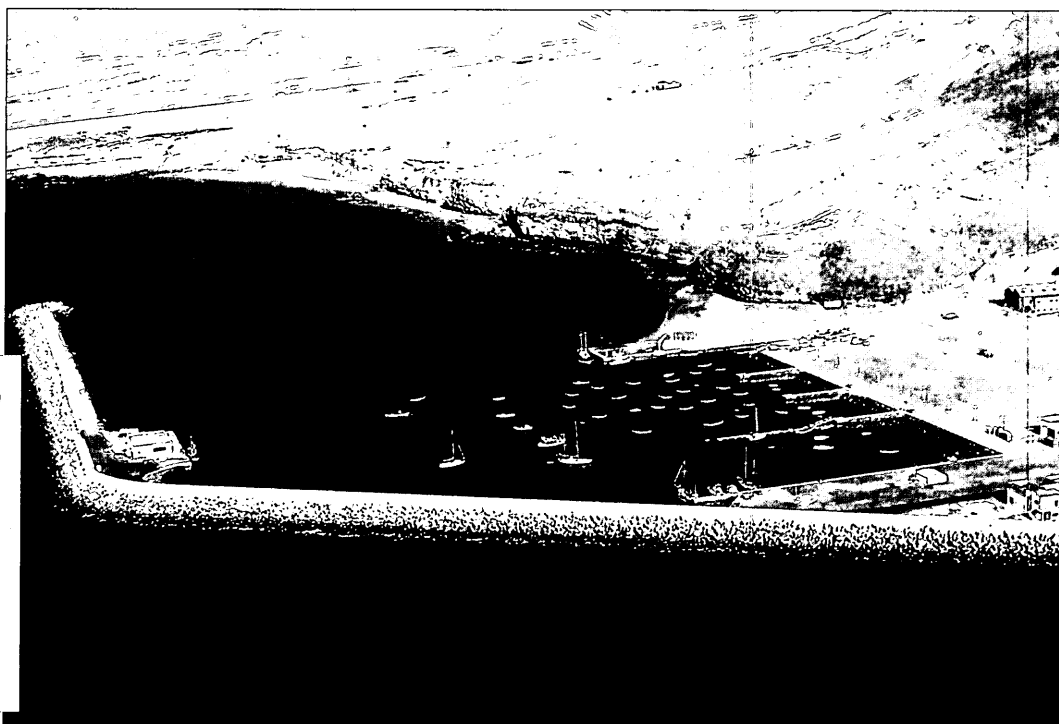
No es admisible que las clases de una especialidad de ingeniería que tiene poco tiempo disponible se conviertan, en buena parte, en clases de ecuaciones diferenciales y estadística. La medida más razonable sería conseguir que en las áreas de Matemáticas y Física se ocuparan de preparar a los alumnos suficientemente en los temas que luego van a encontrarse en la enseñanza especializada. En el caso de la ingeniería marítima esto no plantea en principio problemas especiales, ya que los modelos matemáticos que se emplean en esta especialidad son en general magníficos ejemplos de cómo se tratan clásicamente los desarrollos de cálculo diferencial y de estadística. Estos ejemplos pueden pasar a formar parte del conjunto de modelos con los que se forme a los alumnos en las áreas básicas generales indicadas anteriormente, cumpliendo por una parte eficazmente la función de contribuir a la enseñanza general y, por otro, la función de preparar el terreno para la especialidad de ingeniería marítima.

Por otra parte, la secuencia con que se suministra información a los alumnos tiene una importancia fundamental en la asimilación de las materias. Los aspectos estructurales de las obras marítimas, y muchos de sus aspectos funcionales, no son otra cosa que Física aplicada. Ha sido un defecto muy frecuente en textos de ingeniería marítima y en su enseñanza, tanto en el ámbito internacional como en el nacional, el organizar la información de una manera aproximadamente contraria a la que demanda clásicamente la enseñanza de la Física aplicada. Esto tiene como consecuencia una enseñanza ineficiente.

