



## Grado en Ingeniería Civil 28734 - Ampliación de hidrología subterránea

Guía docente para el curso 2014 - 2015

Curso: 3, Semestre: 2, Créditos: 6.0

### Información básica

#### Profesores

- Pedro Luis Lopez Julian pllopez@unizar.es

#### Recomendaciones para cursar esta asignatura

Para un adecuado desarrollo de la presente asignatura, es conveniente que el alumno haya cursado y, preferentemente aprobado, previamente, las denominadas asignaturas de "Fundamentos de Ingeniería Hidráulica", "Ampliación de Ingeniería Hidráulica e Hidrología" Y Geotecnia, de segundo curso de la titulación, en las cuales se tratan conceptos básicos de gran utilidad para el desarrollo de la asignatura de Ampliación de Ingeniería Subterránea.

#### Actividades y fechas clave de la asignatura

La metodología docente de esta asignatura se basa en una serie de actividades organizadas y dirigidas desde el profesor hacia el alumno y de carácter presencial, en las cuales se impartirán los conceptos básicos que el alumno consolidará mediante la realización de prácticas tutorizadas, también de carácter presencial y dirigido. Además, en las sesiones prácticas se propondrán actividades autónomas para que el alumno aborde su resolución de manera no dirigida. Según lo expuesto, la metodología docente se puede esquematizar como sigue:

- **Actividades presenciales.**- Se desarrollarán en el Centro, con la distribución en grupos de teoría y práctica según el cronograma de la titulación.
  - *Clases teóricas.*- Impartición de los conceptos teóricos de la asignatura.
  - *Sesiones prácticas de laboratorio.*- Realización de ensayos en el laboratorio.
  - *Sesiones prácticas de resolución de problemas.*- Presentación de ejemplos, propuesta y resolución de problemas de forma tutorizada por el profesor, en relación con los conceptos teóricos impartidos en las clases teóricas.
- **Actividades no presenciales.**- Propuesta de problemas para que el alumno los resuelva de forma independiente, con el apoyo del profesor en tutorías. Estas actividades constituyen una parte importante del desarrollo autónomo del alumno a la hora de abordar problemas y buscar soluciones a los mismos.

Las fechas más significativas se encuentran recogidas en el siguiente cronograma orientativo, pudiendo variar en función del desarrollo de la actividad lectiva. Se corresponden con las fechas en las que se realizarán exámenes de los contenidos de la asignatura.

Actividad	Semana lectiva														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Prueba 1								X							



La circulación de las aguas subterráneas en el subsuelo obedece a una serie de variables que es necesario conocer para plantear adecuadamente su participación en las obras hidráulicas. El planteamiento de la asignatura persigue interrelacionar los conceptos teóricos con las estrategias de planteamiento y resolución numérica; incluye, además, los diferentes ensayos que sobre el terreno y en el laboratorio permiten obtener valores para poder proceder a los cálculos numéricos en distintas situaciones hidrogeológicas de interés no sólo en las infraestructuras hidráulicas, sino en relación con la participación del agua subterránea en cualquier obra civil.

## Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

La ubicación de la presente asignatura en el tercer curso de la titulación obedece al interés de ofrecer, a los alumnos de Ingeniería Civil, una profundización en aspectos ya presentados y trabajados en asignaturas del curso anterior, concretamente en la denominada "Ampliación de Hidráulica e Hidrología". Además, la ubicación de esta asignatura permite aprovechar los conceptos trabajados en la asignatura "Geotecnia", de segundo curso de la titulación, en lo relativo a las distintas tipologías de los materiales geológicos y de los métodos de caracterización física usualmente empleados para evaluar su comportamiento natural.

Esta ubicación va a permitir profundizar adecuadamente en aspectos hidrogeológicos aplicados a las obras civiles, ya que los alumnos están capacitados para comprender las distintas fases de proyecto, ejecución y puesta en servicio de dichas obras y, por tanto, la relevancia de la hidrogeología en cada una de ellas.

