

EL CANAL DE ENSAYOS CIEM

DEL LABORATORIO DE INGENIERIA MARITIMA (LIM)

DE LA ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS DE BARCELONA

Agustín Sánchez-Arcilla
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Jesús Gómez,
Licenciado en Ciencias Físicas
Javier Gironella
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Los ensayos en canal permiten optimizar el diseño estructural y evaluar el impacto asociado a actuaciones en la costa. Un subproducto adicional es la calibración y validación de modelos numéricos. La reducción de costes que infiere la aplicación de los resultados obtenidos los convierten extremadamente provechosos, particularmente cuando se comparan con el volumen de inversión que supone cualquier actuación en la costa.

El canal CIEM del Laboratorio de Ingeniería Marítima de la Escuela de Caminos de Barcelona, permite reproducir a escalas próximas a la real, el comportamiento de un perfil de playa con o sin obras. Sus dimensiones (100 m de longitud, 3 de ancho y 5 de profundidad), junto con su generador de oleaje tipo cuña, lo convierten en único en el mundo a esta escala.

Puede trabajar con niveles de agua variables y reproducir olas de hasta 1.6 metros de altura, tanto con oleaje regular como irregular. Su coste energético es inferior al habitual, así como los gastos de mantenimiento.

En los próximos meses, el canal CIEM realizará dos ensayos: optimización de secciones de diques de abrigo (encargado por el Puerto Autónomo de Barcelona) y mejora del conocimiento existente sobre diques sumergidos frente a un perfil de playa (financiado por la Comunidad Económica Europea y realizado en colaboración con otros seis laboratorios universitarios de la CEE).

Flume experiments allow to optimize the structural design and impact evaluation associated to actions taken in the coastal fringe. An additional by-product is the calibration and validation of numerical models for the process in that area. The cost reduction derived from the application of the obtained results makes these tests extremely profitable, particularly when compared to the investment costs needed in any of the coastal actions.

The CIEM flume of the Maritime Engineering Laboratory of the Civil Engineering School of Barcelona, allows to reproduce at a nearly natural scale, the beach profile behaviour with and without constructions. Its dimensions (100 m long, 3 m wide and 5 m deep), together with its wedge type wave generator, makes it unique in its kind.

The CIEM flume can work with variable water levels and is able to generate both regular and irregular waves of up to 1.6 m in height. Its consumption costs, as well as the maintenance costs, are lower than what is usual in these kind of equipments.

In the following months, the CIEM flume will carry out two experiments: optimization of breakwaters sections (contracted by the Puerto Autónomo de Barcelona) and improvement of the existing knowledge on submerged breakwaters in front of a beach profile (financed by the European Economic Community and realized in collaboration with other six Laboratories from European Universities).

1.- INTRODUCCION

La ingeniería portuaria y costera trabaja en un medio extremadamente dinámico y energético. La variabilidad del oleaje y las intensas solicitaciones que éste ejerce sobre cualquier tipo de obra o actuación en la costa son buen ejemplo de ello. La complejidad de este medio, por otra parte, hace difícil cuantificar estas solicitaciones y realizar un proyecto ingenieril adecuado. Considérese, por ejemplo, el movimiento del agua en la zona de playa donde rompen las olas, la turbulencia y burbujas de aire en superficie producidas por la rotura del oleaje, el sedimento arrastrado por el fondo y en suspensión, las corrientes variables en planta y calado, etc.. Si en esta situación introducimos la actuación del ingeniero -una alimentación artificial de arena en la parte emergida del perfil, un dique de escollera sumergido para hacer más estable este perfil, etc.- es fácil imaginar la dificultad de predecir lo que va a ocurrir.

Sin embargo, es esencial poder predecir este comportamiento de las actuaciones ingenieriles en la costa para evitar lo que es desgraciadamente habitual en numerosos tramos costeros: obras de escollera que no han protegido la costa como se esperaba, relleno artificial de arena que ha durado menos de lo previsto, etc.

