



# Llegar a buen puerto

## Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (CEPYC)

Desde hace casi 70 años el Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX (CEPYC) investiga y experimenta en sus laboratorios, además de ofrecer sus servicios e instalaciones a entidades públicas y privadas de ámbito nacional e internacional.

**Tenemos que remontarnos** al año 1951 para hablar de los inicios del CEPYC, fecha en la que se inauguró esta unidad, especializada en Puertos, Costas, Mar y Navegación, del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). Todo un referente para las instituciones públicas con competencias en estas materias que ofrece sus servicios a entidades públicas y privadas, tanto nacionales como internacionales.

Inicialmente se crea como Laboratorio de Puertos de la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos, hasta que en 1957 pasa a ser uno de los órganos en los que se estructura el CEDEX, coincidiendo con su creación, y no es hasta 1986 cuando adquiere su denominación actual. Su primer director fue el profesor Ramón Iribarren (1900-1967), reconocido como uno de los padres de la ingeniería de puertos y costas que hizo grandes aportaciones en esta materia, como son el método de los planos de oleaje, la fórmula racional para el

cálculo de la estabilidad de mantos de escollera de diques en talud y el número de Iribarren, que describe la forma de rotura de una ola.

Las líneas de actividad de este Centro son varias: en materia de puertos, la planificación y gestión de infraestructuras y servicios portuarios, la sostenibilidad ambiental de la actividad portuaria, y las estructuras marinas; en materia de costas lo relativo a ingeniería e impactos ambientales y gestión de zonas costeras; y en materia de navegación trabaja la seguridad marítima y la lucha contra la contaminación en el mar.

En todos estos ámbitos, proporciona trabajos de soporte técnico-científico a las principales políticas públicas españolas y europeas, incluyendo, por ejemplo, el Plan Nacional de Protección de la Ribera del Mar y el Plan Nacional de Evaluación de Riesgo y Protección contra Inundaciones, además de realizar estudios y ensayos para el desa-

rollo de grandes proyectos portuarios y actuaciones de regeneración o protección de nuestras costas.

Todo ello ha permitido que, desde los años 90, el CEPYC haya ido adquiriendo una experiencia muy importante en el campo de la ingeniería portuaria y de diques en España, ya que desde esta fecha se han construido más de 34 kilómetros de diques en aguas profundas para abrigo de nuestros puertos, que han alcanzado 40-50 metros de profundidad en muchos casos.

Esto es algo único en el mundo pues en un país como España, de amplia tradición marítima, pero con poca plataforma continental y pocos estuarios para abrigo natural de nuestros puertos, resulta imprescindible la construcción de obras de protección exteriores en aguas relativamente profundas.

El CEPYC está preparado para realizar estudios y proporcionar soluciones basadas en la ciencia y tecnología como son los problemas derivados de los nuevos usos del mar, entre ellos la desalación o la explotación de recursos energéticos renovables, utilizando para ello la energía de oleaje o la eólica marina.

## Funciones

Entre sus funciones, siempre en consonancia con el Estatuto del CEDEX, destaca el desarrollo de proyectos de investigación, de desarrollo tecnológico e innovación que tienen en cuenta las directrices contenidas en los planes europeos y nacionales, ya sea a través de su participación en programas de otras entidades como los desarrollados por iniciativa propia. Además, se encarga de prestar asistencia técnica especializada tanto al sector público como al privado, con atención prioritaria a los ministerios de los que depende funcionalmente.

En el ámbito de las aguas marítimas y sus infraestructuras naturales o artificiales, las funciones de este Centro pasan por realizar actividades de obtención, inves-



► Vista general de las instalaciones de ensayos a escala.