Esta asignatura, de 6 créditos ECTS, pertenece al módulo de formación específica del itinerario formativo de Hidrología y se oferta con carácter obligatorio para los alumnos del Grado en Ingeniería Civil con este itinerario y con carácter optativo para los alumnos que han elegido el itinerario formativo de Construcciones Civiles.

## Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...

### 1: COMPETENCIAS OBLIGATORIAS

**EH1.** Conocimiento y capacidad para proyectar y dimensionar obras e instalaciones hidráulicas, sistemas energéticos, aprovechamientos hidroeléctricos y planificación y gestión de recursos hidráulicos superficiales y subterráneos.

### 2: COMPETENCIAS GENERALES (Centro Universitario)

- **G01.** Capacidad de organización y planificación
- **G02.** Capacidad para la resolución de problemas
- **G03.** Capacidad para tomar decisiones
- **G04.** Aptitud para la comunicación oral y escrita de la lengua nativa
- **G05.** Capacidad de análisis y síntesis
- **G06.** Capacidad de gestión de la información
- **G07.** Capacidad para trabajar en equipo
- **G08.** Capacidad para el razonamiento crítico
- **G09.** Capacidad para trabajar en un equipo de carácter interdisciplinar
- **G10.** Capacidad de trabajar en un contexto internacional
- **G11.** Capacidad de improvisación y adaptación para enfrentarse a nuevas situaciones
- **G12.** Aptitud de liderazgo
- **G13.** Actitud social positiva frente a las innovaciones sociales y tecnológicas
- **G14.** Capacidad de razonamiento, discusión y exposición de ideas propias
- **G15.** Capacidad de comunicación a través de la palabra y de la imagen
- **G16.** Capacidad de búsqueda, análisis y selección de la información
- **G17.** Capacidad para el aprendizaje autónomo.
- **G18.** Poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel, que si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio.
- **G19.** Aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias

que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y resolución de problemas dentro de su área de estudio.

- **G20.** Capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.
- **G21.** Transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.
- **G22.** Desarrollar aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.
- **G23.** Conocer y comprender el respeto a los derechos fundamentales, a la igualdad de oportunidad entre mujeres y hombres, la accesibilidad universal para personas con discapacidad, y el respeto a los valores propios de la cultura de la paz y los valores democráticos.
- **G24.** Fomentar el emprendimiento.
- **G25.** Conocimientos en tecnologías de la información y la comunicación.

## **Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:**

Los resultados del aprendizaje perseguidos en la asignatura "Ampliación de Hidrología Subterránea" van a proporcionar al alumno una visión detallada tanto del comportamiento del agua en el subsuelo, como de su interacción con los distintos tipos de materiales en los que se puede encontrar. También les va a familiarizar con las metodologías de campo y de laboratorio más comunes en este campo. Además, la parte autónoma del aprendizaje va a incidir en el desarrollo de la capacidad del alumno para identificar problemas y desarrollar estrategias para su resolución, en particular en lo relativo a la interacción de las aguas subterráneas con las obras civiles.

---

## **Evaluación**

---

### **Actividades de evaluación**

#### **El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación**

**1:**

La evaluación debe entenderse como un proceso continuo e individualizado a lo largo de todo el período de enseñanza-aprendizaje, valorando prioritariamente las capacidades y habilidades de cada alumno, así como los rendimientos de los mismos.

Al comienzo de la asignatura el alumno elegirá una de las dos siguientes metodologías de evaluación:

- **Un Sistema de Evaluación continua:** caracterizada por la obligatoriedad de realizar y superar las pruebas prácticas, exámenes parciales y trabajos académicos propuestos en la asignatura, dentro de los plazos establecidos para este fin.
- **Un Sistema de Evaluación no continua:** caracterizada por no realizar o no superar las pruebas prácticas, exámenes parciales o trabajos académicos propuestos en la asignatura. En este caso, el alumno tiene que hacer examen final obligatoriamente.

El plazo y modo de entrega de las pruebas prácticas y trabajo académicos, quedará indicado en la planificación de la asignatura.

A continuación se detallan las condiciones específicas de las dos opciones.

