

## MC.III Dinámica de flujos geofísicos

Este módulo se imparte en el segundo cuatrimestre dentro de la Especialidad I. Gestión Integral de Puertos y Costas, y comprende dos unidades docentes:

UIII.1 Teoría y Procesos de transformación de ondas (3 ECTS)

UIII.2 Oceanografía Física (4 ECTS)

que se complementan entre sí, con objetivos, contenidos, métodos docentes y bibliografía específicos.

### Objetivos del MC.III

#### Competencias genéricas

El alumno mejorará su capacidad de:

- análisis e interpretación
- trabajo autónomo
- trabajo interdisciplinar

#### Competencias específicas

El alumno profundizará en el conocimiento de la dinámica del océano, de diferentes escalas espaciales y temporales. Será capaz de analizar e interpretar datos reales (medidos en la naturaleza o en laboratorio) y compararlos con los resultados teóricos.

### Métodos docentes del MC.III

#### Clases teórico-prácticas

La materia de ambas unidades docentes se presenta al alumno en clases magistrales en las que se utilizarán tanto los métodos docentes tradicionales como la pizarra, como métodos audiovisuales.

Las clases teóricas se intercalan con la realización de ejercicios prácticos en los que se proponen y resuelven problemas aplicados que ayudan al alumno a comprender e interiorizar los conocimientos teóricos. Se dará especial atención al análisis e interpretación de los datos de campo y de laboratorio y a su comparación con los resultados que proporciona la teoría.

Por cada ECTS, se emplearán aproximadamente 10 horas para este tipo de clases.

#### Actividades tutoradas

Los alumnos realizarán de forma individual o en grupo bajo la supervisión del profesor, los trabajos propuestos en clase lo que exigirá un esfuerzo personal del alumno en el que deberá emplear aproximadamente unas 9 horas por ECTS.

Las actividades programadas dentro de esta actividad se definen por unidades docentes.

#### Tutorías especializadas

Se dedicarán unas 3 horas por cada ECTS a tutorías colectivas en las que se aclararán las dudas de forma conjunta a todos los alumnos. Además, el profesor estará disponible en el lugar y hora indicados para resolver las dudas individuales y orientar al alumno en el desarrollo de sus trabajos y exposiciones.

### **Seminarios**

De forma periódica se organizan seminarios orientados a ampliar la visión ofrecida en la docencia habitual, a presentar los últimos avances científicos o casos prácticos de interés. Los seminarios los imparten profesores e investigadores de los grupos de investigación que participan en el programa oficial de posgrado, y profesionales o investigadores invitados. Esta actividad supone aproximadamente un 5% de las horas del alumno, esto es, un seminario de aproximadamente dos horas por cada 1.5 ECTS.

A modo de ejemplo, los seminarios impartidos y programados durante el segundo semestre del curso 2007/2008 son:

- 31/03/2008: *Sobre la caracterización de clima marítimo: 60 años de re-análisis para las costas mexicanas*, por Rodolfo Silva Casarín. Instituto de Ingeniería de la UNAM
- 14/04/2008: *Evolución tridimensional de ondas internas de gran amplitud en el estrecho de Gibraltar*, por José Carlos Sánchez-Garrido (UMA)
- 05/05/2008: *Capa límite turbulenta bajo ondas de Stokes II*, por Elena Quevedo Baquerizo (UGR)
- 23/04/2008: *Métodos numéricos para ecuaciones hiperbólicas y aplicaciones*, por Alberto Ávila Armella y Manuel Díez Minguito (UGR)
- 27/05/2008: *Modelo Ref-Dif para la propagación del oleaje*, por Asunción Baquerizo Azofra (UGR)
- 10/06/2008: *SWAN, modelo espectral de propagación del oleaje*, por David Navidad Maeso (UGR)

### **Criterios de evaluación del MC.III**

Cada unidad docente tiene sus propios criterios de evaluación.

La calificación final del módulo se obtendrá haciendo un promedio de las calificaciones de cada unidad docente, ponderadas según los ECTS asignados.

Los profesores propondrán exámenes específicos en aquellos casos en los que la evaluación continua no sea posible, o su resultado sea escaso.

## **CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS POR UNIDADES DOCENTES**

Los objetivos, contenidos, metodología docente, criterios de evaluación y bibliografía se detallan a continuación por unidades docentes.