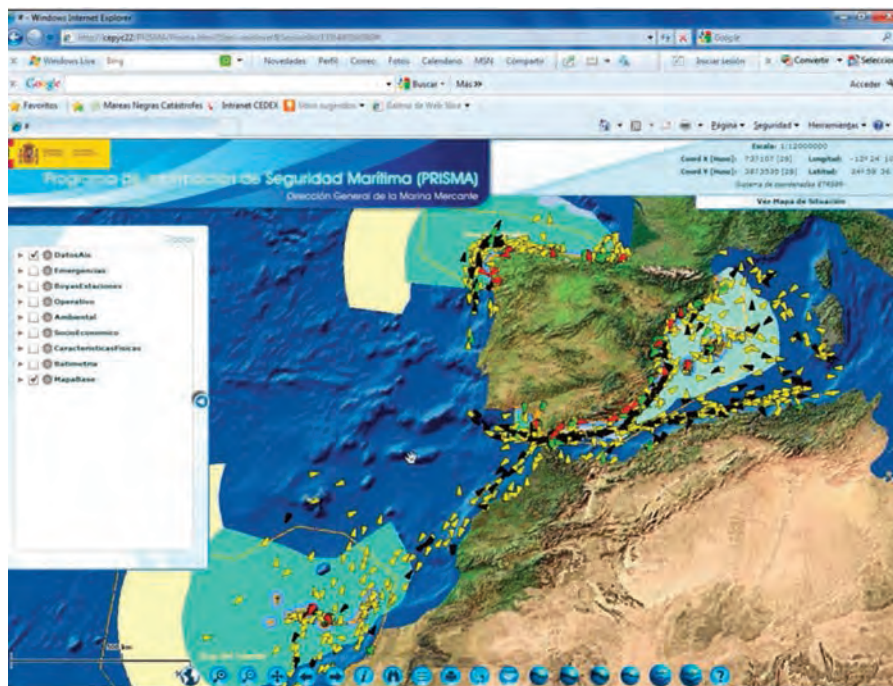


► El CEPYC proporciona asistencia técnica al sector portuario.

tigación, experimentación y gestión de datos relativos a recursos y fenómenos de la naturaleza; definir, diseñar, mejorar y, en su caso, evaluar y certificar las características de los materiales, elementos, técnicas, métodos y sistemas, así como fomentar su normalización; y proponer, estudiar y elaborar, directamente, o en colaboración, reglamentaciones, normas y en general cualquier clase de especificaciones técnicas, a lo que se suman competencias para dictar laudos arbitrales en casos litigiosos cuando oficialmente sea requerido para ello.

En cuanto a su colaboración con otras entidades destaca su participación en diversas redes de institutos de ingeniería hidráulica marítima, como la Red de Institutos Nacionales Iberoamericanos de Investigación e Ingeniería Hidráulica, fundada en 2004, con el objetivo de facilitar el aprovechamiento compartido de capacidades, recursos y experiencias al servicio del desarrollo en la región, de la que forman parte 17 Institutos de 14 países en dicho ámbito. Así, el CEPYC ha realizado trabajos en Uruguay, Chile, Argentina y Cuba; actualmente lo está ha-





► Entre otras materias, el CEPYC asesora en seguridad marítima

ciendo en México, Colombia y Perú, en materias relacionadas con la medida del oleaje, como es el caso de la colaboración con el Instituto Mexicano del Transporte en el desarrollo de la Red de Medida de Oleaje de México, además del desarrollo de nuevos puertos en colaboración con entidades de consultoría y el estudio de los riesgos en la navegación en diferentes puertos para la Autoridad Marítima de Colombia.

Por otro lado, el centro participa en diversas asociaciones internacionales como PIANC e IAHR, siendo el CEDEX la sede actual de la Secretaría Mundial de esta última asociación de ingeniería hidráulica con más de 2.000 miembros y una muy activa división latinoamericana.