**2:**

#### **SISTEMA DE EVALUACIÓN CONTINUA**

Siguiendo el espíritu de Bolonia, en cuanto al grado de implicación y trabajo continuado del alumno a lo largo del curso, la evaluación de la asignatura contempla el sistema de evaluación continua como el más acorde para estar en consonancia con las directrices marcadas por el nuevo marco del EEES.

El sistema de evaluación continua va a contar con el siguiente grupo de actividades calificables:

**1º Ejercicios de evaluación continua:** El alumno realizara una serie de ejercicios de evaluación continua, que serán distribuidos a lo largo del curso. Cada ejercicio se entregara al alumno una vez finalizado los temas de teoría y ejercicios correspondientes. El alumno dispondrá de una semana para realizarlo y entregarlo al profesor, ya que esta actividad es continua y no se debe demorar en el tiempo.

Los ejercicios de evaluación continua serán similares a los realizados en clase, y para su resolución el alumno dispondrá además de la asistencia del profesor en horario de tutorías, para aclarar cualquier duda sobre el mismo.

Dicha actividad contribuirá globalmente con un 30 % a la nota final de la asignatura, y para tener en cuenta esta nota, se deberá entregar todos los ejercicios.

## **2º Pruebas de evaluación continua.**

El alumno realizara un total de dos pruebas escritas de carácter obligatorio en el sistema de evaluación continua, que serán distribuidas a lo largo del curso, una a mitad (semana 8) y otra a finales del semestre. Dichas pruebas recogerán cuestiones teóricas y ejercicios de los temas correspondientes.

Dicha actividad contribuirá globalmente con un 70 % a la nota final de la asignatura. Se debe obtener como mínimo una nota de 4.0 sobre 10 en cada prueba escrita, y de no ser así se dará por suspendida la actividad.

Previamente a la primera convocatoria, el profesor de la asignatura notificará a cada alumno/a si ha superado o no la asignatura en función del aprovechamiento del sistema de evaluación continua, en base a la suma de las puntuaciones obtenidas en las distintas actividades desarrolladas a lo largo de la misma.

En caso de no aprobar de este modo, el alumno dispondrá de las dos convocatorias para hacerlo, pero esta vez bajo la modalidad de prueba global de evaluación), Por otro lado el alumno que haya superado la asignatura mediante esta dinámica, también podrá optar por la evaluación final, en primera convocatoria, para subir nota pero nunca para bajar.

Los criterios de evaluación a seguir para las actividades del sistema de evaluación continua son:

- **Ejercicios:** Se valorará su presentación y correcto desarrollo, la redacción y coherencia de lo tratado, así como la consecución de resultados y las conclusiones finales obtenidas. La puntuación irá de 0 a 10 puntos.

- **Pruebas evaluatorias escritas:** Consistirán en un examen escrito puntuado de 0 a 10. La calificación final de dicha actividad vendrá dada por la media aritmética de dichas pruebas, siempre y cuando no exista una nota unitaria por debajo de 4 puntos, en este caso la actividad quedará suspensa. Se valorará el planteamiento y la correcta resolución, así como la justificación de la metodología empleada a la hora de resolver los ejercicios.

## **3: PRUEBA GLOBAL DE EVALUACIÓN FINAL**

El alumno deberá optar por esta modalidad cuando, por su coyuntura personal y razonadamente justificable, no pueda adaptarse al ritmo de trabajo requerido en el sistema de evaluación continua, o bien cuando haya suspendido o quisiera subir nota habiendo sido participe de esta última metodología de evaluación.

Al igual que en la metodología de evaluación continua, la prueba global de evaluación final tiene por objetivo comprobar si los resultados de aprendizaje han sido alcanzados, al igual que contribuir a la adquisición de las diversas competencias.

La prueba global de evaluación final en 1ª Convocatoria va a contar con el siguiente grupo de actividades calificables:

- **Trabajo propuesto:** El profesor propondrá un trabajo a realizar de manera individual por el alumno,

siendo entregado y presentado en la fecha fijada al efecto. Dicha actividad contribuirá con un 30% a la nota final de la asignatura, y comprenderá los distintos aspectos que en la metodología de evaluación continua se cubren mediante los ejercicios.

