



## Grado de Ingeniería en Explotación de Minas y Recursos Energéticos

### DATOS DE LA ASIGNATURA

**Nombre:**

El Agua en la Minería

**Denominación en inglés:**

Mine Water

**Código:**

606810301

**Carácter:**

Optativo

**Horas:**

	Totales	Presenciales	No presenciales
Trabajo estimado:	150	60	90

**Créditos:**

Grupos reducidos				
Grupos grandes	Aula estándar	Laboratorio	Prácticas de campo	Aula de informática
4	0	1	1	0

**Departamentos:**

Ingeniería Minera, Mecánica, Energética y de la Construcción

**Áreas de Conocimiento:**

Prospección e Investigación Minera

**Curso:**

3º - Tercero

**Cuatrimestre:**

Primer cuatrimestre

### DATOS DE LOS PROFESORES

**Nombre:****E-Mail:****Teléfono:****Despacho:**

\*Grande Gil, José Antonio

grangil@uhu.es

959217346

ADP1-27

\*Profesor coordinador de la asignatura

## DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA

### 1. Descripción de contenidos

#### 1.1. Breve descripción (en castellano):

Nociones de Hidrología e hidrogeología e interés en minería  
Técnicas de localización y puesta en servicio de agua  
Herramientas geofísicas aplicadas a la hidrogeología  
Drenaje ácido de mina  
Prevención control y restauración de sistemas afectados por la minería

#### 1.2. Breve descripción (en inglés):

Este profesor imparte las clases en castellano

### 2. Situación de la asignatura

#### 2.1. Contexto dentro de la titulación:

Disciplina en la que se describen los problemas planteados por el agua en la minería como fundamental medio afectado por los procesos extractivos, especialmente en minería de sulfuros.

#### 2.2. Recomendaciones:

Conveniente tener aprobada la Geología de 1º.

### 3. Objetivos (Expresados como resultados del aprendizaje):

Transmitir conocimientos al alumnado sobre las problemática que afecta a los sistemas hídricos afectados por la actividad minera, y las herramientas de diagnóstico y restauración.

### 4. Competencias a adquirir por los estudiantes

#### 4.1. Competencias específicas:

#### 4.2. Competencias básicas, generales o transversales:

- **CB2:** Que los estudiantes sepan 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 la resolución de problemas dentro de su área de estudio
- **CB3:** Que los estudiantes tengan la 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
- **CB5:** Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía
- **CG02:** Capacidad para tomar de decisiones
- **CG04:** Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica
- **CG07:** Capacidad de análisis y síntesis
- **CG08:** Capacidad de adaptación a nuevas situaciones

## 5. Actividades Formativas y Metodologías Docentes

### 5.1. Actividades formativas:

- Sesiones de Teoría sobre los contenidos del Programa.
- Sesiones de Resolución de Problemas.
- Sesiones Prácticas en Laboratorios Especializados o en Aulas de Informática.
- Sesiones de Campo de aproximación a la realidad Industrial.
- Actividades Académicamente Dirigidas por el Profesorado: seminarios, conferencias, desarrollo de trabajos, debates, tutorías colectivas, actividades de evaluación y autoevaluación.

### 5.2. Metodologías docentes:

- Clase Magistral Participativa.
- Desarrollo de Prácticas en Laboratorios Especializados o Aulas de Informática en grupos reducidos.
- Desarrollo de Prácticas de Campo en grupos reducidos.
- Resolución de Problemas y Ejercicios Prácticos.
- Tutorías Individuales o Colectivas. Interacción directa profesorado-estudiantes.
- Planteamiento, Realización, Tutorización y Presentación de Trabajos.
- Conferencias y Seminarios.
- Evaluaciones y Exámenes.

### 5.3. Desarrollo y justificación:

En las clases teóricas se desarrollarán los conceptos fundamentales de cada bloque temático que se pretende que los alumnos conozcan.

En las clases prácticas, se complementarán los conocimientos teóricos adquiridos con ejercicios y problemas, para la total comprensión de los contenidos y con el fin de alcanzar los objetivos descritos.