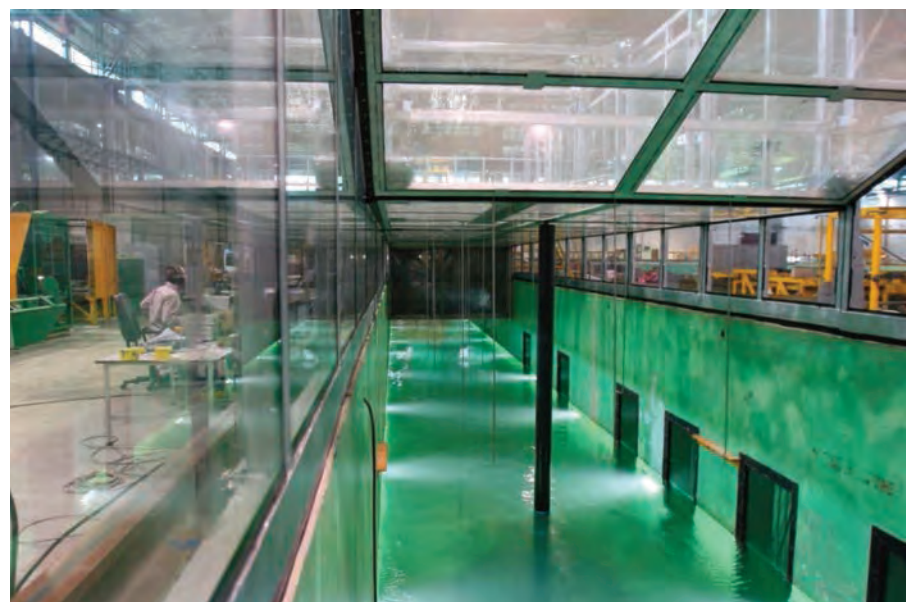
## Instalaciones

Este centro, en línea con los objetivos generales del CEDEX, mantiene su foco de atención en el desarrollo de instalaciones singulares y equipos de especialistas que aporten un valor adicional al sistema ciencia-industria. Para ello colabora con las universidades, en materia de investigación básica, y con las entidades públicas y privadas del sector, en trabajos de investiga-

ción aplicada para el desarrollo de grandes proyectos.

Desde 1981 cuenta con unas instalaciones de primer nivel ubicadas en Madrid, en las que destaca el Laboratorio de Experimentación Marítima que alberga los grandes centros de ensayo en una sala de 8.000 metros cuadrados. Utiliza modelos físicos a escala reducida, como el Tanque de Oleaje Multidireccional y otros dos tanques gemelos de menores dimensiones,

► Detalle de uno de los tanques de oleaje.



## Servicios técnico-científicos del CEPYC

- ✓ Diseño y explotación portuaria.
- ✓ Estructuras marítimas.
- ✓ Seguridad marítima.
- ✓ Planificación y gestión ambiental de la costa y del mar.
- ✓ Estudio ambiental de actuaciones en la costa y el mar.
- ✓ Monitorización costera y Marina.
- ✓ Protección y recuperación de la Costa.

el Canal de Oleaje y Viento de Gran Escala, una unidad de simulación de maniobras de buques y un laboratorio de Calidad del Medio Marino.

Tanques y canales ocupan el perímetro de la sala, que no tiene pilares intermedios, lo que facilita el aprovechamiento flexible de su zona central, que queda además libre para modelos 3D temporales contruidos *ad hoc*. En dependencias anejas su actividad está soportada por talleres auxiliares de mecánica, carpintería, fabricación de piezas, electrónica e instrumentación.

