

Guía docente de la asignatura

Fecha de aprobación por la Comisión Académica: 19/07/2023

Análisis Numérico para la Predicción y Tratamiento de la Calidad del Agua (MA9/56/7/34)**Máster**

Máster Doble: Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos + Máster Universitario en Técnicas y Ciencias de la Calidad del Agua (Idea)

MÓDULO

- Asignaturas del Máster Técnicas y Ciencias de la Calidad del Agua (Idea) (Perfil Investigador)
- Asignaturas del Máster Técnicas y Ciencias de la Calidad del Agua (Idea) (Perfil Profesional)

RAMA

Ingeniería y Arquitectura

CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO

Escuela Internacional de Posgrado

Semestre

Segundo

Créditos

3

Tipo

Optativa

Tipo de enseñanza

Presencial

PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES

Haber cursado los módulos comunes del Máster

BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (Según memoria de verificación del Máster)

Se proporcionará a los estudiantes los conceptos fundamentales para el uso con criterio y como experto de modelos matemáticos y numéricos para a la predicción de la calidad del agua en sistemas acuáticos naturales recogidos en la Directiva Marco del Agua, masas de agua artificiales, y su tratamiento. Se describirán y aplicarán las técnicas fundamentales de análisis numérico necesarias para comprensión de dichos modelos, su validación, calibración y explotación profesional y/o científica.

COMPETENCIAS**COMPETENCIAS BÁSICAS**

- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
- CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

COMPETENCIAS GENERALES

- CG01 - Capacidad para la realización de estudios multidisciplinares para la solución de problemas complejos y para la ejecución de programas de investigación detallados en el ámbito de la calidad del agua sobre la base de conocimientos, técnicas y herramientas avanzadas y el método científico
- CG02 - Capacidad para liderar y ejecutar proyectos de investigación, informes técnicos y convenios de colaboración en materia de caracterización del estado ecológico, estado químico y grado de contaminación y evaluación de la calidad de las distintas masas de agua definidas en la Directiva Marco (sistemas lóticos, sistemas lénticos, aguas de transición y costeras, aguas subterráneas) y desde un punto de vista interdisciplinar e integrado.
- CG03 - Capacidad para sintetizar, elaborar, analizar y presentar conclusiones y resultados a nivel de informe profesional y/o científico, y en forma oral o escrita, en el ámbito de la evaluación, tratamiento y predicción de la calidad del agua teniendo en cuenta la valoración ambiental y socioeconómica de los mismos.
- CG04 - Capacidad para identificar, definir y formular problemas de interés científico y técnico en el ámbito del diagnóstico, tratamiento y predicción de la calidad del agua.
- CG05 - Capacidad para elaborar propuestas competitivas a nivel nacional e internacional que puedan derivar en proyectos técnicos o de investigación financiados en el ámbito del diagnóstico, tratamiento y predicción de la calidad del agua.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE01 - Conocimiento de los procesos físicos, químicos y biológicos significativos para la caracterización del estado ecológico de masas de agua.
- CE02 - Capacidad para comprender y describir de forma cuantitativa, utilizando herramientas matemáticas, informáticas y de tipo experimental, el movimiento del agua, entendido éste como factor determinante de la variabilidad espacial y temporal de la calidad del agua en la hidrosfera.
- CE05 - Entender las ecuaciones diferenciales como herramientas que permiten describir y caracterizar la variabilidad espacial y temporal de variables físicas, químicas y biológicas relacionadas con el estado ecológico, la calidad y el tratamiento de las masas de agua y ser capaces de encontrar sus soluciones.
- CE13 - Capacidad para diseñar, implementar y explotar, de forma eficiente, técnicas y herramientas avanzadas para la caracterización, evaluación, tratamiento o predicción del



estado ecológico y grado de contaminación de las masas de agua.

COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT01 - Motivación por la excelencia y responsabilidad en el trabajo sobre la base del compromiso ético con el mismo y el perfeccionamiento continuado de sus competencias a lo largo de la vida profesional.
- CT02 - Capacidad de organización y planificación.
- CT03 - Motivación por la calidad en el aprendizaje para obtener la capacitación de alto nivel que haga posible la resolución de problemas complejos a partir de metodologías científico- técnicas avanzadas.
- CT05 - Capacidad creativa.
- CT06 - Capacidad de trabajo en equipo.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

El alumno sabrá/comprenderá:

- Entender los principios del análisis numérico en los que se basan los modelos comerciales existentes en el ámbito de la calidad del agua.
- Entender las bases de la formulación e implementación numérica de ecuaciones de conservación y transporte reactivo que simulan el comportamiento de los contaminantes en masas de agua y el estado y evolución de su calidad en 1, 2 y 3 dimensiones.
- Comprender, formular y aplicar, con criterio, distintas metodologías numéricas para la resolución de ecuaciones en el ámbito de la predicción de la calidad del agua y su tratamiento
- Comprender, implementar y aplicar con criterio técnicas de calibración y asimilación de datos.
- Comprender e implementar las técnicas y formatos que permiten adaptar los resultados de modelos numéricos para su visualización e interpretación sobre la base de tecnologías de información geográfica.