### **Objetivos de la UD III.1**

#### **Competencias específicas**

El alumno sabrá/ comprenderá:

- Los procesos de transformación y generación del oleaje
- Los fundamentos de las distintas teorías de ondas, sus ecuaciones de gobierno, rango de aplicación y limitaciones.
- Analizar de forma crítica los resultados de los modelos de oleaje en función de la teoría empleada y la técnica de resolución numérica utilizada
- Interpretar y comparar los resultados teóricos con datos de campo y de laboratorio.

En concreto, el alumno será capaz de:

- Manejar con soltura la formulación de la teoría lineal de ondas y cuantificar los procesos de transformación de las oscilaciones para geometrías simples.
- Obtener las soluciones de la teoría no lineal de Stokes para el segundo y tercer orden en el caso de fondo horizontal
- Obtener las soluciones de la teoría no lineal de ondas largas en 1D: onda cnoidal y onda solitaria.
- Utilizar modelos de propagación de oleaje de uso frecuente, con conocimiento sobre sus fundamentos físico-matemáticos, posibilidades y limitaciones de aplicación

## **Contenidos de la UD III.1**

### *Bloque I. Teoría lineal de ondas*

#### I.1. Ondas de pequeña amplitud

- Formulación del problema de la onda de pequeña amplitud
- Solución general. Ecuación de la dispersión

#### I.2 Propiedades de las ondas progresivas y estacionarias

- Cinemática. Campo de presiones.
- Concepto de energía y su propagación.
- Procesos de transformación de ondas: asomeramiento, refracción, difracción y rotura

#### I.3 Teoría de ondas largas

- Teoría asintótica e hipótesis.
- Resonancia en dársenas.

#### I.4 Teoría del oleaje

- Análisis estadístico del oleaje.
- Teoría espectral del oleaje.
- Estadística del oleaje a largo plazo: Regímenes.
- Fuentes de datos y su utilización.

### *Bloque II. Teoría no lineal de ondas*

#### II.1. Introducción, tipología y fundamentos de teorías de ondas no lineales.

#### II. 2. Ondas de Stokes no lineales

- Teoría de Stokes no lineal.
- Soluciones de alto orden: método de la función de corriente

#### II. 3. Teoría no lineal de ondas largas

- Modelos de tipo Boussinesq
- Modelos de ondas largas de gran amplitud: ecuaciones de aguas someras no lineales

## **Métodos docentes de la UD III.1**

Los descritos para el módulo de conocimiento.

## **Criterios de evaluación de la UD III.1**

La evaluación de los alumnos se realizará teniendo en cuenta de forma ponderada los siguientes aspectos:

- El trabajo personal mediante la evaluación de los ejercicios y de los informes de las actividades prácticas propuestos a lo largo del curso (90% de la puntuación total).
- Se tendrá en cuenta asimismo la actitud del alumno en relación a las actividades presenciales, asistencia y participación activa (10% de la puntuación total).

## **Bibliografía de la UD III.1**

### **Bibliografía básica**

- Dean, R. and Dalrymple, R. A. Water wave mechanics for engineers and scientists. Adv. Series on Ocean Engineering, vol 2. World Scientific.
- Svendsen Ib. A. Introduction to nearshore hydrodynamics. Adv. Series on Ocean Engineering, vol 24. World Scientific.

### **Bibliografía avanzada**

- Dingemans, M. W.. Water wave propagation over uneven bottoms. Part 2: Non-linear wave propagation. Advanced series on ocean engineering, vol. 13. World Scientific.
- Mei, C. C., M. Stiassnie, D. K.-P. Yue. Theory and applications of ocean surface waves. Part 2: Non linear aspects. Advanced series on ocean engineering, vol. 23. World Scientific.