Por todo ello, es necesario disponer de herramientas capaces de simular lo que va a ocurrir en un determinado tramo costero antes de que la actuación se ejecute realmente. En este sentido el canal CIEM (figuras 1a y 1b) del Laboratorio de Ingeniería Marítima de la Escuela de Caminos de Barcelona es una herramienta única en su género, pues permite reproducir a escalas próximas a la real el comportamiento de un perfil playero con o sin obras y sometido a las condiciones de oleaje y nivel medio del mar que se deseen. Esto permite obtener resultados cuantitativos sobre el efecto de un determinado oleaje en la duración de un relleno artificial, el comportamiento de un perfil con o sin obras, etc.



Figura 1a y 1b.
Perspectiva general del canal CIEM

El carácter aproximado -cualitativo- de los resultados obtenidos en los canales de oleaje convencionales (cuyas dimensiones limitadas obligan a trabajar a pequeñas escalas distorsionando los resultados, debido, por ejemplo, a que el sedimento no se



puede reducir en la misma medida que las dimensiones geométricas del perfil de playa) y las limitaciones del estado actual de las ecuaciones y modelos numéricos (pese a los notables avances experimentados en este campo durante la última década) ha-

cen necesario un cierto número de canales/tanques de grandes dimensiones. La mayoría de los países con una longitud de costa importante y con un nivel técnico-científico suficiente ya poseen desde hace años este tipo de canal de oleaje: canal

GWK de Alemania, canal Delta de Holanda, canal CRIEPI de Japón, Canal de Oregon (Supertank) en EUA, etc. (no se han incluido aquí ni los canales utilizados en el ámbito de la ingeniería naval como el canal de Experiencias Hidrodinámicas de El Pardo que, con dimensiones iguales o superiores, están dirigidos a otro tipo de ensayos, ni tampoco los tanques o piscinas con dos dimensiones comparables, como por ejemplo el recientemente inaugurado en el Centro de Estudios y Experimentación de Puertos y Costas del Ministerio de Obras Públicas).

La experiencia obtenida en estos canales muestra cómo, a partir de ensayos realizados, se ha podido optimizar el diseño de estructuras y actuaciones en la costa, calibrar y validar modelos numéricos incrementando significativamente la fiabilidad de este tipo de simulación, etc. La reducción de costes obtenida ha sido siempre rentable si se compara con el volumen de inversión que suponen las actuaciones en la costa (véase como ejemplo el nuevo Plan de Costas español, que prevé una inversión de 150.000 millones de pesetas en el período 1993-1997). En esta línea de rentabilidad puede también mencionarse la iniciativa de la Comunidad Económica Europea para conseguir que los equipos de grandes dimensiones existentes en la CEE se coordinen y eviten así costosas duplicaciones.

2.- CARACTERISTICAS Y PRESTACIONES DEL CANAL CIEM

El canal CIEM tiene 100 metros de longitud, 3 de ancho y 5 de profundidad, y está equipado con un generador de oleaje tipo cuña único en el mundo a esta escala (figura 2).

Este tipo de generador permite obtener una altura de ola dada con un costo energético muy inferior al habitual. Los gastos de mantenimiento son, asimismo, muy reducidos, puesto que el equipo está situado dentro de un recipiente estanco que sube y