- **Examen escrito:** Debido al tipo de asignatura, el tipo de prueba más adecuada es la que consiste en la resolución de ejercicios de aplicación teórica y/o práctica de similares características a los resueltos durante el desarrollo convencional de la asignatura, junto con la respuesta a cuestiones teóricas breves. Dicha prueba contribuirá con un 70 % a la nota final de la asignatura.

La prueba global de evaluación final en 2ª Convocatoria :

- **Examen escrito:** Dicha prueba será única con teoría y ejercicios representativos de los temas, contribuyendo con un 100 % a la nota final de la asignatura.

---

## Actividades y recursos

---

### Presentación metodológica general

#### El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:

La metodología docente de esta asignatura se basa en una serie de actividades organizadas y dirigidas desde el profesor hacia el alumno y de carácter presencial, fundamentalmente clases expositivas y sesiones prácticas en el aula. Además, en las sesiones prácticas se propondrán actividades autónomas para que el alumno aborde su resolución de manera no dirigida, cuya resolución tendrá lugar en la siguiente sesión práctica. Según lo expuesto, la metodología docente se puede esquematizar como sigue:

- **Clases expositivas:** En ellas el profesor presenta los contenidos teóricos según los distintos bloques temáticos definidos para la materia.
- **Sesiones prácticas presenciales:** En estas sesiones se trabajará de forma práctica y dirigida sobre los contenidos presentados en las clases teóricas, para reforzar de este modo el aprendizaje significativo del alumno. Se resolverán en ellas distintas cuestiones propuestas por el profesor, que tras el debate y un periodo de reflexión del alumno serán resueltas de forma conjunta. Consistirán en prácticas de laboratorio y en sesiones de resolución numérica de problemas de geotecnia.
- **Trabajos no presenciales:** Sobre la materia trabajada en prácticas, se propondrán trabajos para que el alumno aborde su resolución de forma no dirigida, con el apoyo prestado en tutorías. Esta metodología incide en la importancia de la reflexión personal del alumno y su enfrentamiento a problemas prácticos que debe resolver sin dirección, pero con el apoyo del profesor en aquellos aspectos que van suponiendo dificultades a superar.

La combinación de estas tres metodologías se considera imprescindible para que el alumno vaya progresivamente avanzando en la consecución de los objetivos.

La asignatura consta de 6 créditos ECTS, lo cual representa 150 horas de trabajo del alumno en la asignatura durante el semestre. El 40% de este trabajo (60 h.) se realizará en el aula, y el resto será autónomo, teniendo en cuenta que un semestre-tipo consta de 15 semanas lectivas. Para realizar la distribución temporal se utiliza como medida la semana lectiva, en la cual el alumno debe dedicar al estudio de la asignatura 10 horas.

### Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)

**El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...**

1:

## **CONTENIDOS TEÓRICOS**

Los contenidos teóricos se articulan en base a las unidades didácticas que a continuación se enumeran. También se indica su dedicación en número de semanas, tomando como base un semestre-tipo de 15 semanas lectivas. La distribución por semanas indicada incluye tanto las sesiones presenciales como la dedicación no presencial por parte del alumno, organizada esta última en torno a actividades autónomas.

### **INTRODUCCIÓN (1 SEMANA)**

- INTRODUCCIÓN A LA HIDROGEOLOGÍA. RELACIÓN ENTRE EL CICLO HIDROLÓGICO SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEO

### **HIDRÁULICA SUBTERRÁNEA (7 SEMANAS)**

- HIDRÁULICA SUBTERRÁNEA. POROSIDAD, PERMEABILIDAD, CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA, TRANSMISIVIDAD, LEY DE DARCY
- ACUÍFEROS EN SUELOS Y ROCAS: MEDIOS POROSOS Y MEDIOS FRACTURADOS.
- TIPOS DE ACUÍFEROS. UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS
- RELACIONES AGUA SUPERFICIAL – AGUA SUBTERRÁNEA
- PIEZOMETRÍA: MAPAS DE ISOPIEZAS. CARTOGRAFÍA HIDROGEOLÓGICA
- BALANCE DE AGUAS EN ACUÍFEROS: ALIMENTACIÓN Y DESCARGA, BALANCE HÍDRICO. RESERVAS HÍDRICAS SUBTERRÁNEAS. GESTION DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS.