Quien escribe recuerda muy bien cómo se percató de aquello por la vía de cometer el mismo error que los demás. Durante el año en que se ocupó de la cátedra de ingeniería marítima de la Escuela de Ingenieros de Caminos de Barcelona (1979-80), presentó a los alumnos la información en una secuencia muy parecida a la que había recibido cuando era estudiante, y a la propia de los libros de texto internacionales "modernos" existentes entonces. La secuencia comenzaba con un aprendizaje de los modelos matemáticos que se emplean para



Dique portuario de San Cristóbal (Gran Canaria): Construido en 1989-90 y destruido en gran parte en 1994 por un temporal cuya altura de ola significativa en aguas profundas era $H_{so} = 4,6$ m. El dique había sido proyectado para soportar un oleaje de $H_{so} = 7,3$ m sin daños.



Puerto de Morro Jable (Fuerteventura). Construcción finalizada en 1986. El puerto fué diseñado con la bocana encarando la llegada de la circulación sedimentaria litoral y, además, con un contradique diminuto. Como consecuencia entra arena en el puerto. El problema de invasión sedimentaria es progresivo, inhabilitando o precarizando el uso de parte del área portuaria.



Dique portuario de El Cotillo (Fuerteventura). Construido en 1993. Averiado muy gravemente poco después de su construcción por un temporal ordinario, tuvo que ser reforzado de manera muy importante para evitar su rápida destrucción total, remodelando las secciones del dique en profundidad. A pesar de ello ha sufrido desde entonces problemas recurrentes, y el año pasado otra vez averías serias.

modelar los factores físicos marinos y, después de pasar por un acercamiento progresivo a temas más concretos que incluían temas funcionales y estructurales de las obras marítimas, terminaba con una exposición de lo que son las costas reales y su dinámica. La respuesta de los alumnos fué entre cohibida y reticente al principio, para pasar progresivamente a rutinaria en el tercio central del curso. Pero en el tramo final, cuando recibieron información global y directa sobre la costa y sus circunstancias, el panorama cambió drásticamente. De inmediato apareció un interés explícito de la generalidad de los alumnos. Al poco tiempo un buen número de ellos se mostraron enormemente interesados en volver sobre aquellos modelos físicos y matemáticos de los fenómenos físicos costeros sobre los que anteriormente habían pasado sin atención o refunfuñando. Hubo también una demanda ilusionada de alumnos que deseaban continuar completando su formación en el Departamento de Ingeniería Marítima después de terminar la carrera (demanda a la que, por cierto, no se pudo responder ni en un solo caso por inexistencia de fondos). Ante lo abrumador de la evidencia de haber organizado la información en el sentido inverso al que motivaba a los alumnos, quien escribe no pudo por menos que recordar que él mismo había tenido exactamente la

