

Guía docente de la asignatura

Fecha de aprobación por la Comisión Académica: 18/07/2023

## Presas y Aprovechamientos Hidroeléctricos (MA9/56/3/22)

### Máster

Máster Doble: Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos + Máster Universitario en Hidráulica Ambiental

### MÓDULO

Módulo de Formación General

### RAMA

Ingeniería y Arquitectura

### CENTRO RESPONSABLE DEL TÍTULO

Escuela Internacional de Posgrado

Semestre	Segundo	Créditos	6	Tipo	Optativa	Tipo de enseñanza	Presencial
----------	---------	----------	---	------	----------	-------------------	------------

### PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES

Tener aprobada la asignatura "Obras y Aprovechamientos Hidráulicos"

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

Presas y embalses. Predimensionamiento. Presas de fábrica y presas de materiales sueltos. Aliviaderos, desagües y tomas. Seguridad, explotación y conservación. Balsas. Aprovechamientos hidroeléctricos.

### 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

- CG18 - Conocimientos adecuados de los aspectos científicos y tecnológicos de métodos matemáticos, analíticos y numéricos de la ingeniería, mecánica de fluidos, mecánica de medios continuos, cálculo de estructuras, ingeniería del terreno, ingeniería marítima, obras y aprovechamientos hidráulicos y obras lineales.

### COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE21 - 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.
- CE23 - Conocimiento de los proyectos de servicios urbanos relacionados con la distribución de agua y el saneamiento.

### COMPETENCIAS TRANSVERSALES

- CT01 - Capacidad de análisis y síntesis
- CT02 - Capacidad de organización y planificación
- CT03 - Comunicación oral y/o escrita
- CT05 - Capacidad de gestión de la información
- CT06 - Resolución de problemas
- CT07 - Trabajo en equipo
- CT08 - Razonamiento crítico
- CT09 - Aprendizaje autónomo
- CT10 - Creatividad
- CT12 - Sensibilidad hacia temas medioambientales

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Objetivos)

Cuando concluya el desarrollo de esta asignatura se espera que el alumno sea capaz de:

1. Conocer la importancia y problemática de la energía hidroeléctrica y su aprovechamiento
2. Conocer la importancia y problemática de las presas y embalses
3. Identificar las diferentes tipologías de aprovechamientos hidroeléctricos y de presas, sus funciones, condicionantes y alternativas de diseño
4. Predimensionar aprovechamientos hidroeléctricos y presas
5. Manejar adecuadamente los métodos de cálculo más apropiados para cada problema



6. Analizar críticamente los resultados de los cálculos, detectando posibles errores en los mismos o incluso en los datos de partida cuando dicho resultado se aleje del orden de magnitud adecuado o de la práctica ingenieril.
7. Deducir las fórmulas de cálculo más importantes e identifica el efecto e importancia de cada una de las variables y parámetros que en ellas intervienen, conociendo su origen, limitaciones y campos de aplicación
8. Manejar adecuadamente las distintas unidades usadas habitualmente en ingeniería así como su lenguaje técnico.
9. Ser consciente de las limitaciones de su propio conocimiento para saber cuándo es preciso acudir a métodos de diseño o cálculo más avanzados o cuándo se debe reclamar la ayuda de otros especialistas.

## PROGRAMA DE CONTENIDOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

### TEÓRICO

#### Tema 1. FUNDAMENTOS Y ESTUDIOS PREVIOS

- Presas y embalses. Fundamentos: generalidades y tipologías de presas. Funciones de la Presa. Evolución histórica. Tipologías. Normativa y legislación de presas. Instrucción del 67. Reglamento del 96. Directriz de Protección Civil del 95. Guías Técnicas. Reglamento del Dominio Público Hidráulico. Normas Técnicas de Seguridad de Presas.
- Estudios de regulación. Régimen natural. Restricciones medioambientales. Análisis de la demanda y criterios de garantía. Regulación anual. Regulación interanual.
- La cerrada y el embalse: El río y su cuenca. Topografía. Geología. Geotecnia. Materiales. Requerimientos básicos. Evaluación de impacto ambiental. Factores que influyen en la elección del tipo de presa.
- Fuerzas actuantes: Peso propio. Empuje hidrostático. Presión intersticial, (evolución histórica de las teorías sobre la subpresión. Líneas de corriente. Líneas equipotenciales. Líneas isobaras). Efectos térmicos y de fraguado. Sismos. Sedimentos. Oleaje. Empuje del hielo. Otros. Combinación de solicitaciones.
- Aspectos medioambientales