### **CALIDAD QUÍMICA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS (1 SEMANA)**

- MINERALIZACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS (REACCIONES QUÍMICAS, CONTAMINACIÓN DE ACUÍFEROS)
- REPRESENTACIONES GRÁFICAS DE PARÁMETROS HIDROQUÍMICOS

### **TÉCNICAS DE ESTUDIO Y EXPLORACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS (4 SEMANAS)**

- INICIACIÓN A LA MODELIZACIÓN DEL FLUJO SUBTERRÁNEO.
- SOLUCIONES ANALÍTICAS. ENSAYOS DE BOMBEO: RÉGIMEN PERMANENTE Y ESTACIONARIO
- SOLUCIONES GRÁFICAS: REDES DE FLUJO

### **EL AGUA SUBTERRÁNEA EN LAS OBRAS PÚBLICAS (2 SEMANAS)**

- AGUA SUBTERRÁNEA Y OBRAS HIDRÁULICAS. AFECCION A OBRAS Y EJECUCION DE BOMBEOS.
- PROBLEMAS GEOTECNICOS: SIFONAMIENTO, MODIFICACION DE LAS CARACTERISTICAS RESISTENTES DEL TERRENO POR PRESENCIA DE AGUA SUBTERRÁNEA

2:

## **CONTENIDOS PRÁCTICOS**

La asignatura de “Ampliación de Hidrología Subterránea” incluye la realización por parte del alumno de una serie de actividades prácticas, consistentes por ejemplo en la resolución de problemas numéricos y elaboración de cartografías temáticas, que se realizarán en el aula. A continuación se concretan las principales actividades prácticas previstas:

- Elaboración de mapas de isopiezas y perfiles hidrogeológicos
- Interpretación de ensayos de bombeo
- Representaciones gráficas de parámetros hidroquímicos

## **Planificación y calendario**

### **Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos**

La metodología de evaluación continua conlleva un calendario que será necesario respetar por parte de los alumnos. Se propondrán varios ejercicios que complementarán a los realizados en las sesiones prácticas, y que se recogerán según unas fechas límite, concretamente en la siguiente semana tras su propuesta.

Por otra parte, las pruebas de evaluación asociadas a la opción de evaluación continua se realizarán al finalizar las semanas 8 y 15 del semestre, ya que en ellas se tendrán en consideración los aspectos relativos a las unidades didácticas

desarrolladas hasta dichas semanas.

## **Recursos**

### **MATERIALES**

Los materiales que se van a suministrar al alumno durante el desarrollo de la asignatura van a consistir principalmente en guiones de los temas que constituyen la asignatura, junto a documentación que incluye algunos de los aspectos desarrollados en las sesiones teóricas, además de los enunciados de los ejercicios prácticos. Todo este material, unido a las presentaciones en formato Power Point empleadas en clase y a las propuestas de trabajos prácticos, estarán a disposición del alumnado a través de la plataforma Moodle.

## **Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada**

- Hidrogeología : conceptos básicos de hidrología subterránea / Comisión Docente Curso Internacional de Hidrología Subterránea formada por, Roser Escuder ... [et al.] Barcelona : FCIHS, 2009
- Hidrología subterránea / Emilio Custodio, Manuel Ramón Llamas, directores de edición . - 2a ed. corr., [reimp.] Barcelona : Omega, cop. 1996
- Ingeniería geológica / Luis I. González de Vallejo...[et al.] Madrid [etc.] : Prentice Hall, 2006
- Martínez Alfaro, Pedro Emilio. Fundamentos de hidrogeología / Pedro E. Martínez Alfaro, Pedro Martínez Santos, Silvino Castaño Castaño Madrid : Mundi-Prensa, 2006
- Sanz Pérez, Eugenio. Hidráulica subterránea aplicada / Eugenio Sanz Pérez . [Madrid] : Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, [2013