

INSTALACIONES SINGULARES DEL CEDEX

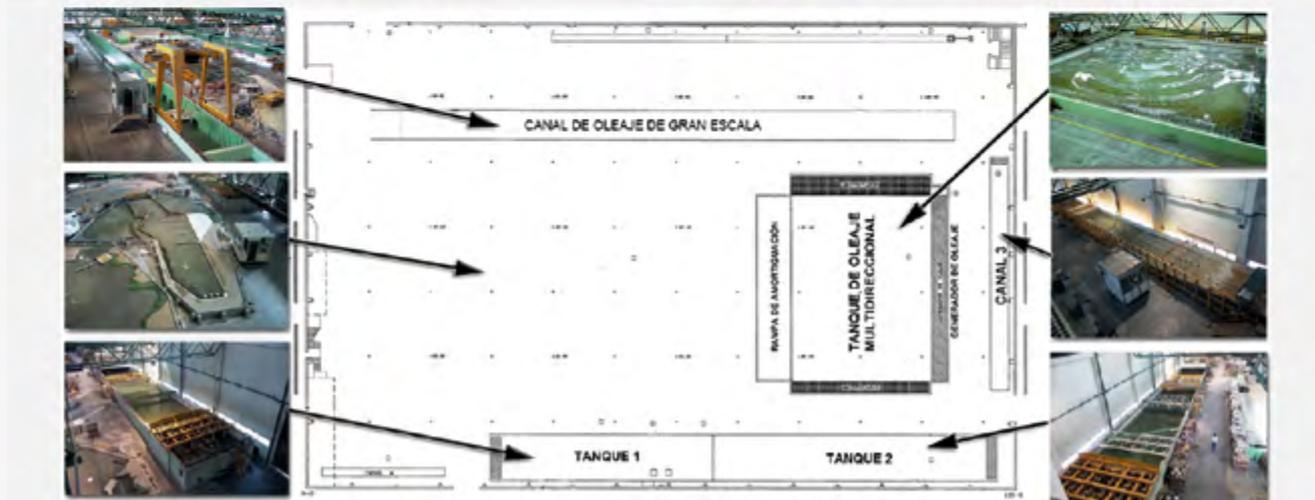
Tanques y Canales de Oleaje del Laboratorio de Experimentación Marítima del Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX

C/Antonio López, 81 - 28026 Madrid

Las fichas de las páginas siguientes recogen las principales características de los Tanques y Canales de Oleaje disponibles en el Laboratorio de Experimentación

Marítima del Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX para la realización de ensayos en modelo físico de obras marítimas.

NAVE DE ENSAYOS



Descripción

Tiene unas dimensiones de 115 m de longitud, 71 m de anchura y 8 m de altura libre hasta la estructura de la cubierta, la cual apoya sobre los muros laterales sin necesidad de pilares intermedios.

Las instalaciones fijas para ensayo de estructuras marítimas -tanques y canales de oleaje- se sitúan en su perímetro, quedando la zona central para modelos tridimensionales de puertos, playas y otras estructuras singulares, cuyas dimensiones pueden ser de miles de m².

Como equipamiento general, dispone de dos puentes grúa de 1.500 kg y varios polipastos, una red fija perimetral de suministro de energía eléctrica y otra de agua,

dos depósitos de 1.000 m³, talleres eléctricos, mecánicos y de carpintería para la fabricación de los componentes de los modelos.

Adicionalmente existe un laboratorio de electrónica para la instrumentación de los modelos y una unidad de fotografía y video.

Características técnicas

- Dimensiones: 115 x 71 m en planta, 8 m de altura libre.
- Tipología: estructura de hormigón armado con cubierta metálica.

- Redes perimetrales de energía eléctrica y agua, con 2 depósitos de 1.000 m³.
- Red general de señal de 175 canales.
- Instalaciones de ensayo fijas, con oleaje regular/irregular: Tanque de Oleaje Multidireccional 34 x 32 x 1,60 m, Canal de Oleaje y Viento de Gran Escala 90 x 3,60 x 6÷4,5 m, 2 Tanques de 36 y 46 x 6,50 m, Canal de 36 x 3 m; Canal de 51 x 1,50 m, Canal de 20 x 1,20 m.
- Equipos modulares móviles para generación de oleaje regular/irregular.
 - Laboratorio de electrónica.
 - Unidad de fotografía y video.
 - Talleres: mecánico, eléctrico y carpintería (madera y metal).