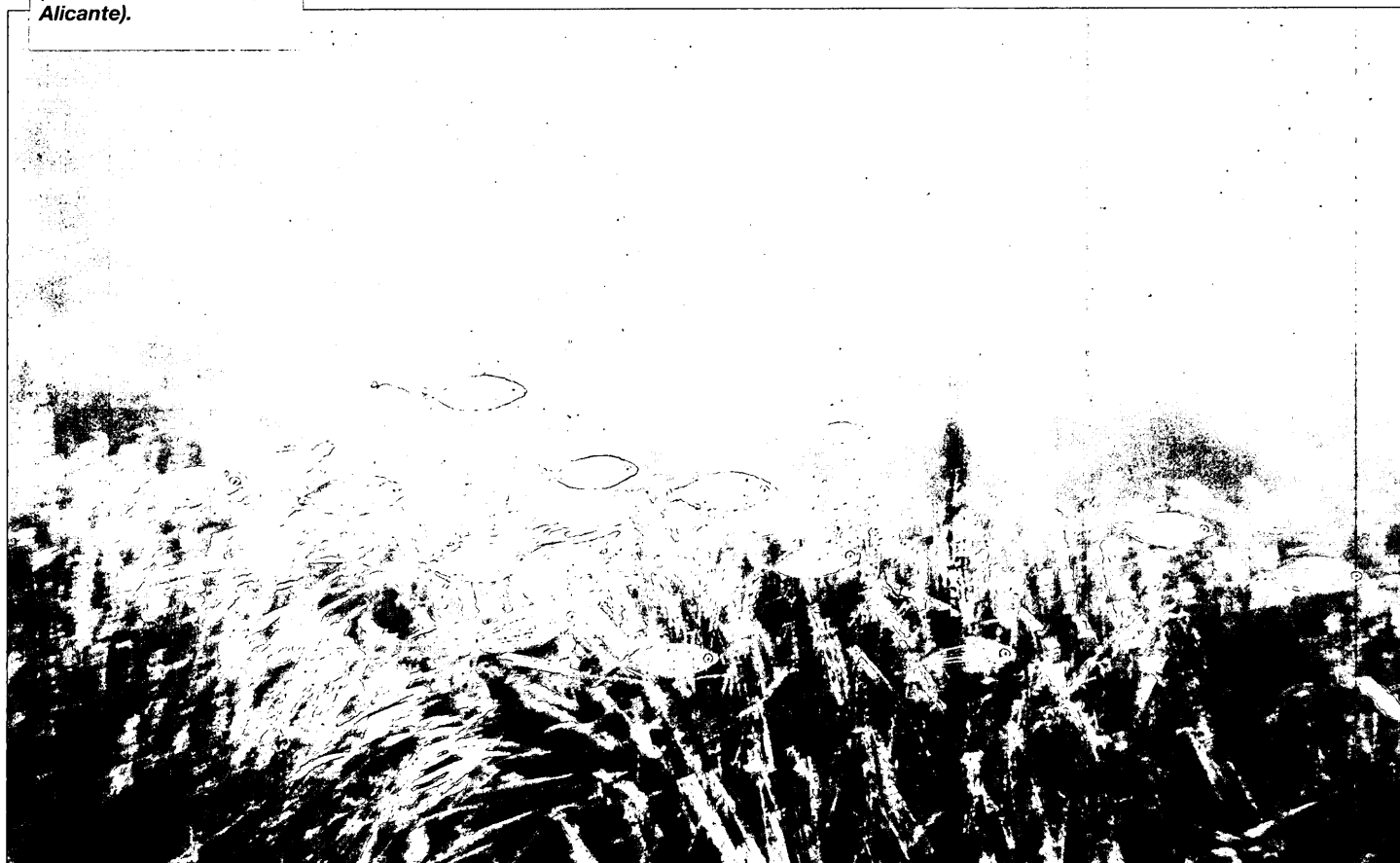
misma experiencia cuando fué estudiante; y tuvo que sorprenderse de que, a pesar de ello, lo había olvidado hasta el punto de cometer la misma

equivocación a la hora de desempeñar el papel de enseñante.

Históricamente, las Matemáticas se han desarrollado arrastradas por la necesidad de dar expresión lógica a los modelos físicos, y estos, a su vez, han sido elaborados a partir de un reconocimiento intuitivo-experimental de la realidad material. Siendo este el orden natural en el que la mente humana se plantea los problemas y se motiva para solucionarlos, la enseñanza debe ajustarse estrechamente a esta secuencia. El alterarla tiene como consecuencia una enorme pérdida de tiempo, de energía y de motivación en los alumnos.

La secuencia propia de la enseñanza de una disciplina técnico-científica es ir desde lo concreto a lo abstracto y, dentro de ello, desde lo general a lo particular. A juicio de quien escribe, la enseñanza de la ingeniería de obras marítimas debería

Ciertos tipos de espacios litorales tienen un papel ecológico fundamental en la generación de la vida piscícola que puebla las aguas de todo el mar costero. La enseñanza de la ingeniería marítima debe dar a los alumnos una idea cabal de esta realidad, y de las repercusiones ecológicas de las diferentes intervenciones típicas en la costa. Las dos figuras corresponden a dos tipos de ambientes de importancia ecológica primaria: Arriba, fondos rocosos muy someros, cercanos a la ribera, vegetados por algas pardas (Ensenada de Melenara, Gran Canaria). Abajo, fondos arenosos en aguas someras colonizados por fanerógamas marinas (ensenada de Moraira, Alicante).





El paisaje de la ribera es un factor de primer orden en la calidad de vida de las poblaciones costeras. La enseñanza de la ingeniería marítima debe instruir a los alumnos en la percepción de los paisajes ribereños y en la elaboración de soluciones paisajísticamente respetuosas, tanto en términos de diseño como de proceso constructivo (Punta Sa Pedrera, Formentera).

comenzar por una descripción directa e intuitiva de la costa y su dinámica, seguir por una descripción de los modelos físicos de los factores en juego, continuar con su modelación matemática, y a continuación plantear las obras marítimas y su papel en la costa, primero en términos intuitivos y después pasando a los elementos formales de diseño y de cálculo, por este orden.