Las sesiones teóricas y prácticas se complementarán con tutorías colectivas, sesiones dedicadas específicamente a la resolución de las dudas más frecuentes que hayan surgido en los temas anteriormente explicados

Se encargará un trabajo sobre una explotación concreta que deberá ser expuesto a final de curso por el alumno

## 6. Temario desarrollado:

- Tema 1. Nociones de Hidrología e hidrogeología e interés en minería
- Tema 2. Técnicas de localización y puesta en servicio de agua
- Tema 3. Herramientas geofísicas aplicadas a la hidrogeología
- Tema 4. Drenaje ácido de mina
- Tema 5. Prevención control y restauración de sistemas afectados por la minería

## 7. Bibliografía

### 7.1. Bibliografía básica:

Mine Water: Hydrology, Pollution & remediation (2002). Younger, Banwart & Hedin. Kluwer Academic. London.

### 7.2. Bibliografía complementaria:

- Fernández-Rubio, R. & Lorca, D. F. Mine water drainage. *Mine Water Env.* 12 (1), 107–130.
- Förstner, U. & Wittmann, G. T. W. *Metal Pollution in The Aquatic Environment*. Springer, Heidelberg.
  - Aroba, J., Grande, J.A., Andújar J.M., de la Torre, M.L., 2007. Application of fuzzy logic and data mining techniques as tools for qualitative interpretation of acid mine drainage processes. *Environ Geol*, 53(1), 135-145.
  - Azcue, J.M., 1994. Introducción al tratamiento de Series Temporales. Aplicación a las Ciencias de la Salud, Díaz de Santos, Madrid, 585 pp.
  - Borrego, J., 1992. Sedimentología del estuario del Río Odiel, Huelva, S.O. España. PhD Thesis. Univ. of Sevilla.
  - Borrego, J., Morales, J.A., de la Torre, M.L., Grande, J.A., 2002. Geochemical characteristics of heavy metal pollution in surface sediments of the Tinto and Odiel river estuary (southwestern Spain). *Environ Geol* 41, 785-796.
  - Borrego, J., Carro, B., López-González, N., de la Rosa, J., Grande, J.A., Gómez, T., de la Torre, M.L., 2011. Effect of acid mine drainage on dissolved rare earth elements geochemistry along a fluvial-estuarine systems: the Tinto-Odiel estuary (SW Spain). *Hydrol Res*. DOI: 10.216/nh.2011.012.
  - Braungardt, C.B., Achterberg, E.P., Nimmo, M., 1998. Behaviour of dissolved trace metals in the Rio Tinto/Río Odiel Estuarine System. In: *European Land-Ocean Interaction Studies, Second Annual Scientific Conference: Abstracts 51*, eds. Morales, J.A., Borrego, J.
  - Cánovas, C.R., Olías, M., Nieto, J.M., Sarmiento, A.M., Cerón, J.C., 2007. Hydrogeochemical characteristics of the Tinto and Odiel rivers (SW Spain). Factors controlling metal contents. *Sci Total Environ* 373, 363-382.
  - Carro, B., López-González, N., Grande, J.A., Gómez, T., de la Torre, M.L., Valente, T., 2011. Impact of acid mine drainage on the hydrochemical characteristics of the Tinto-Odiel estuary (SW Spain). *Journal of Iberian Geol.* 37(1), 87- 96.
  - Davis, R.A., Jr, Welty, A.T., Borrego, J., Morales, J.A., Pendón, J.G., Ryan, J.G., 2000. Rio Tinto estuary (Spain): 5000 years of pollution. *Environ Geol* 39, 1107-1116.
  - de la Torre, M.L.; Grande, J.A., Jiménez, A., Borrego, J., Díaz Curiel, J.M., 2009. Time evolution of an AMD-affected river chemical makeup. *Water Res Manag*, 23(7), 1275-1289.