Aplicaciones

Ensayos en modelo físico a escala reducida, para el diseño, la construcción y la explotación, de:

- Estructuras marítimas: diques de abrigo portuario y muelles; diques y espigones de defensa de costas; estructuras offshore; instalaciones para generación de energía (oleaje, mareas, viento y corrientes) y elementos singulares.
- Puertos: agitación, ondas largas y comportamiento de buques atracados.
- Playas: configuración en planta y perfil.
- Ensayos ambientales: vertidos al mar de efluentes de plantas desaladoras y depuradoras, influencia de la vegetación sobre el oleaje, calidad del agua, etc.

TANQUE DE OLAJE MULTIDIRECCIONAL



Descripción

El Tanque de Oleaje Multidireccional es una instalación singular, que entró en servicio en 1.992, cuyo objeto es la experimentación de obras marítimas con oleajes cruzados, de crestas cortas (multidireccional) o largas (direccional) y con cualquier reparto direccional de energía, lo que le distingue de la mayor parte de las instalaciones de ensayo, sólo capaces de generar oleaje en una dirección.

Para ello, el generador de oleaje está formado por múltiples paletas, cuyos movimientos independientes están controlados por un sistema de ordenadores trabajando en red.

En esta instalación se han ensayado múltiples diques de abrigo de puertos españoles, pudiendo citarse el de Levante del puerto de Málaga, la ampliación de Escambreras y de Tarragona, los puertos exteriores de Ferrol y Coruña, los diques Este y Sur de la ampliación del puerto de Barcelona y el de su bocana Norte, etc. Asimismo se han realizado ensayos de regeneración de playas, destacando la de Gros en San Sebastián o las de Barcelona,

y de elementos para la generación de energía. La instalación también se ha empleado en varios proyectos de I+D+i de la U. E. (estructuras flotantes y caracterización óptica del oleaje).

Las grandes dimensiones del 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 investigación básica sobre el oleaje en zonas costeras y el contraste de modelos numéricos.

Características técnicas

- Dimensiones: 34 x 32 x 1.60 m (calado máximo 1.15 m).
- Generador de oleaje: 72 paletas pistón independientes de 1.60 m de altura y 0.40 m de anchura (frente total 28.80 m).
- Paletas con actuadores eléctricos: recorrido 0.60 m.
- Altura de ola máxima: 0.58 m para frente plano normal
- Sistema de control de actuadores: digital en red local.

- Absorción de reflexiones. Lateral: paneles de chapa perforada. Fondo: playa de grava.
- Generación de corrientes: caudal variable $Q_{max} = 200 \text{ l/s}$.
- Foso de ensayos para estructuras offshore y singulares: $3 \times 3 \times 1 \text{ m}$.
- Análisis y síntesis de oleaje: Aplicación GEDAP, NRC (Canadá).
- Estructuras marítimas: ensayos de estabilidad y funcionalidad (rebases, reflexión y transmisión del oleaje).
- Estudios de costas: ensayos de regeneración y evolución de playas.
- Diseño portuario en planta: agitación bajo oleaje multidireccional.
- Estudio de amarres en mar abierto.
- Estructuras offshore, instalaciones de generación de energía, etc.

CANAL DE OLAJE Y VIENTO DE GRAN ESCALA



Descripción

El Canal de Oleaje y Viento de Gran Escala es una instalación singular, que entró en servicio en 1999, incorporando en 2009 el Túnel de Viento. Su objeto es el ensayo de estructuras marítimas sometidas a la acción del oleaje y del viento, minimizando las distorsiones que se producen en ensayos de menores dimensiones. Ello permite diseñar y optimizar las estructuras marítimas, en lo relativo a su seguridad y funcionalidad, tanto para su configuración final como para el estudio de fases constructivas.

El 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 (Algeciras), así como varios trabajos de I+D+i sobre tipologías innovadoras de diques y muelles. El Túnel de Viento se ha utilizado en la medida de esfuerzos sobre aerogeneradores marinos y en el estudio de rebases.

Entre sus características singulares se destaca su galería lateral acristalada para visualización de ensayos e

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.