Es también importante señalar otro ámbito problemático de la enseñanza de la ingeniería marítima que es también compartido por otros campos ingenieriles. Se trata de la coexistencia de dos aproximaciones a los fenómenos que parten de presupuestos muy diferentes: En el que puede denominarse "enfoque de la ingeniería práctica" se plantean modelos directos y en general muy rudimentarios de los fenómenos en juego (contrastados por experimentos específicos), modelos que han sido elaborados con propósitos de su aplicación práctica a corto plazo. En el lado opuesto está el que se puede denominar como "enfoque de la ingeniería teórica", que parte de modelos generales de la realidad física y trata de irlos perfilando progresivamente en una prolongada y árdua tarea de determinación de los parámetros que figuran en las ecuaciones generales. Dar a los alumnos una idea equilibrada de uno y otro en-

foque es de la mayor importancia. Pero, mientras que el estudiar detenidamente los enfoques "teóricos" debería quedar para etapas avanzadas de la enseñanza, conviene en cambio dar la mayor amplitud en las etapas iniciales a los enfoques "prácticos", ya que con estas herramientas se diseña la inmensa mayoría de las obras costeras habituales. Esta conveniencia del proceso de enseñanza choca sin embargo con la inclinación teórica que muchos enseñantes tienen o creen deben tener, lo que tiene como consecuencia una enseñanza alejada de las aplicaciones prácticas.

Por último indicar que el diseño de obras marítimas, como también el diseño de muchos otros tipos de obras, requiere un cierto entrenamiento específico. La mano ingenieril que traza las obras debe ser adiestrada, en el período de enseñanza, mediante suficiente cantidad de trabajos prácticos para que, por el método inevitable de prueba-y-error, vaya adquiriendo

soltura en el uso eficaz de los recursos de la ingeniería actual en el ámbito marítimo. El habilitar espacio de enseñanza para ello puede ser problemático con las limitaciones de tiempo lectivo que existen, pero resulta realmente imprescindible si no se quiere que el aprendizaje por prueba-y-error se lleve a cabo tan solo en la práctica profesional directa. Esto último es muy costoso en términos económicos, ambientales y sociales en general.

3. EL PLANEAMIENTO DEL LITORAL

El planeamiento de la franja litoral es un terreno profesional para el cual, en principio, las Escuelas de Ingenieros de Caminos deberían ser un ámbito ideal de aprendizaje. Esto es así porque dentro de estas Escuelas se contienen las áreas de enseñanza de planeamiento general y urbanismo, al mismo tiempo que la de geomorfología y dinámica litoral, y la de infraestructuras marítimas. Todo lo que se necesita para dar una formación sólida en planeamiento del litoral es organizar una combinación adecuada de aquellas áreas de conocimiento.

Quien escribe ha participado directamente en un buen número de planes litorales distribuidos por las provincias de Girona, Barcelona, Almería, Granada, Málaga, Cádiz, Huelva, Palma de Mallorca, Santa Cruz de Tenerife y Las Palmas, y ha revisado o conocido muchos más. Lo que ha observado en este área profesional es una presencia de ingenieros de Caminos mucho más reducida de lo que cabría esperar. La intervención de ingenieros de Caminos suele consistir en informes sectoriales sobre dinámica litoral o infraestructuras costeras. Sin menospreciar en absoluto este papel, que quien escribe ha desempeñado muchas veces con interés, sorprende la presencia minoritaria de ingenieros desempeñando el papel de coordinación del planeamiento litoral, ya que, como se indicó anteriormente, en las Escuelas de Ingenieros de Caminos se da formación en planeamiento general y urbanístico (común con otras Escuelas y Facultades, como Arquitectura o Geografía), y también una formación especializada en la dinámica y en las infraestructuras específicas de los espacios litorales (áreas tradicionalmente "fuertes", y en parte exclusivas, de las Escuelas de Ingenieros de Caminos).

De lo anterior se infiere que las Escuelas de Ingenieros de Caminos no han sacado el debido partido a la posibilidad de formar a los alumnos en ordenación y gestión del litoral, formación que se puede organizar sobre la base de una coordinación entre las áreas de planeamiento general y de ingeniería marítima.