  - de la Torre, M.L., Sánchez-Rodas, D., Grande, J.A., Gómez, T., 2010. Relationships between pH, colour and heavy metal concentrations in the Tinto and Odiel rivers (Southwest Spain). *Hydrol Res*, 41(5), 406-413.
  - de la Torre, M.L., Grande, J.A., Graiño, J., Gómez, T., Cerón, J.C., 2011. Characterization of AMD pollution in the river Tinto (SW Spain). Geochemical comparison between generating source and receiving environment. *Water air soil poll*, 216, 3-19.
  - Elbaz-Poulichet, F., Morley, N.H., Cruzado, A., Velasquez, Z., Achterberg, E.P., Braungardt, C.B., 1999. Trace metal and nutrient distribution in an extremely low pH (2.5) river-estuarine system, the Ria of Huelva (south-west Spain). *Sci Total Environ* 227, 73-83.
  - Elbaz-Poulichet, F., Dupuy, C., Cruzado, A., Velasquez, Z., Achterberg, E., Braungardt, C., 2000. Influence of sorption processes by iron oxides and algae fixation on arsenic and phosphate cycle in an acidic estuary (Tinto river, Spain). *Water Res*, 34(12-15), 3222-3230.
  - Elbaz-Poulichet, F., Braungardt, C., Achterberg, E., Morley, N., Cossa, D., Beckers, J., Nomérange, P., Cruzado, A., Leblanc, M., 2001. Metal biogeochemistry in the Tinto-Odiel rivers (Southern Spain) and in the Gulf of Cadiz: a synthesis of the results of TOROS project. *Cont Shelf Res*, 21(18-19), 1961-1973.
  - EMCBC (1996). The perpetual pollution machine. *Acid Mine Drainage*. B.C. Mining Control, Canada, 1-6 pp.
  - Elbaz-Poulichet, F., Dupuy, C., 1999. Behaviour of rare earth elements at freshwater-seawater interface of two acid mine rivers: the Tinto and Odiel (Andalucía, Spain). *Appl Geochem*, 14, 1063-1072.
  - Egal, M., Elbaz-Poulichet, F., Casiot, C., Motelica-Heino, M., Negrel, P., Bruneel, O., Sarmiento, A.M., Nieto, J.M., 2008. Iron isotopes in acid mine waters and iron-rich solids from the Tinto-Odiel Basin (Iberian Pyrite Belt, Southwest Spain). *Chem Geol*, 253, 162-171.
  - Förstner, U., Wittmann, G.T.W., 1983. *Metal Pollution in the Aquatic Environment*. Springer-Verlag. Berlin.
  - Grande, J.A., Borrego, J., Morales, J.A., 2000. Study of heavy metal pollution in the Tinto-Odiel estuary in Southwestern Spain using spatial factor analysis. *Environ Geol*, 39(10), 1095-1101.
  - Grande, J.A., Borrego, J., Morales, J.A., de la Torre, M.L., 2003a. A description of how metal pollution occurs in the Tinto-Odiel rivers (Huelva-Spain) through the application of cluster analysis. *Mar Pollut Bull*, 46, 475-480.
  - Grande, J.A., Borrego, J., de la Torre, M.L., Sáinz, A., 2003b. Application of cluster analysis to the geochemistry zonation of the estuary waters in the Tinto and Odiel rivers (Huelva, Spain). *Environ Geochem Hlth*, 25, 233-246.
  - Grande, J.A., Beltrán, R., Sáinz, A., Santos, J.C., de la Torre, M.L., Borrego, J., 2005a. Acid mine drainage and acid rock drainage processes in the environment of Herrerías Mine (Iberian Pyrite Belt, Huelva-Spain) and impact on the Andevalo dam. *Environ Geol*, 47, 185-196.
  - Grande, J.A., Andújar, J.M., Aroba, J., de la Torre, M.L., Beltrán, R., 2005b. Precipitation, pH and metal load in AMD river