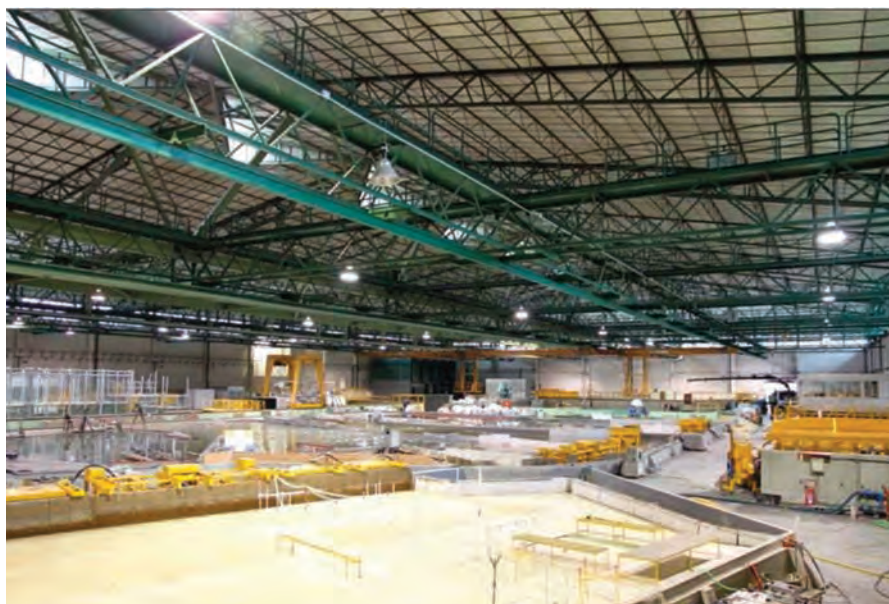


## Instalaciones fijas del CEPYC

- ✓ Laboratorio de Experimentación Marítima.
- ✓ Tanque de Oleaje Multidireccional de 34 x 32 x 1,60 m.
- ✓ Canal de Oleaje y Viento a gran escala de 90 x 3,60 x 6m.
- ✓ Tanques de Oleaje de 45 x 6,50 x 2 m y 35 x 6,50 x 1,30 m.
- ✓ Canal de Oleaje de 51 x 1 x 1,50 m.
- ✓ Canal de Oleaje y Corrientes de 20 x 1,20 x 0,80 m.
- ✓ Tanque de Flujos de Densidad.
- ✓ Tanque de Oleaje y Corrientes de 270 m<sup>2</sup>.
- ✓ Espacio central de 4.000 m<sup>2</sup> para ensayos en 3D.

La sala está servida por redes de agua alimentadas por dos depósitos propios, de 1.000 metros cúbicos cada uno, para su reutilización en ensayos sucesivos, así como redes de energía y datos. Su superficie queda cubierta por puentes grúa de 1.500 kilogramos para las tareas de construcción y operaciones en la explo-

▶ Vista de un ensayo a escala de infraestructura portuaria.



▶ En el CEPYC se efectúan ensayos a escala de todo tipo de estructuras marítimas.

tación de modelos y de un conjunto de pasarelas elevadas para la observación cenital.

Todo ello permite realizar trabajos de investigación relacionados con el diseño y la explotación portuaria como son el comportamiento de los buques, las estructuras marítimas, la protección de las costas y el diseño de obras de recuperación de playas y también de creación de playas artificiales, además del estudio de vertidos líquidos de tierra al mar y de dispositivos para la captación de energías renovables marinas.