La organización de un bloque didáctico centrado en la ordenación y gestión del litoral debería incorporar, en opinión de quien escribe, un espacio formativo en el que los alumnos se entrenen prácticamente en el trabajo ampliamente interdisciplinar. Este es un aspecto que tiene en sí mismo una importancia de primer orden en la formación de los ingenieros de Caminos

en casi cualquier ámbito profesional, pero que en el ámbito litoral tiene una relevancia especial debido a la gran complejidad del territorio y sus recursos, de las necesidades sociales e intereses confluentes, del entorno jurídico y en particular el competencial, etc.. Posiblemente la mejor manera de crear este espacio formativo sea planteando proyectos de planeamiento integrado de tramos litorales, que serían realizados por conjuntos de estudiantes de diferentes disciplinas y ámbitos universitarios. Aparte de la ingeniería marítima, estos grupos podrían integrar, típicamente, estudiantes de las áreas de: Planeamiento urbano y rural; Ecología litoral acuática y terrestre; Pesca; Transportes; Economía del turismo; Legislación ambiental, urbanística y competencial; Sociología urbana, rural y turística; Ingeniería sanitaria; Ingeniería industrial; Ingeniería agrícola; o/y algún otro área de conocimiento dependiendo de las circunstancias.

La interacción que se desarrollaría en trabajos pluridisciplinares de este tipo prepararía a los alumnos para una relación interprofesional fluida y creativa, les daría mayor amplitud intelectual, y les haría más efectivos en los distintos papeles que pueden desempeñar en el trabajo profesional.

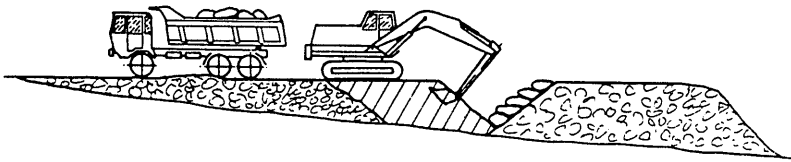
4. LAS CONSIDERACIONES AMBIENTALES

A lo largo de la práctica profesional del ingeniero que suscribe, este ha podido constatar abundantemente la torpeza, y también a menudo la ignorancia, con que se ha movido en el ámbito de las variables medioambientales, muy especialmente en lo que se refiere al contexto biológico, y lo mismo ha observado en el común de sus colegas ingenieros. Esta carencia radica naturalmente en una formación abultadamente deficitaria en aquel ámbito, lo cual a su vez es atribuible por un lado a lo tarde que estamos descubriendo los ingenieros de Caminos, en general, la complejidad del territorio y de las repercusiones que tienen en él nuestras intervenciones; y, por otro lado, a que las investigaciones que han ido revelando el entramado ambiental de los espacios litorales, en particular, datan en buena parte de hace unas pocas décadas tan solo.

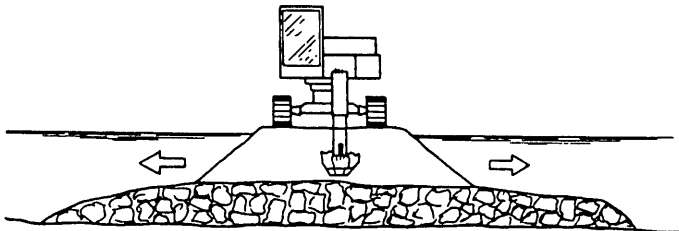
A juicio de quien escribe, los fines de utilidad social que se planteó la Escuela de Caminos desde sus inicios piden, en la actualidad, que la enseñanza de los ingenieros de Caminos ponga un énfasis muy destacado en la información y la formación ambiental. Ningún ingeniero debería salir de las Escuelas sin una idea cabal de las variables ambientales que caracterizan el tipo de territorio sobre el que va a actuar profesionalmente. En el ámbito litoral esto tiene la mayor trascendencia, porque se trata del territorio más dinámico, complejo y rico ambientalmente. Es también el territorio donde las repercusiones ambientales de las intervenciones son potencialmente más extensas; junto con el ámbito fluvial, que comparte con el ámbito litoral muchas características y del que se pueden hacer observaciones análogas en muchos sentidos.