#### Tema 2. PRESAS DE FÁBRICA

- Presas de fábrica: introducción. Presas de gravedad. Sección tipo y red de drenaje. Análisis de la estabilidad y dimensionamiento. Estabilidad al deslizamiento: métodos para mejorarla. Predimensionamiento y cálculos simplificados.
- Presas aligeradas. Cuestiones generales. Presas de contrafuertes. Presas de pantalla plana. Presas de bóvedas múltiples. Presas con aligeramientos horizontales. Predimensionamiento y cálculos simplificados.
- Presas bóveda. Cuestiones generales. Encaje de una presa bóveda. Ángulo óptimo. Estribación. Arcos policéntricos y no circulares. Predimensionamiento y cálculos simplificados.
- Construcción de presas de fábrica. Desvío del río. Excavaciones y tratamientos del terreno. Hormigón vibrado convencional. Hormigón compactado con rodillo. Galerías. Tratamiento de juntas. Detalles.

#### Tema 3. PRESAS DE MATERIALES SUELTOS

- Presas de materiales sueltos. Introducción. Presas homogéneas. Cuestiones generales. Presas homogéneas sin dren chimenea. Presas homogéneas con dren chimenea.



Predimensionamiento y cálculos simplificados.

- Presas con núcleo impermeable. Cuestiones generales. Núcleo vertical. Núcleo inclinado. Núcleo arcilloso. Núcleo asfáltico. Filtros y drenes. Espaldones. Paramentos. Predimensionamiento y cálculos simplificados.
- Presas con pantalla impermeable. Cuestiones generales. Pantallas de hormigón armado. Pantallas de hormigón asfáltico. Otras. Predimensionamiento y cálculos simplificados.
- Construcción de presas de materiales sueltos. Desvío del río. Excavaciones y tratamientos del terreno. Materiales granulares. Materiales cohesivos. Pantallas de impermeabilización. Galerías.

#### Tema 4. ALIVIADEROS Y DESAGÜES

- Aliviaderos, desagües y tomas. Estudios de avenidas. Cuestiones generales. Caudal provocado. Caudal de avenida de proyecto. Caudal de avenida extrema. Resguardos. Laminación de avenidas. Otros.
- Tipos y formas de aliviaderos: Toma de labio fijo. Toma con compuertas. Conducción en lámina libre. Conducción en presión. Reintegro con trampolín. Reintegro con cuenco de resalto. Predimensionamiento y cálculos simplificados.
- Desagües y tomas: Introducción. Tipos de desagües y tomas. Válvulas y compuertas. Operación y control. Predimensionamiento y cálculos simplificados

#### Tema 5. SEGURIDAD DE PRESAS

- Auscultación de presas. Fundamentos. Elementos de auscultación. Lectura, interpretación e informes.
- Normativa de seguridad de presas: Introducción histórica. Normativa. Clasificación de presas según el riesgo potencial. Planes de emergencia. Normas de explotación. Archivo Técnico. Normas técnicas de seguridad de presas
- Mantenimiento, conservación y rehabilitación de presas. Programas de mantenimiento y conservación. Rehabilitación de presas.
- Puesta fuera de servicio de presas.

#### Tema 6. BALSAS

- Balsas. Introducción. Tipologías. Solicitaciones. Elementos de una balsa. Detalles constructivos. Las láminas plásticas. Construcción. Explotación, mantenimiento y conservación.

#### Tema 7. APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS. FUNDAMENTOS

- Aprovechamientos hidroeléctricos: fundamentos. El mercado eléctrico: Introducción. Centrales hidroeléctricas. Centrales térmicas nucleares. Centrales térmicas convencionales. Centrales eólicas. Centrales de E. Solar. Centrales de gas. Centrales de biomasa. Centrales de energía mareomotriz. Centrales de energía geotérmica. Otras.
- Tipos de saltos de agua: Introducción. Salto de pie de presa. Salto en derivación. Salto con todas sus conducciones en presión. Centrales subterráneas. Centrales reversibles. Otros. Ejemplos prácticos.
- Turbinas: Tipos. Ecuaciones generales. Número de Camerer. Campo de aplicación.
- Potencia y energía: Introducción. Salto bruto. Salto bruto útil. Salto neto. Salto útil. Potencia de un salto. Energía producida. Coeficiente de eficacia. Factor de carga y coeficiente de equipamiento. Unidades usadas frecuentemente.