El alumno será capaz de:

- Evaluar y cuantificar la precisión y propiedades de los esquemas numéricos para la resolución de ecuaciones en el ámbito de la predicción y tratamiento de la calidad del agua, y el transporte y cinética de contaminantes.
- Entender y analizar críticamente resultados de modelos numéricos aplicados a la calidad y tratamiento del agua y la validez de los mismos.
- Resolver numéricamente, implementar y explotar de forma eficiente modelos integrados y distribuidos de dinámica de ecosistemas, sistemas de tratamiento de agua (reactores de flujo continuo), modelos ecohidráulicos (hidrodinámica y transporte de contaminantes en masas de agua superficiales) e hidrológicos (hidrología y transporte de contaminantes en acuíferos).

PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

TEÓRICO



Tema 1. Ecuaciones de gobierno en modelos integrados (modelos de caja). Modelos de balance de masa. Modelos cinéticos. Tipología matemática. Problemas de contorno, problemas de valor inicial. Métodos de resolución numérica. Errores y normas. Aplicación práctica: (1) modelos STR y (2) dinámica de ecosistemas acuáticos.

Tema 2. Ecuaciones de conservación en modelos distribuidos de transporte. Formulación diferencial, tipos de transporte, términos fuente. Ejemplos para la dinámica de fluidos: números adimensionales, mecanismos de transporte, turbulencia, estratificación, parámetros fundamentales, y clasificación de fluidos, términos fuente y sumidero. Ejemplos para el transporte de contaminantes y dinámica de ecosistemas en medio acuoso y medio poroso.

Tema 3. Métodos numéricos en ecuaciones de transporte: fundamentos numéricos. Tipología matemática de ecuaciones de transporte en modelos distribuidos. Aproximaciones clásicas. Condiciones de contorno, condiciones de inicio. Concepto de estabilidad, convergencia y consistencia, difusión numérica. Fundamentos del método de diferencias finitas (DF), Elementos Finitos (MEF) y Volúmenes Finitos (VOF). Tipología y clasificación de esquemas numéricos. Métodos directos e indirectos de resolución. Ejemplos de aplicación en medio acuoso y medio poroso.

Tema 4. Técnicas y herramientas numéricas. Estructura de modelos numéricos comerciales y flujo de trabajo. Preproceso: mallado, tipología de mallas, ejemplos. Técnicas de calibración y validación. Herramientas de inteligencia artificial y ciencia de datos. Estimación de riesgo.

Tema 5. Modelos de flujo y transporte reactivo de contaminantes en medios porosos. Esquemas numéricos. Modelos comerciales. Aplicaciones.

Tema 6. Modelos de flujo y transporte reactivo de contaminantes en sistemas acuáticos a presión y de lámina libre. Transporte difusivo y transporte turbulento. Esquemas numéricos. Modelos de turbulencia. Aproximación de aguas someras. Modelos comerciales. Aplicaciones.

PRÁCTICO

Ejercicios individuales.

Prácticas de modelado:

- Práctica 1. Implementación de modelo numérico de tipo STR de una y dos cajas. Aplicación a dinámica de blooms y reactor de flujo continuo. Calibración y validación.
- Práctica 2. Aplicación de modelo distribuido 2Dt aplicado a evolución distribución de vertido contaminante reactivo en el entorno de un emisario submarino: campo cercano y lejano. Efecto de modelo de turbulencia. Asimilación y calibración en problemas multiparamétricos, análisis de sensibilidad. Visualización avanzada. Generación estadística de escenarios y estimación de riesgo.

Seminarios:

- Herramientas de inteligencia artificial y ciencia de datos para la predicción y el tratamiento de la calidad del agua en sistemas acuáticos. Implementación con Python. Aplicaciones prácticas.

BIBLIOGRAFÍA



BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

Fischer, et al. (1979). *Mixing in Inland and Coastal Waters*, Ed. Academic Press.