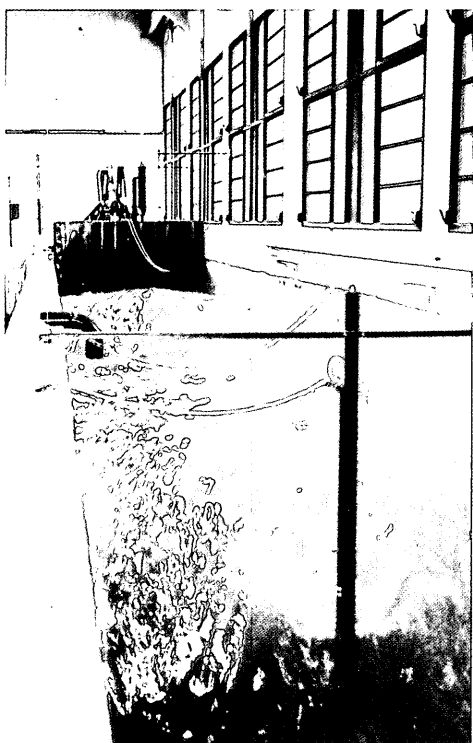
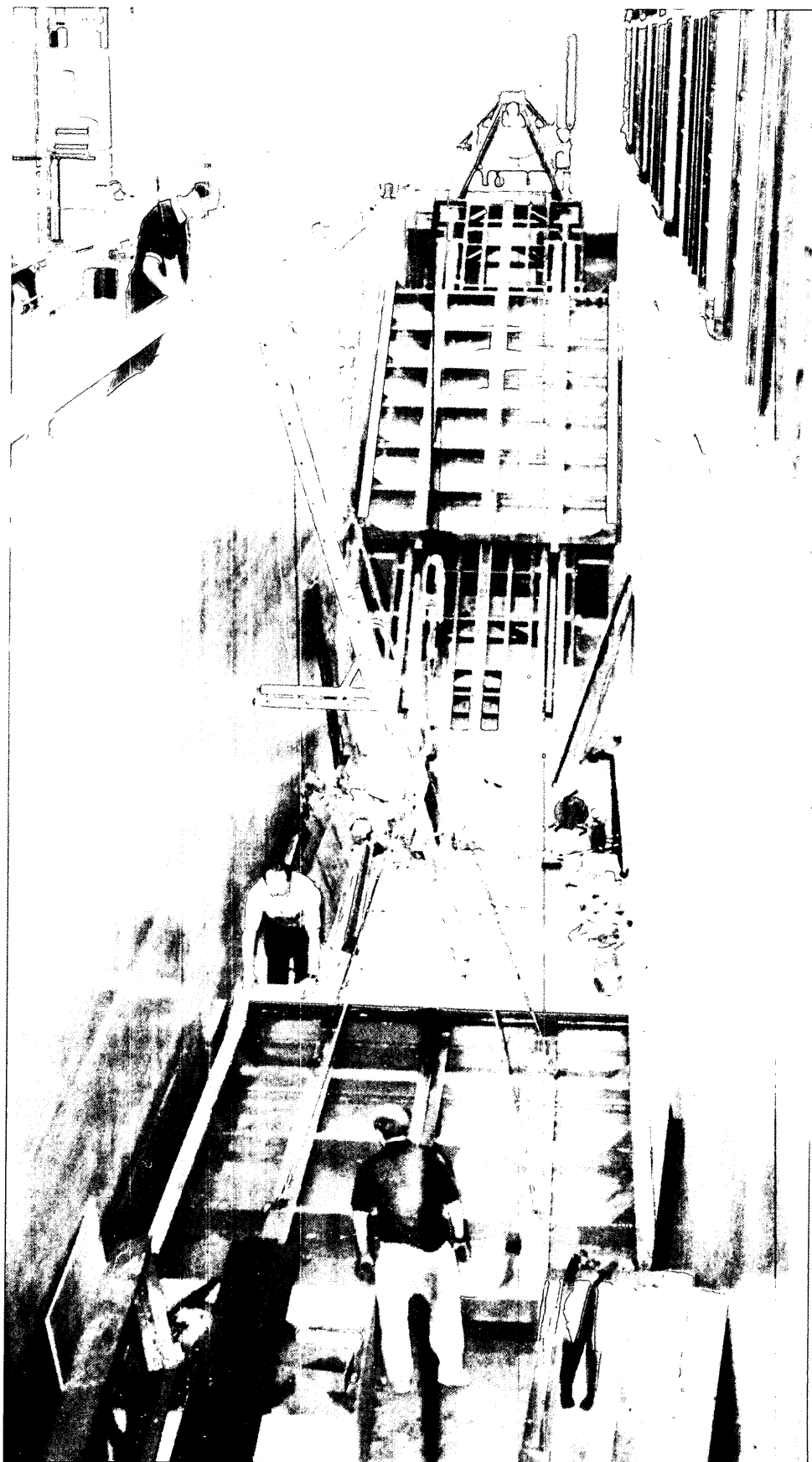


Figura 2. Vista de la pala generadora de oleaje.
A la derecha, figura 3. Construcción del plano inclinado por el que desliza la pala generadora

baja por un plano inclinado (figura 3) -de ahí el nombre de "cuña"- y cuyo frente actúa como paleta generadora de oleaje (figura 4).