#### Tema 8. APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS. DISEÑO



- Aprovechamientos hidroeléctricos: aplicaciones. Diseño de centrales hidroeléctricas: Determinación del caudal turbinable. Captación. Cámara de carga. Canal de derivación. Galería en presión. Chimenea de equilibrio. Tubería forzada. Canal de descarga. Equipos hidromecánicos: (turbina Pelton, Francis, hélice, Kaplan, otras). El regulador de la turbina. Sistemas de seguridad. Aspectos medioambientales.

## PRÁCTICO

**Práctica 1: Presas, embalses y sociedad.** Trabajo documental multimedia que ponga de relieve la importancia y problemática de las presas, así como los desafíos técnicos o las lecciones aprendidas.

**Práctica 2: Presas de gravedad.** Resolución de problemas de estabilidad de presas y cálculo de tensiones a realizar en el aula a modo de examen, de forma individual.

**Práctica 3: Presas bóveda.** Resolución de problemas de encaje de presas bóveda a realizar en el aula a modo de examen, de forma individual.

**Práctica 4: Presas de materiales sueltos:** Trabajo práctico a realizar con ordenador consistente en la determinación de la red de flujo en una presa de materiales sueltos y la comprobación de su estabilidad al deslizamiento. Se finaliza mediante trabajo autónomo.

**Práctica 5: Aliviaderos y desagües:** Trabajo práctico a realizar en con ordenador consistente en el estudio de laminación de avenidas con aliviadero de labio fijo o compuertas. Se finaliza mediante trabajo autónomo.

**Práctica 6: Prácticas de campo:** Trabajo práctico a realizar en campo, incluye visita a obras hidráulicas y entrega de memoria explicativa. Puede complementarse o sustituirse por participación en conferencias, cursos, seminarios o visitas a obras hidráulicas y la entrega de la correspondiente memoria.

**Práctica 7: Predimensionamiento de presas:** Trabajo práctico a realizar en aula de examen de forma individual, consistente en la justificación y elección de la tipología de una presa para una cerrada dada, el dibujo de su perfil longitudinal y sección transversal tipo y el predimensionamiento de los aliviaderos y desagües.

## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL

- Apuntes de las asignatura (sin publicar) F. Delgado et al.
- Cuesta, L., & Vallarino, E. (2000). Aprovechamientos hidroeléctricos. Ed. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- Delgado, F. & Delgado, J. (2006) Presas. Problemas de predimensionamiento y cálculo. Ed. Grupo Editorial Universitario.
- Delgado, F. (2005). Seguridad de presas y embalses. Normativa y recomendaciones. Ed. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- Vallarino, E. (2015). Tratado básico de presas. Ed. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA



- Comité Español de Grandes Presas (1997). Guía Técnica de Seguridad de Presas N° 4: Avenida de proyecto. Ed. CNEGP, Madrid.
- Comité Español de Grandes Presas (1998). Guía Técnica de Seguridad de Presas N° 5: Aliviaderos y desagües. Ed. CNEGP, Madrid.
- Comité Español de Grandes Presas (1999). Guía Técnica de Seguridad de Presas N° 3: Estudios geológicos-geotécnicos y de prospección de materiales. Ed. CNEGP, Madrid.
- Comité Español de Grandes Presas (1999). Guía Técnica de Seguridad de Presas N° 6: Construcción de presas y control de calidad. Ed. CNEGP, Madrid.
- Comité Español de Grandes Presas (2003). Guía Técnica de Seguridad de Presas N° 2: Criterios para proyectos de presas y sus obras anejas Tomo 1. Presas de fábrica. Ed. CNEGP, Madrid.
- Comité Español de Grandes Presas (2004). Guía Técnica de Seguridad de Presas N° 7: Auscultación de las presas y sus cimientos. Ed. CNEGP, Madrid.
- Comité Español de Grandes Presas (2005). Guía Técnica de Seguridad de Presas N° 1: Seguridad de presas. Ed. CNEGP, Madrid.
- Comité Español de Grandes Presas (2012). Guía Técnica de Seguridad de Presas N° 2: Criterios para Proyectos de Presas y sus Obras Anejas Tomo 1. Presas de fábrica. Adenda sobre HCR. Ed. CNEGP, Madrid.
- Comité Español de Grandes Presas (2015). Guía Técnica de Seguridad de Presas N° 2: Criterios para proyectos de presas y sus obras anejas Tomo 2. Presas de materiales sueltos. Ed. CNEGP, Madrid.
- Ministerio de Medio Ambiente (1998). Guía Técnica para Clasificación de Presas en Función del Riesgo Potencial. Ed. MMA Secretaria General Técnica, Madrid.
- Ministerio de Medio Ambiente (2003). Guía Técnica para la Elaboración de los Planes de Emergencia de Presas. Ed. MMA Secretaria General Técnica, Madrid.
- Comité Español de Grandes Presas (2010). Manual para el diseño, construcción, explotación y mantenimiento de balsas. Ed. CNEGP, Madrid.