ESPIGONES EXENTOS

RETIRADA MATERIAL PARA
PASO PROVISIONAL



REBAJE PERFIL



La información ambiental que más se echa de menos actualmente en la enseñanza de la ingeniería marítima es la que se refiere al ámbito biológico. Esta información tiene la mayor importancia con vistas a compatibilizar, en el espacio litoral, el desarrollo con la conservación de los recursos naturales. La falta de información y de sensibilidad ambiental por parte de planificadores y proyectistas de intervenciones en la costa ha causado daños ambientales considerables (y evitables) en un buen número de lugares distribuidos por toda la costa española. En ese sentido, el ingeniero que suscribe ha llamado la atención recientemente sobre el caso particular de las actuaciones de acondicionamiento recreativo de las riberas rocosas (Ref. 4).

Sensu contrario, el conocimiento del medio biológico litoral permite al ingeniero desarrollar proyectos de intervención destinados específicamente a compatibilizar los fines funcionales

Es muy escasa la información-discusión en profundidad sobre los métodos constructivos que se emplean en las obras marítimas ordinarias. Esto incide negativamente, entre otras cosas, en la producción de proyectos de baja agresividad ambiental, y en el desarrollo de nuevas soluciones. (Figura tomada de J. Canduela, Ref. 5).

primarios con la conservación de la vida marina, que es un campo con un gran interés tanto social como estrictamente profesional.

Finalmente, y en particular, cierta información sobre biología marina tiene una importancia primaria en la enseñanza de la dinámica sedimentaria litoral, ya que las formaciones vegetales que tapizan los fondos someros son, en muchos casos, un condicionante decisivo para entender la forma y la dinámica de las formaciones arenosas litorales.

5. LA CONSTRUCCIÓN DE LAS OBRAS

Por varias razones, los Departamentos de Ingeniería Marítima de las Escuelas de Ingenieros de Caminos han estado escasamente provistos, o desprovistos, de ingenieros con experiencia amplia en el ámbito de la construcción de obras marítimas. Además la información bibliográfica sobre la práctica constructiva es también escasa en el ámbito internacional, y escasísima en el nacional. Quien escribe tuvo hace pocos años la responsabilidad de formar en ingeniería marítima un pequeño cuadro técnico, compuesto por ingenieros de Obras Públicas, con objeto de configurar un núcleo dedicado a esta materia en la Administración canaria. Para suministrarles información escrita sobre métodos constructivos se realizó una prospección de las fuentes de información habituales y, tras mucha búsqueda, hubo que conformarse con una exigua cantidad de escritos donde "ingenieros de obra" desarrollen discusiones sistemáticas de los problemas y las soluciones que acompañan típicamente a la construcción de las obras marítimas ordinarias.

Tal parece que los ingenieros "de obra marítima", con muy pocas excepciones (por ejemplo, Ref. 5), no se han sentido inclinados a difundir por escrito su experiencia profesional. También parece que los ámbitos académico y editorial no han reclamado con el debido interés el concurso de los ingenieros con experiencia práctica en la construcción de obras marítimas. En todo caso, no parece exagerado afirmar que el terreno práctico y el teórico han llegado a distanciarse en una medida excesiva, tanto en la enseñanza

como en la elaboración de información en el ámbito académico.

La falta de concurso de la ingeniería "de obra" es una carencia importante tanto en la enseñanza como en la edición de libros de texto, y también en la propia elaboración de soluciones ingenieriles en los centros de investigación. El conocimiento en profundidad de los métodos constructivos que son asequibles con los medios actuales tiene una relevancia de primer

orden para hacer proyectos directamente viables (que no precisen ser reformados considerablemente cuando llega el momento de hacer la obra, como ocurre demasiado a menudo); para que pueda realizarse una previsión realista de los impactos que el proceso constructivo va a generar en el entorno; y también, con mucha frecuencia, para poder elegir con fundamento la tipología estructural de la obra que se tiene que proyectar.