Características técnicas

- Dimensiones: 90 m de longitud, 3,60 m de anchura y profundidad variable de 6 m en la zona generación oleaje a 4,50 m en la de ensayo.
- Fondo regulable en altura mediante placas independientes.
- Sistema generación de oleaje:
 - Pala rotacional oleohidráulica con trasdós en seco.
 - Potencia 300 Kw.
 - Generación de oleaje regular/irregular: altura máxima 1,60 m.
- Sistema de generación de viento:
 - Túnel: longitud 26 m; ancho 3,6 m; altura sobre canal variable 2,5 a 4,5 m; Ventilador: $\varnothing 1,5 \text{ m}$; potencia 315 Kw; velocidad variable.
 - Velocidad máxima viento: 20 m/s.

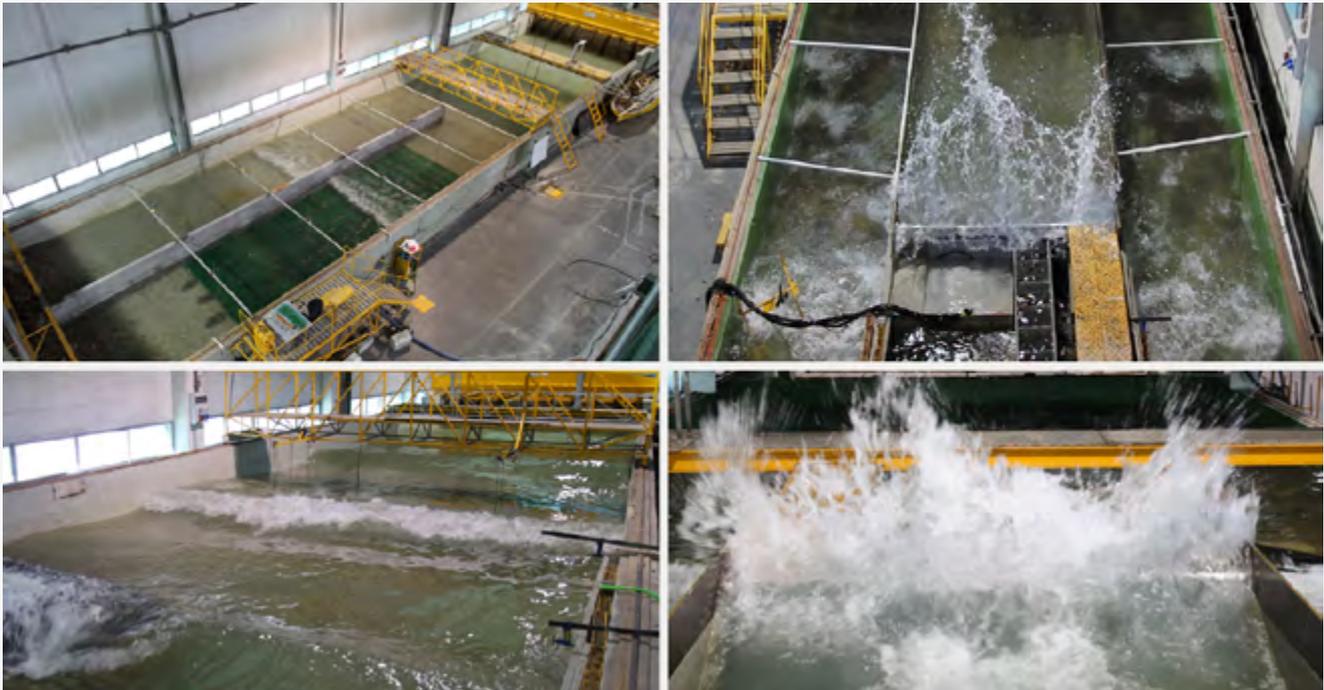
- Absorción activa de reflexiones.
- Puente grúa de 10 t. y depósito de 1.000 m³.

Aplicaciones

- Ensayos a gran escala para el diseño y construcción de diques y muelles.
- Ensayos de estructuras marítimas singulares.

- Ensayos de estructuras en las que, junto al oleaje, el viento sea determinante: estudios de rebases, aerogeneradores marinos, etc.
- Flujo en medios porosos: bloques artificiales, escolleras, filtros, etc.
- Hidrodinámica y transporte de sedimentos en playas.
- Actuaciones de defensa de costas.
- Actividades de I+D+i.