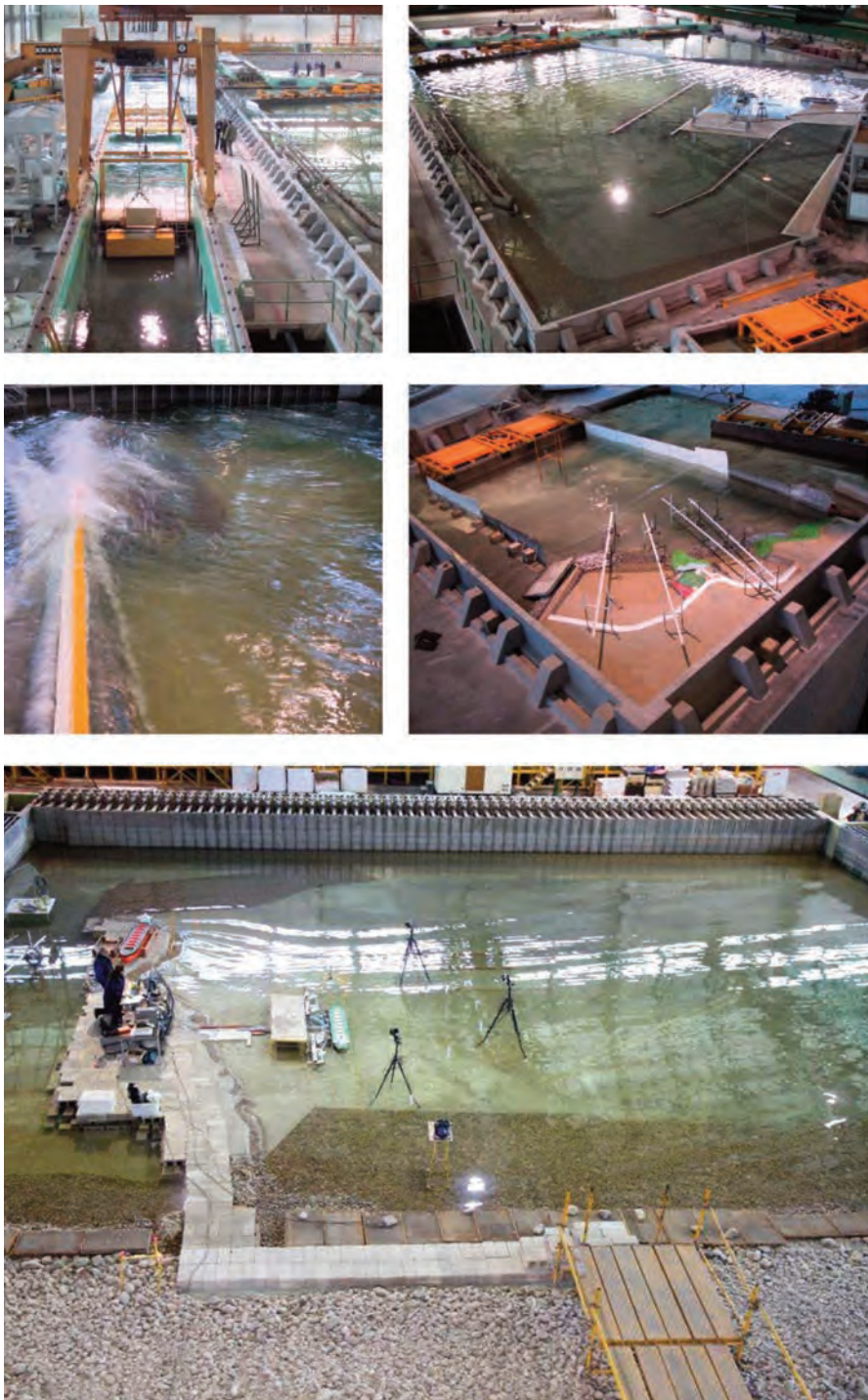
## Tanque multidireccional

Destaca en este laboratorio el tanque de oleaje multidireccional. Esta instalación singular entró en servicio en 1992 y cuenta con unas dimensiones de 30 x 30 x 1,60 m. Está dotado de 72 generadores de oleaje independientes que reproducen olas muy realistas para estudios costeros y portuarios y que permite la experimentación de obras marítimas con oleajes cruzados, de crestas cortas (multidireccional) o largas (direccional) o con cualquier reparto direccional de energía, característica que le distingue de la mayor parte de las instalaciones de ensayo que sólo son capaces de generar oleaje en una única dirección.

Las grandes dimensiones de su tanque permiten la consideración en tres dimensiones de las estructuras y zonas de costa a ensayar, a la vez que su singularidad la hace muy útil para el desarrollo de la investigación básica sobre el oleaje en zonas costeras y el contraste de modelos numéricos.

Esta instalación ha servido para realizar el ensayo de los diques de abrigo de gran parte de los puertos españoles, entre ellos el de Levante del puerto de Málaga, la ampliación de Escombreras y de Tarragona, los puertos exteriores de Ferrol y A Coruña, los diques Este y Sur de la ampliación del puerto de Barcelona y el de





► Diferentes vistas de las instalaciones de ensayos y canales de oleaje.

su bocana Norte, entre otros muchos, también la regeneración de las playas de Gros en San Sebastián o las de Barcelona. Además, se han realizado ensayos con elementos para la generación de energía y se ha utilizado en varios proyectos de I+D+i de la Unión Europea sobre estructuras flotantes y caracterización óptica del oleaje.

## Oleaje y Viento

El Canal de Oleaje y Viento de gran escala cuenta con 80 x 3,60 x 6,00 metros de calado y entró en servicio, en 1999, como parte del laboratorio. Tiene capacidad de generación de olas de hasta 2 m de altura y para ello el generador de oleaje está for-

mado por múltiples paletas cuyos movimientos independientes están controlados por un sistema de ordenadores trabajando en red.

Sobre el canal se incorporó, en 2009, un túnel de viento capaz de generar flujos de hasta 25 m/s de velocidad, que ofrece la posibilidad de realizar ensayos a gran escala y bajo la acción combinada de oleaje y viento que permite el mejor estudio de actuaciones de especial relevancia. Para el ensayo de estructuras marítimas se minimizan las distorsiones que se producen en ensayos de menores dimensiones, lo que permite su diseño en lo relativo a la seguridad y funcionalidad, tanto para su configuración final como para el estudio de fases constructivas.

Este canal de oleaje ha sido empleado para el ensayo de múltiples estructuras marítimas, a escalas de 1:8 a 1:30, entre las que se pueden destacar el dique del Este del puerto de Barcelona, los diques de los puertos exteriores de Ferrol y Coruña, el dique de Isla Verde en Algeciras, además de en varios trabajos de I+D+i sobre tipologías innovadoras de diques y muelles. El Túnel de Viento se ha utilizado para la medida de esfuerzos sobre aerogeneradores marinos y en el estudio de rebases.