- basins: an application of fuzzy clustering algorithms to the process characterization. *J Environ Monitor*, 7, 325-334.
- Grande, J.A., de la Torre, M.L., Cerón, J.C., Beltrán, R., Gómez, T., 2010a. Overall hydrochemical characterization of the Iberian Pyrite Belt. Main acid mine drainage-generating sources (Huelva, SW Spain). *J Hydrol*, 390, 123-130.
  - Grande, J.A., Andújar, J.M., Aroba, J., Beltrán, R., de la Torre, M.L., Cerón, J.C., Gómez, T., 2010b. Fuzzy modelling of the spatial evolution of the chemistry in the Tinto river (SW Spain). *Water Resour Manag*, 24, 3219-3235.
  - Grande, J.A., Andújar, J.M., Aroba, J., de la Torre, M.L., 2010c. Presence of As in the fluvial network due to AMD processes in the Riotinto mining area (SW Spain): A fuzzy logic qualitative model. *J Hazard Mat*, 176 (1-3), 395-401.
  - Grande, J.A., Jiménez, A., Romero, S., de la Torre, M.L., Gómez, T., 2010d. Quantification of heavy metals from AMD discharged into a public water supply dam in the Iberian Pyrite Belt (SW Spain) using centered moving average. *Water Air Soil Pollut*, 212, 299-307
  - Grande, J.A., Jiménez, A., Borrego, J., de la Torre, M.L., Gómez, T., 2010e. Relationships between conductivity and pH in channels exposed to acid mine drainage processes: study of a large mass of data using classical statistics. *Water Resour Manag*, 24, 4579-4587.
  - Grande, J.A., 2011. Impact of AMD processes on the public water supply: Hydrochemical variations and application of a classification model to a river in the Iberian Pyritic Belt. S.W. Spain. *Hydrol Res*, 42(6), 472-478.
  - Grande, J.A., Aroba, J., Andujar, J.M., Gómez, T., de la Torre, M.L., Borrego, J., Romero, S., Barranco, C., Santisteban, M., 2011a. Tinto versus Odiel: two AMD polluted rivers and an unresolved issue. An artificial intelligence approach. *Water Resour Manag*, 25, 3575- 3594.
  - Grande, J.A. de la Torre, M.L, Cerón, J.C, Sánchez-Rodas, D., Beltrán, R., 2011b. Arsenic speciation in the Riotinto mining area (SW Spain) during a hydrological year. *Water Practice and Technology*. Doi:10.2166/WPT.2011.011.
  - Jiménez, A., Aroba, J., de la Torre, M.L., Andujar, J.M., Grande, J.A., 2009. Model of behaviour of conductivity versus pH in A.M.D. water bases on fuzzy logia and data mining techniques. *J Hydroinform*. 11 (2),147-153.
  - Leblanc, M., Morales, J.M., Borrego, J., Elbaz-Poulichet, F., 2000. 4.500 year-old mining pollution in Southwestern Spain: Long-term implications for modern mining pollution. *Econ Geol*, 95, 655-662.
  - Nieto, J.M., Sarmiento, A.M., Olías, M., Cánovas, C.R., Riba, I., Kalman, J., Delvalls, T.A., 2007. Acid mine pollution in the Tinto and Odiel rivers (Iberian Pyrite Belt, SW Spain) and bioavailability of the transported metals to the Huelva Estuary. *Environ Int*, 33, 445-455.
  - Nocete, F., Linares, J.A., 1999. Las primeras sociedades mineras en Huelva Alosno. En: *Historia de la provincia de Huelva*, Cap. 4, 50-64.
  - Nocete, F., Álex, E., Nieto, J.M., Sáez, R., Bayona, M.R., 2005a. An archaeological approach to regional environmental pollution in the south-western Iberian Peninsula related to Third millennium BC mining and metallurgy. *J Archaeol Sci*, 32, 1566-1576.
  - Nordstrom, D.K., Alpers, C.N., Coston, J.A., Taylor, H.E., McCleskey, R.B., Ball, J.W., Ogle, S., Cotsifas, J.S., Davis, J.A. 1999. Geochemistry, toxicity, and sorption properties of contaminated sediments and pore waters from two reservoirs receiving acid mine drainage. *U.S. Geol. Surv. Water Resour Invest Rep*, 289–296.
  - Olías, M., Cánovas, C.R., Nieto, J.M., Sarmiento, A.M., 2006. Evaluation of the dissolved contaminant load transported by the Tinto and Odiel rivers (South West Spain). *Appl Geochem*, 21, 1733-1749.
  - Pérez-López, R., Nieto, J.M., López-Cascajosa, M.J., Díaz-Blanco, M.J., Sarmiento, A.M., Oliveira, V., Sánchez-Rodas, D., 2011. Evaluation of heavy metals and arsenic speciation discharge by the industrial activity on the Tinto-Odiel estuary, SW Spain. (2011). *Mar Pollut Bull*, 62, 405-411.
  - Sáez, R., Pascual, E., Toscano, M., Almodovar, G.R., 1999. The Iberian type of volcano-sedimentary massive sulphide deposits. *Miner Deposita* 34, 549-570.
  - Sáez, R., Nocete, F., Nieto, J.M., Capitán, M.A., Rovira S., 2003. The extractive metallurgy of copper from Cabezo Juré, Huelva, Spain: Chemical and mineralogical study of slags dates to the third millenium B.C. *The Canadian Mineralogist*, 41, 627-638.
  - Sáinz, A., Grande, J.A., de la Torre, M.L., Sánchez-Rodas, D., 2002. Characterisation of sequential leachate discharges of mining waste rock dumps in the Tinto and Odiel rivers. *J Environ Manag*, 64 (4), 345-353.
  - Sáinz, A., Grande, J.A., de la Torre, M.L., 2003a. Analysis of the impact of local corrective measures on the input of contaminants from the Odiel river to the ria of Huelva (Spain). *Water Air Soil Pollut*, 144, 375-389.
  - Sáinz A, Grande JA, de la Torre ML (2003b). Odiel river, acid mine drainage and current characterisation by means of univariate analysis. *Environ Int*, 29: 51-59.
  - Sáinz, A., Grande, J.A., de la Torre, M.L., 2004. Characterization of heavy metal discharge into the ria of Huelva. *Environ Int*, 30, 557-566.
  - Sainz, A., Grande, J.A., de la Torre, M.L., 2005. Application of a systemic approach to the study of pollution of the Tinto and Odiel rivers (Spain). *Environ Monit Asses*. 102, 435-445.
  - Sanchez-España J, López E, Santofimia E, Aduvire O, Reyes J, Baretino D (2005). Acid mine dainage in the Iberian Pyrite Belt (Odiel river watershed, Huelva, SW España): geochemistry, mineralogy and environment implications. *Appl Geochem*, 20:1320-1356.
  - Sarmiento, A.M., Nieto, J.M., Casiot, C., Elbaz-Poulichet, F., Ega, M., 2009. Inorganic arsenic speciation at river basin scales: The Tinto and Odiel rivers in the Iberian Pyrite Belt, SW Spain. *Environ Pollut*, 157, 1202-1209.
  - Valente, T., Gomes, C.L., 2007. The Role of Two Acidophilic Algae as Ecological Indicators of Acid Mine Drainage Sites. *J Iber Geol*, 33, 147-158.
  - Valente T., Antunes, M., Braga, M.A., Pamplona, J., 2011. Geochemistry and mineralogy of ochre-precipitates formed as waste products of passive mine water treatment. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis*, 11, 103-106.