## ENLACES RECOMENDADOS

- <https://www.spancold.org/>
- <https://www.icold-cigb.org/>
- <http://www.redhidrosurmedioambiente.es/saih/>

## METODOLOGÍA DOCENTE

- MD01 Lección magistral/expositiva
- MD03 Resolución de problemas y estudio de casos prácticos
- MD04 Prácticas de laboratorio
- MD06 Ejercicios de simulación
- MD09 Realización de trabajos individuales

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

### EVALUACIÓN ORDINARIA

#### Evaluación Teoría:



- Examen parcial temas 1-5: Ponderación 2,5/10 (elimina materia para el examen final)
  - Examen programado a mitad de semestre en horario de clase. Escrito.
- Examen final: Ponderación 5/10 (incluye el parcial para quienes no lo hayan aprobado)
  - Examen programado en la fecha de la convocatoria ordinaria. Escrito.
- Exámenes no programados: Ponderación hasta 1/10 adicional
  - Exámenes no avisados que se podrán intercalar en horario de clase. Oral y/o escrito.

### Evaluación Prácticas:

- Práctica 1: Trabajo dirigido y autónomo. Ponderación 0,5/10
- Práctica 2: Examen práctico escrito basado en resolución de problemas. Ponderación 0,5/10
- Práctica 3: Examen práctico escrito basado en resolución de problemas. Ponderación 0,5/10
- Práctica 4: Trabajo dirigido y autónomo. Ponderación 0,5/10
- Práctica 5: Trabajo dirigido y autónomo. Ponderación 0,5/10
- Práctica 6: Prácticas de campo y trabajo autónomo. Ponderación 0,5/10
- Práctica 7: Predimensionamiento de presas. Ponderación 2,0/10 (esta práctica 7 se debe aprobar para hacer la media en la parte de prácticas)

Hay que aprobar por separado cada parte (Teoría/Prácticas) para hacer la media.

Las prácticas 1-5 estarán programadas en horario de clase en aula normal, de informática o en laboratorio. Las prácticas 1, 4 y 5 se finalizan mediante trabajo dirigido y autónomo del estudiante.

La práctica 6 será programada en horario especial, se hace en campo, incluye visita a obras hidráulicas y entrega de memoria explicativa. Puede complementarse o sustituirse por participación en conferencias, cursos, seminarios o visitas a obras hidráulicas y la entrega de la correspondiente memoria.

La práctica 7 consiste en resolución de problemas de predimensionamiento de presas. Se realiza en la fecha oficial de examen de convocatoria ordinaria.

### EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

(se aplican las calificaciones de las partes aprobadas en la convocatoria ordinaria)

**Teoría:** 50%

- Examen temas 1 al 8. Escrito.

**Prácticas:** 50%

- Examen escrito de las prácticas 2, 3 y 7
- Entrega el día del examen de los trabajos de las prácticas 1, 4, 5 y 6.

Misma ponderación de calificaciones que en convocatoria ordinaria. Hay que aprobar por separado cada parte (Teoría/Prácticas) para hacer media.



## EVALUACIÓN ÚNICA FINAL

**Teoría:** 50%

- Examen temas 1 al 8. Escrito.

**Prácticas:** 50%

- Examen escrito de las prácticas 2, 3 y 7
- Entrega el día del examen de los trabajos de las prácticas 1, 4, 5 y 6.

Misma ponderación de calificaciones que en convocatoria ordinaria. Hay que aprobar por separado cada parte (Teoría/Prácticas) para hacer media.

## 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>).