Holzbecher, E. (2007) *Environmental Modelling using Matlab*. Ed. Springer

Novak, P., Guinot, U. Jeffrey, A.M. y Reeve, D.E. (2010). *Hydraulic modeling – an introduction: principles, methods and applications*. Spon Press.

Kuzmin, D. (2010). *A guide for numerical methods for transport equations*. Ed. Friedrich-Alexander-Universität.

Wang, H.F. and Anderson, M. P. (1982). *Introduction to groundwater modeling. Finite difference and finite element methods*. Academic Press.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Hall, B. & Leaky, M. (2008): *Open source approaches in spatial data handling: advances in geographic information science*. Ed. Springer.

Lermusiaux, P.F.J, (2007). [Adaptive Modeling, Adaptive Data Assimilation and Adaptive Sampling](#) Special issue on “Mathematical Issues and Challenges in Data Assimilation for Geophysical Systems: Interdisciplinary Perspectives”. C.K.R.T. Jones and K. Ide, Eds. *Physica D*, Vol 230, 172–196.

Logan, B.E. (2012) *Environmental transport processes*. 2nd Ed. Wiley.

ENLACES RECOMENDADOS

- Open Access ebook Collection, IWA : <http://www.iwapublishing.com/open-access-ebooks>
- Colección libros electrónicos, Biblioteca UGR: https://biblioteca.ugr.es/pages/biblioteca_electronica/libros_enciclopedias_electronicos/libros
- Scopus: www.scopus.com
- <https://es.mathworks.com/help/matlab/index.html>
- <https://www.comsol.com/learning-center>
- <https://www.python.org/>

METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 Método expositivo ¿ se exponen los contenidos de la asignatura de forma oral por parte de un profesor o profesora sin la participación activa del alumnado. Es un método para presentar sistemáticamente la mayor parte de los contenidos de un programa, introduciendo las ideas ordenadamente y ofreciendo el mayor número posible de ellas. Este método se podrá hacer a través de lecciones magistrales por parte del profesor, o mediante seminarios de expertos.
- MD02 Método de indagación. El propósito de este método es que el alumno elabore sus conocimientos y que induzca o deduzca reglas y aporte soluciones a problemas, ejemplos, ejercicios o casos prácticos aportados por el profesor. Esta metodología podrá plasmarse



a través de: Actividades Prácticas (laboratorio, campo y ordenador), Visitas Técnicas, Búsqueda de Información, Resolución de Casos de Estudio, Resolución de Ejercicios, Discusiones y Coloquios

- MDO3 Aprendizaje Autónomo. Su finalidad es desarrollar la capacidad de autoaprendizaje; formar a los estudiantes para que se responsabilicen de su trabajo y de la adquisición de sus propias competencias. Se podrá realizar a través de: Ejercicios, Trabajos Escritos, Presentaciones Orales, y Trabajos Prácticos individuales. Su objetivo es que los estudiantes aprendan a pensar y trabajar independientemente, lo que implica llegar a dominar una serie de capacidades para autodirigirse y organizar sus propios estudios.
- MDO4 Aprendizaje Cooperativo. Su finalidad es el aprendizaje del alumno a través de la generación e intercambio de ideas y el análisis de diferentes puntos de vista mediante la colaboración de un grupo de estudiantes. Esta metodología se llevará a cabo a través de ejercicios en grupo, prácticas en grupo y presentaciones orales en grupo

EVALUACIÓN (instrumentos de evaluación, criterios de evaluación y porcentaje sobre la calificación final)

EVALUACIÓN ORDINARIA

La evaluación ordinaria es continua a través de :

- Asistencia y participación en actividades de la asignatura: 20%
- Exámen individual: 40%
- Ejercicios y prácticas individuales: 10%
- Ejercicios y prácticas en grupo: 10%
- Pruebas orales individuales o en grupo: 10%

Para aprobar la asignatura es necesario obtener una calificación mínima de 5 sobre 10 en el examen individual.

EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

El 100 % de la calificación se obtendrá del examen teórico-práctico presencial a individual con el contenido de todo el temario impartido en la asignatura según lo descrito en la guía docente.

EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

El 100 % de la calificación se obtendrá del examen teórico-práctico presencial a individual con el contenido de todo el temario impartido en la asignatura según lo descrito en la guía docente.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Información de interés para estudiantado con discapacidad y/o Necesidades Específicas de Apoyo Educativo (NEAE): [Gestión de servicios y apoyos](https://ve.ugr.es/servicios/atencion-social/estudiantes-con-discapacidad) (<https://ve.ugr.es/servicios/atencion-social/estudiantes-con-discapacidad>).