## 8. Sistemas y criterios de evaluación.

### 8.1. Sistemas de evaluación:

- Examen de teoría/problemas
- Defensa de Prácticas
- Defensa de Trabajos e Informes Escritos

## 8.2. Criterios de evaluación y calificación:

Defensa de prácticas de campo (25%)-CB2, CCB3, CCB5,CG04,CG08

Examen de los conocimientos adquiridos. (15%)-CB2, CCB3,CCB5,CG07

Defensa de trabajo (60%)-CB2, CCB3,CCB5,CG02,CG08

Para poder examinarse o defender el trabajo, será indispensable haber participado en las prácticas

**9. Organización docente semanal orientativa:**

	Semanas	Grupos Grandes	Grupos Reducidos Aula Estándar	Grupos Reducidos Aula de Informática	Grupos Reducidos Laboratorio	Grupos Reducidos prácticas de campo	Pruebas y/o actividades evaluables	Contenido desarrollado
#1	2.66	0	0	0	0			Tema 1
#2	2.66	0	0	0	0			Tema 1
#3	2.66	0	0	0	0			Tema 1
#4	2.66	0	0	0	0			Tema 2
#5	2.66	0	0	2	0	Prácticas de laboratorio		Tema 2
#6	2.66	0	0	2	0	Prácticas de laboratorio		Tema 2
#7	2.66	0	0	2	0	Prácticas de laboratorio		Tema 3
#8	2.66	0	0	2	0	Prácticas de laboratorio		Tema 3
#9	2.66	0	0	0	10	Prácticas de campo		Tema 3
#10	2.66	0	0	2	0	Prácticas de laboratorio		Tema 4
#11	2.66	0	0	0	0			Tema 4
#12	2.66	0	0	0	0			Tema 4
#13	2.66	0	0	0	0			Tema 5
#14	2.66	0	0	0	0			Tema 5
#15	2.76	0	0	0	0			Tema 4
	40	0	0	10	10			