6. CONCLUSIONES

Los Departamentos de Ingeniería Marítima de las Escuelas de Ingenieros de Caminos se han esforzado por estar a la altura de la rápida evolución que ha experimentado la ingeniería marítima en los últimos tiempos. En estos Departamentos se han desarrollado series de trabajos valiosos en temas punteros como las fórmulas de estabilidad de los diques rompeolas, el tratamiento estadístico del oleaje, la dinámica sedimentaria litoral, el tratamiento informático de los modelos físicos de fenómenos costeros, etc.. En España se han proyectado y hecho obras marítimas del máximo nivel mundial, cuantitativa y cualitativamente. Empresas consultoras y constructoras españolas han proyectado y realizado obras marítimas en casi todos los continentes, y mantienen un prestigio internacional al máximo nivel. Los problemas de las grandes obras marítimas de nuestro país, siendo notables, no resultan alarmantes dentro del contexto internacional dada la situación "manifiestamente mejorable" en que se encuentra actualmente este campo de la ingeniería (Refs. 6, 7, 8).

Pero, al mismo tiempo, las obras marítimas ordinarias que se proyectan y construyen en nuestro país no tienen un nivel comparable. Matizando más: A juzgar por el muestreo que representan las Refs. 2 y 3, y por el muestreo más difuso que representan otros trabajos de revisión de obras y proyectos en varios litorales españoles realizados por quien escribe, este no puede por menos que concluir que el conjunto de las obras costeras ordinarias que se han construido en España durante, digamos, el último decenio, tiene un nivel calificable de bajo, considerando globalmente los aspectos estructurales, funcionales y ambientales. Y hay demasiados casos en los que el nivel es, por desgracia, no ya bajo sino lamentable.

Quien escribe ha conocido de primera mano los problemas, a veces extremados, de escasez de tiempo lectivo, de equipo docente y de fondos con que los Departamentos de Ingeniería Marítima han tenido que manejarse, al menos hasta hace no mucho. Dentro de unas condiciones tan restrictivas, al parecer la ingeniería "ordinaria", que termina con la salida de

los alumnos de la Escuela, ha quedado muy por detrás de la "extraordinaria", que más bien prepara a los alumnos para especializarse en la etapa postgrado.

No sólo ha sido el campo de las obras ordinarias el que ha quedado menoscabado; y tampoco las razones de escasez de tiempo y medios son las únicas que cabe aducir. Hay otras áreas importantes en las que hay también carencias abultadas en la práctica profesional general que no son atribuibles exclusivamente a las restricciones de tiempo, personal y dinero que han tenido los Departamentos de Ingeniería Marítima, sino también a falta de visión en cuanto a los contenidos y la organización de la enseñanza. Dos áreas que sobresalen a este respecto son el planeamiento del litoral y la consideración del entorno biológico marino. En ambas áreas se puede organizar una enseñanza interdisciplinar, mediante acuerdos con otros Departamentos universitarios, en régimen de intercambio. Los Departamentos de Ingeniería Marítima tienen mucho que ofrecer en estos intercambios didácticos, lo que hace en principio muy viables estos acuerdos interdisciplinarios.

Por último, el ámbito de los procedimientos constructivos de las obras marítimas ordinarias requiere también una atención mucho mayor a la que se le ha prestado hasta ahora, tanto en la enseñanza normal como en la postgrado.

7. REFERENCIAS CITADAS

- 1). **E. Copeiro del Villar**: "Directrices del Litoral Canario" (Consejería de Política Territorial del Gobierno de Canarias, 1995)
- 2). **F. Martínez**: "Reconocimiento de obras marítimas en la provincia de Las Palmas" (Consejería de Política Territorial del Gobierno de Canarias, 1993)
- 3). **E. Copeiro del Villar, J.A. Medina y M.A. García**: "Diagnóstico de obras marítimas en la provincia de Las Palmas" (Consejería de Política Territorial del Gobierno de Canarias, 1994)
- 4). **E. Copeiro del Villar**: "Costas rocosas y playas artificiales" (Rev. Obras Públicas, Dic. 1996)
- 5). **J. Canduela**: "Aspectos constructivos de las obras de protección costera" (Curso sobre obras de defensa y regeneración de playas, CEDEX 1986)
- 6). **P. Bruun and S. Kjelstrup**: "Design of Mound Breakwaters" (Coastal Structures'83, ASCE 1983)
- 7). **M.A. Losada**: "Recent Developments in the Design of Mound Breakwaters" (Handbook of Coastal and Ocean Engineering, Gulf Publ. Comp., 1990)
- 8). **J.R. Medina y col.**: "Influencia de los grupos de olas sobre la estabilidad de los diques en talud" (Rev. Obras Públicas, Marzo 1993). ●