### **Bibliografía complementaria**

- C. A. Brebbia, L. Traversoni, L. C. Wrobel. Computer modelling of seas and coastal regions. 1995.
- Modelo FUNWAVE, [http://chinacat.coastal.udel.edu/~kirby/programs/nearcom/descriptions/circulation\\_module\\_funwave.html](http://chinacat.coastal.udel.edu/~kirby/programs/nearcom/descriptions/circulation_module_funwave.html)
- Modelo SHORECIRC, <http://chinacat.coastal.udel.edu/programs/shorecirc/shorecirc.html>
- Modelo DELFT3D: <http://delftsoftware.wldelft.nl/>
- Modelo MIKE21: <http://www.dhigroup.com/Software/Marine/MIKE21.aspx>

## UDIII.2 Oceanografía física (4 ECTS)

### Objetivos de la UD III.2

#### Competencias específicas

El alumno sabrá/ comprenderá:

- El comportamiento del océano como fluido geofísico, analizando los efectos de la rotación y la estratificación en la circulación de gran escala.
- Los fenómenos más significativos de la plataforma continental en relación con la circulación general oceánica.
- Análisis de la circulación en un sistema estuarino inverso como el estrecho de Gibraltar..

El alumno será capaz de:

- Aplicar técnicas estándar de tratamiento de datos en Oceanografía.
- Trabajar con datos reales y el software estará basado, fundamentalmente, en el entorno MATLAB.

### Contenidos de la UD III.2

#### *Bloque I. Dinámica del océano*

##### I. 1 Estratificación y rotación.

- Estratificación en los océanos.
- Ecuaciones del movimiento en un fluido en rotación.

##### I. 2 Circulación Oceánica.

- Aproximación geostrófica.
- Modelos de circulación oceánica.
- Circulación conducida por el viento.
- Teoría de Sverdrup
- Introducción a la biblioteca `m_map` de MATLAB. Interpolación óptima. Representación de variables observadas (temperatura, salinidad,  $\sigma_t$ ).
- Obtención de variables derivadas: velocidad geostrófica y vorticidad. Representación de mapas horizontales.
- Validez de la aproximación geostrófica. Desviaciones. Componentes ageostróficas. Introducción a la ecuación Omega. Estimación de la velocidad vertical.

#### *Bloque II. Oscilaciones estacionarias en cuencas semicerradas.*

##### II. 1 Oscilaciones estacionarias en cuencas semicerradas

- Modos normales de oscilación en cuencas. Aplicaciones a distintas geometrías.
- Modos normales en puertos.
- Modelos sencillos de oscilaciones en cuencas y puertos

#### *Bloque III. Dinámica de mareas y análisis armónico.*

##### III. 1 Dinámica de mareas

- Mareas.
- Potencial Generador de marea.
- Marea de equilibrio.
- Marea real.
- Marea interna. Mezclas inducidas por la topografía. Estimación con modelos sencillos

de mezclas en la plataforma.

### III. 2 Análisis armónico de marea.

- Análisis armónico de nivel del mar.
- Análisis armónico de corrientes de marea.
- Estimación de errores.
- Software de análisis armónico: t\_tide, x\_tide, j\_tide.

### *Bloque IV. Introducción a la Oceanografía regional*

#### IV.1 Oceanografía física del Estrecho de Gibraltar

- Dinámica del Estrecho de Gibraltar.
- Del intercambio secular a las oscilaciones de más alta frecuencia.
- Introducción a las imágenes de satélite SST. Análisis espacio-temporal de datos mediante funciones empíricas ortogonales. Aplicaciones a imágenes de satélite y otros conjuntos de datos.

## **Métodos docentes de la UD III.2**

Los descritos para el módulo de conocimiento.

## **Criterios de evaluación de la UD III.2**

La evaluación de los alumnos se realizará teniendo en cuenta de forma ponderada los siguientes aspectos:

- Realización de ejercicios propuestos (60% de la puntuación total)
- Realización de trabajos bibliográficos propuestos (20%)
- Asistencia y participación en las clases presenciales (20% de la puntuación total).

## **Bibliografía de la UD III.2**

### **Bibliografía básica**

- Kundu, P.K., Fluid Mechanics, Academic Press, San Diego, 1990.
- Pedlosky, J., Geophysical Fluid Dynamics, Springer-Verlag, New York, 1987.
- Gill, A. E.: Atmosphere-Ocean Dynamics, Academic Press, New York, 1982.
- Neumman, G: y W.J. Pierson, Principles of Physical Oceanography, Prentice Hall, New Jersey, 1966.
- Pond, S. y G.L. Pickard, Introductory Dynamical Oceanography, Pergamon Press, Oxford, 1991.
- Tomczak, M. y J.S. Godfrey, Regional Oceanography, an Introduction, Pergamon, Oxford, 1994.