TANQUES DE 35 Y 45 X 6,50 M



Descripción

Se trata de dos tanques de ensayo gemelos de 35 y 45 m x 6,50 m de anchura con profundidad variable (1,50 y 0,80 m frente al generador de oleaje). Esta anchura permite realizar ensayos, en dos y tres dimensiones, analizando el comportamiento de los puntos singulares de las obras de abrigo (morros, cambios de alineación, etc.) con oleaje frontal u oblicuo.

El tanque de mayor calado tiene una paleta con dos actuadores, que reproduce movimientos de traslación y rotación, lo que permite un óptimo ajuste a la cinemática del oleaje, reduciendo la generación de ondas evanescentes y permitiendo la obtención de oleajes muy peraltados sin rotura en la paleta.

Algunos diques ensayados en estos tanques son los de los puertos de: Bilbao (Ciérvana), Valencia, ampliación de Las Palmas, Castellón, ampliación de Sagunto, puertos exteriores de Ferrol y Coruña, Alicante, Candás y Luanco, San Andrés (Málaga), etc. Estas instalaciones han sido empleadas también para la investigación sistemática del bloque "Accropode", en estudios de estabilidad de espigones frente a oleajes muy oblicuo y de mitigación del oleaje por praderas de Posidonia, en diversos proyectos de los programas MAST II y MAST III de la U. E. y en otros ensayos singulares (depósito flexible de agua dulce en el mar, etc.).