El canal CIEM puede trabajar con niveles medios de agua variables y reproducir olas de hasta 1.6 metros de altura, tanto con oleaje regular como irregular. Posee un sistema de absorción dinámica de oleaje que elimina las distorsiones producidas por la reflexión de las olas en las estructuras o playas ensayadas y, posibilita hacer ensayos de duración indefinida.

La existencia de ventanas en la zona de trabajo y el hecho de estar dentro de un edificio cubierto permiten visualizar y controlar los ensayos y realizar mediciones de alta tecnología (por ejemplo utilizando rayos láser, lo que posibilita obtener datos muy detallados del campo de velocidades



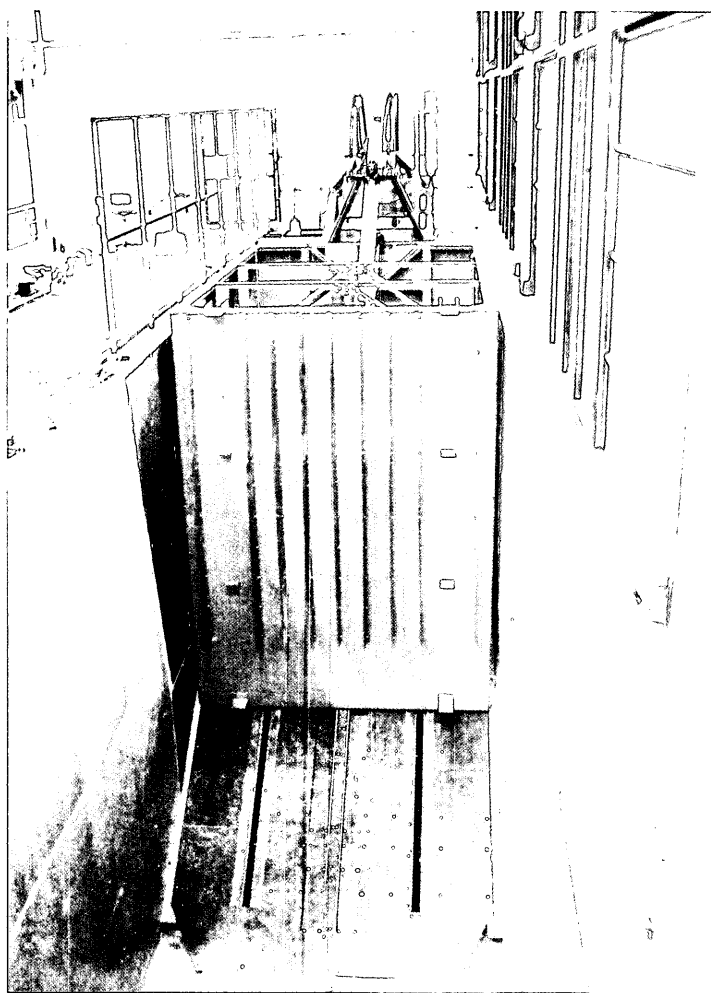


Figura 4. Cara frontal de la pala generadora de oleaje A la derecha, figura 5. Arena para la realización de ensayos con " fondo móvil "

con que se mueve el agua), poco frecuentes en canales de estas dimensiones.

Distintos tipos de sensores dispuestos a lo largo del canal permiten medir alturas de ola, corrientes, turbulencia, transporte de sedimentos, presiones, movimiento de escolleras o bloques, etc. Con esto se obtiene un amplio registro de variables que caracterizan completamente el comportamiento del perfil: movimiento del agua, movimiento del sedimento, evolución del fondo y efecto/estabilidad de las obras en él situadas.