Entre sus características singulares destaca una galería lateral acristalada para visualizar los ensayos, la incorporación de técnicas ópticas de medida, su fondo ajustable en altura para reproducir los fondos marinos, la absorción activa de reflexiones y el instrumental para medida de oleaje, rebase y viento.

## Simulación de maniobras

Para el estudio de las maniobras de accesos y en el interior de los puertos, en zonas de aguas restringidas y en general para la navegación de los barcos o para el análisis del comportamiento de un buque fondeado, se dispone de una serie de técnicas entre las que destaca, por introducir el factor humano, como herramienta más avanzada los simuladores de maniobra de buques en tiempo real.



► Interior del simulador de maniobras para el acceso de buques a puertos.

El laboratorio del CEPYC cuenta con una unidad de estas características, desde 1992, que está dotada de un puente *full mission* con 270° de visión exterior, un puente secundario completo enfocado principalmente a remolcadores, una consola para el manejo de propulsiones y cuatro microsimuladores para realizar estudios relacionados con el diseño y explotación de la zona marítima de los puertos y los relativos a los riesgos para la navegación, y un Laboratorio de Calidad del Medio Marino que realiza estudios analíticos de contaminantes en aguas portuarias y sedimentos. Esta unidad permite, por ejemplo, «navegar» accediendo al puerto de Barcelona a bordo de un patrullero de la Armada perfectamente simulado en su comportamiento y maniobrabilidad, pilotado por un capitán de navío de la Armada Española a cargo del timón.

Todos estos equipos son de aplicación tanto para el diseño de nuevas instalaciones como para el de modificaciones en terminales existentes para el cambio de uso o renovación de las mismas. Son capaces de funcionar de forma sincronizada—un piloto maneja el buque principal y otros los remolcadores que le estén asistiendo— o de modo independiente en varios trabajos simultáneos.

El Puente Principal reproduce el de un barco genérico, incluyendo los elementos de información, control y comunicacio-

nes. La visión exterior durante las maniobras se proyecta en una pantalla cilíndrica envolvente con 270° de visión alrededor de la cabina del puente en el plano horizontal.

El Segundo Puente, con visión exterior de 120°, dispone de los elementos especializados de control propios de un remolcador de tipo Voith-Schneider, para trabajar de forma sincronizada con el Puente Principal en estudios que así lo requieran, o bien con cualquier otro tipo de buque en estudios independientes.

Para las maniobras con remolcadores, además del modelo numérico general de uso con cualquier tipo de buque, se dispone de un modelo simplificado, pudiendo ser gobernados los remolcadores manualmente desde los cuatro Puentes Auxiliares.

## Difundir el conocimiento

Todo este conocimiento que se adquiere fruto de la experimentación en el laboratorio, así como todos los avances en materia de puertos y costas a través del trabajo que se realiza en el CEPYC se difunde y transfiere a través de publicaciones, talleres, jornadas, seminarios, simposios y cursos, así como mediante la creación y el mantenimiento de portales temáticos de información a través de las redes de comunicación.

## Personal

La estructura de personal del CEPYC permite la configuración de equipos pluridisciplinarios para el estudio integral de problemas de elevada complejidad desde la perspectiva tanto de la ingeniería como del medioambiente. Está compuesta por una plantilla de 95 personas, con una media de edad de 48 años, en su mayoría titulados universitarios entre los que hay doctores, ingenieros superiores y licenciados, un 60% especializados a su vez en hidráulica marítima y naval, desde ingenieros de caminos canales y puertos, a ingenieros navales o licenciados en náutica, otro 20% titulados en ciencias de la tierra y del ambiente, geología, biología marina o ciencias ambientales y el 20% restante con titulación en ciencias básicas, ya sean matemáticas, química o física.

También se ha materializado en el desarrollo de un «Curso Internacional de Ingeniería de Puertos y Costas», impartido durante el periodo 2000-2009, con 500 horas lectivas y 5 meses de duración, que ha tenido en todas sus ediciones una importante participación de profesionales latinoamericanos y que se espera poder volver a retomar en un futuro próximo.

Por otro lado, y desde el año 2007, el CEPYC dispone de un sistema de acceso a los informes realizados para la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar desde el año 2005, incluyendo las memorias de los estudios y otros contenidos de carácter complementario, como vídeos, tablas de resultados o capas de información geográfica, además de otros documentos de centros del CEDEX, que suman en conjunto más de 4.000 archivos. Todo ello a través de Internet.

Pepa Martín Mora