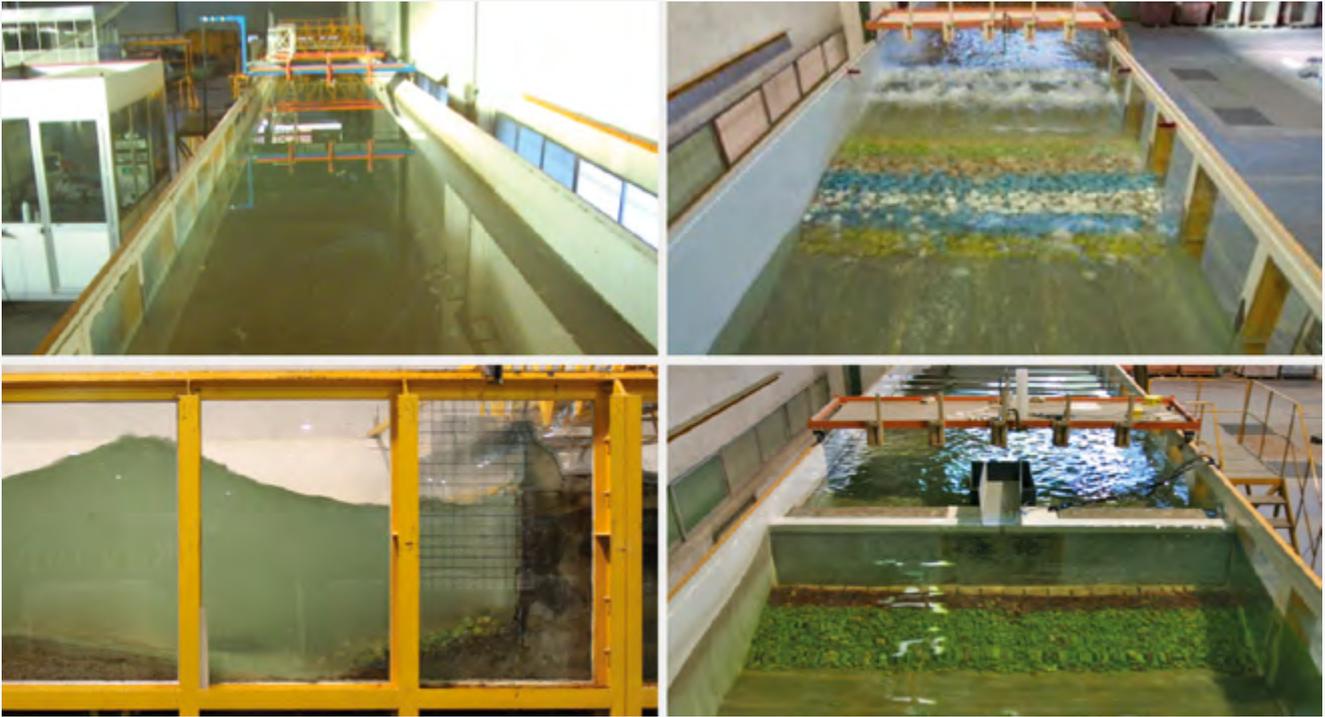
Características técnicas

- Dimensiones: 45,95 y 36 x 6,50 m con profundidad variable (altura máxima 2,0 m en el tanque 1 y 1,30 m en el tanque 2).
- Sistema de generación: paleta tipo pistón - flap con recorrido 0,80 + 0,40 m en tanque 1; pistón con recorrido 0,80 m en tanque 2.
- Sistema de control: unidades de control MTS y aplicación GEDAP, NRC (Canadá).
- Sistema de absorción activa de reflexiones.
- Sistema de cámaras cenitales para seguimiento de los ensayos.
- Equipos complementarios: pasarelas móviles para instrumentación. Pórtico de medida de fuerzas.
- Depósitos de 500 m³ y bombas de llenado/vaciado de velocidad variable.

Aplicaciones

- Ensayos para el diseño y construcción de diques y muelles.
- Ensayos de estructuras marítimas singulares.
- Ensayos de obras de defensa de costas.
- Actividades de I+D+i.

CANAL DE OLEAJE DE 36 X 3 M



Descripción

Este canal de 36 x 3 x 1,50 m está dedicado a la realización de ensayos bidimensionales de estabilidad y funcionalidad de estructuras marítimas: diques (en talud y verticales) y muelles, así como al estudio de otros problemas de ingeniería de costas que deban ser ensayados a media o gran escala, tales como perfiles de playa, revestimientos de defensas de costas, y actividades de I+D+i.

El canal está construido en estructura metálica con paramentos laterales de vidrio, lo que permite una cómoda visión de los fenómenos en la sección de ensayo. Dispone de absorción activa de reflexiones, no obstante en el extremo opuesto al generador existe una playa amortiguadora.

El canal está dotado de un pórtico para el anclaje de equipos de medida de fuerzas.

Algunos ensayos realizados en esta instalación son los de los diques de los puertos de: Ibiza y la Atunara, estudio de rebases en el dique de Levante (Málaga), ensayo del dique de protección de la playa de La Candelaria (Canarias).

Características técnicas

- Dimensiones: 36 m de longitud, 3 m. de anchura, 1,50 m de altura (profundidad máxima de agua 1,10 m).
- Sistema de generación: paleta tipo pistón, con recorrido de 1 m y actuador hidráulico con servoválvula y LVDT.
- Sistema de control: unidades de control analógicas MTS y aplicación GEDAP, NRC (Canadá).
- Sistema de absorción activa de reflexiones.
- Equipos complementarios: sistema automático de medida de perfiles. carros móviles para instrumentación. Pórtico de medida de fuerzas.

Aplicaciones

- Ensayos 2D el diseño y la construcción de diques y muelles.
- Ensayos de estructuras marítimas singulares.
- Ensayos de diques y espigones de defensa de costas.
- Actividades de I+D+i.

CANAL DE OLEAJE Y CORRIENTES DE 20 X 1,20 M



Descripción

El canal de 20 m es una instalación de aplicación a la investigación básica y aplicada, puesta a punto de nuevas técnicas e instrumental para control y medida.

Está dotado de un sistema de generación de oleaje regular/irregular de similares características al resto de los empleados en la nave de ensayos, así como de otro para la producción de corrientes. Su estructura es metálica, con paredes de vidrio para la observación de los ensayos.

Algunos ensayos desarrollados en este canal han sido: bloque "Beta" para diques en talud, módulo "Búho" de protección de taludes, módulos "Barco" y "Bara" para muelles verticales poco reflejantes, sistemas de absorción de oleaje para tanques de ensayo. Además tiene gran aplicación en estudios ambientales, habiéndose empleado en múltiples ensayos de vertidos de efluentes salinos de plantas desaladoras.

Características técnicas

- Dimensiones: 20 m de longitud, 1,20 m de anchura, 0,80 de altura (0,60 m máxima profundidad de agua).
- Sistema de generación: paleta de tipo pistón con recorrido máximo 0,40 m y actuador hidráulico con servo válvula y LVDT.
- Sistema de generación de corrientes.

- Equipos complementarios: carros móviles para instrumentación.
- Otras características: paramentos de vidrio.