3.- APLICACIONES PRACTICAS

Un canal como el CIEM puede utilizarse para múltiples ensayos en el campo de la hidrodinámica. En la actualidad puede reproducir el efecto de cualquier tipo de

oleaje -el medido en un sitio concreto (el día de la inauguración se reprodujo el oleaje registrado en la zona española de la Antártida medido por una boya situada por el LIM), el seleccionado para diseñar un dique y que corresponde al temporal que se presenta, por ejemplo, una vez cada doscientos años, etc.- sobre cualquier estructura o perfil de playa. Los ensayos más típicos que se pueden realizar en este campo son los de estabilidad y comportamiento de diques portuarios (midiendo las averías que produce un oleaje dado sobre un dique, el volumen de agua que rebasa este

dique, etc. sin problemas de escala) y estructuras de defensa de costas. En este caso hay que incluir también como resultado del ensayo el impacto (efecto) de la estructura costera sobre el perfil de playa en que está ubicado (aumento de la estabilidad del perfil por efecto de un dique sumergido, erosión frente a un dique emergido o sumergido, etc.).

Otro grupo de ensayos en este mismo campo, son los del comportamiento de un perfil de playa o una operación de alimentación artificial. Se trata en este caso de seguir (mediante las medidas correspondientes) cómo evoluciona un perfil de playa construido en el canal bajo la acción de distintos oleajes. A continuación se procede a "rellenar" el perfil, evaluando el comportamiento y duración de esta aportación artificial de sedimento, buscando modos de optimizar su duración, etc. El canal

CIEM posee actualmente un volumen suficiente de arena, cortesía del Ministerio de Obras Públicas, de excelente calidad para este tipo de ensayos (figura 5), denominados de "fondo móvil" (para distinguirlos de los que se realizan con un fondo rígido, por ejemplo de cemento).

Las aplicaciones de estos ensayos van desde su uso directo para optimizar algún proyecto de defensa de costas (buscar la mejor combinación de diques sumergidos y "alimentación artificial" de un perfil de playa para conseguir la máxima estabilidad a medio plazo de la línea costera, por ejemplo) hasta su uso científico (avanzar en el conocimiento que se posee sobre la rotura del oleaje para así mejorar los modelos numéricos utilizados para predecir el transporte de sedimentos asociado a estas olas rompientes, por ejemplo) (figura 6).

Otras aplicaciones posibles de este canal CIEM son los ensayos de calidad de



Figura 6. Simulación de una zona de rompientes real en el canal de ensayos CIEM

aguas costeras (transporte y difusión de contaminantes, comportamiento hidrodinámico de barreras flotantes para el control de vertidos de petróleo, etc.), el desarrollo y calibrado de equipos de medida en el mar., etcetera.

Las aplicaciones reales del CIEM a corto plazo se concretan en dos ensayos: uno, perteneciente al campo de la ingeniería práctica, corresponde a la optimización de unas secciones de dique y ha sido encargado por el Puerto Autónomo de Barcelona. El otro, perteneciente al campo de la investigación científica, corresponde a mejorar el conocimiento disponible sobre el comportamiento de diques sumergidos frente a un perfil de playa y su impacto en la evolución de la costa adyacente. Este último ensayo

será financiado por la Comunidad Económica Europea y se realizará en colaboración con otros seis laboratorios universitarios de la CEE. ■

FICHA TECNICA DEL CANAL CIEM

AUTORES DEL PROYECTO : Universidad Politécnica de Cataluña (L. Cantallops) e Hydraulic Research Wallingford.

PROFESOR RESPONSABLE DEL PROYECTO : Agustín Sánchez-Arcilla.

PRESUPUESTO DEL PROYECTO :

Obra civil (estimación)	50.000.000 pts.
Acondicionamiento canal.....	21.900.000 pts.
Generador de oleaje	109.500.000 pts.
Instalación y acondicionamiento fina ..	12.800.000 pts.
TOTAL	194.200.000 pts.

DURACION DE LAS OBRAS Y ACONDICIONAMIENTO : 1988-1993

INAUGURACION OFICIAL : 4 DE MARZO DE 1993

CARACTERISTICAS :

- Dimensiones; 100/3/5
- Tipo de generador de oleaje: cuña
- Cubierto
- Con sistema de absorción de olas reflejadas
- Máxima altura de ola; 1'6 metros