Aplicaciones

- Ensayos para el diseño de diques y muelles.
- Hidrodinámica y transporte de sedimentos en playas.
- Ensayos ambientales: análisis de los procesos de mezcla asociados a los vertidos de plantas desaladoras y depuradoras, para:
 - Determinación y calibración de fórmulas empíricas.
 - Calibración de modelos numéricos.
 - Pruebas de dispositivos de vertido específicos.
 - Actividades de I+D+i.

CANAL DE OLEAJE DE 51 M



Descripción

Sus dimensiones de 51 x 1,0 x 1,50 m, permiten la realización de ensayos bidimensionales de estructuras portuarias y de protección de costas, así como de estudios ambientales.

Algunos trabajos realizados en este canal son: investigación sobre remonte y rebase en diques verticales, diques arrecife, diques sumergidos para defensa de costas y ensayos de vertidos de plantas desaladoras.

Características técnicas

- Dimensiones: 51 x 1 x 1,50 m (máxima profundidad agua 1,10 m).
- Sistema de generación: 1 paleta tipo pistón con recorrido 1 m.
- Equipos complementarios: carro móvil para instrumentación con posicionamiento automático. Pórtico de medida de fuerzas.

- Otras características: estructura metálica con paramentos de vidrio.

Aplicaciones

- Ensayos para el diseño y construcción de diques y muelles.
- Flujo en medios porosos: bloques artificiales, escolleras, filtros, etc.
- Ensayos de diques y espigones de defensa de costas.
- Ensayos ambientales: análisis de los procesos de mezcla asociados a los vertidos de plantas desaladoras y depuradoras, para:
 - Determinación y calibración de fórmulas empíricas.
 - Calibración de modelos numéricos.
 - Pruebas de dispositivos de vertido específicos.
 - Actividades de I+D+i.

TANQUES DE ENSAYO 3D "AD HOC"



Descripción

Son instalaciones destinadas a ensayos para la optimización de los desarrollos portuarios, tanto en lo que se refiere a su planta como a la tipología de las estructuras que conforman el puerto (diques, muelles, pantalanés, etc.) y a estudios para la regeneración y evolución de playas.

Las escalas utilizadas suelen variar entre 1/70 y 1/150 y en general requieren una gran superficie, en algunos modelos hasta 1.500 m².

Los estudios para la optimización de los desarrollos portuarios son: medida de la agitación y ondas largas en el exterior e interior del puerto y análisis del comportamiento de los buques en sus zonas de atraque, considerando los oleajes medios más desfavorables para el puerto.

En el caso de estudios costeros, su objeto es determinar el basculamiento y la erosión producida por los oleajes más frecuentes e intensos de la zona de playa analizada.

La generación del oleaje se realiza mediante una o varias paletas que se desplazan en amplitud y frecuencia según una señal ajustada a los oleajes medios típicos de la zona de estudio. El desplazamiento es trasnacional con una longitud mínima de 5 metros, por lo que se generan olas de cresta larga.

Prácticamente, la totalidad de los puertos del Sistema Portuario de Interés General se han estudiado mediante estos modelos 3D, en unos casos para diseño de obras nuevas -puertos exteriores de Ferrol y Coruña o Gijón- y, en otros, para ampliaciones de sus instalaciones -puertos de Cádiz, Alicante, Castellón, Barcelona, Las Palmas, etc.-.

Características técnicas

- Dimensiones: variables en función del tamaño de la zona de estudio, de la escala adoptada, de las características de los oleajes y de los tipos de buque a ensayar.
- Sistema de generación: paleta tipo pistón con recorrido de $\pm 0,27$ m. Actuador hidráulico con servoválvula y LVDT.
- Sistema de control: unidades de control analógicas MTS con entrada de señal mediante ordenador.
- Sistema automático de medida de oleaje, mediante sondas eléctricas capacitivas.
- Sistema de medida de movimientos del buque atracado y esfuerzos en amarras y defensas, mediante sensores láser y/o sistemas ópticos y extensómetros.
- Sistema láser de medida de perfiles de playa.
- Reproducción de la geometría del fondo marino y del entorno costero de la obra en estudio.

Aplicaciones

- Ensayos de agitación y de ondas largas en puertos. Análisis de excedencias de alturas de ola límite de operatividad.
- Ensayos de comportamiento de buques atracados con oleaje y viento. Análisis de la operatividad de los atraques.
- Ensayos de amarres de buques en mar abierto.
- Ensayos de regeneración y evolución de playas.
- Ensayos de estabilidad y funcionalidad de obras de defensa de playas.