Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Nacional de San Luis
Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales
Departamento: Geologia
Area: Geologia

(Programa del año 2016)
(Programa en trámite de aprobación)
(Presentado el 31/10/2016 11:08:25)

I - Oferta Académica

Materia	Carrera	Plan	Año	Período
(OPTATIVA) MODELIZACION GEOTERMICA DE MINAS SUBTERRANEAS INUNDADAS	LIC.EN CS.GEOL.	3/11	2016	2° cuatrimestre

II - Equipo Docente

Docente	Función	Cargo	Dedicación

III - Características del Curso

Credito Horario Semanal				
Teórico/Práctico	**Teóricas**	**Prácticas de Aula**	**Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc.**	**Total**
60 Hs	Hs	Hs	Hs	30 Hs

Tipificación	Periodo
C - Teoria con prácticas de aula	3º Bimestre

Duración			
Desde	**Hasta**	**Cantidad de Semanas**	**Cantidad de Horas**
29/08/2016	09/10/2016	2	60

IV - Fundamentación

Los problemas generados a nivel mundial por la interferencia entre la minería y el agua subterránea son bien conocidos.
La hidrogeología minera es considerada por su especialización una rama de la hidrogeología clásica, en la cual son especialmente influyentes las características y los efectos sobre el medio natural de las labores mineras. Las minas subterráneas presentan además problemáticas especialmente complicadas debido a la complejidad de su estructura espacial, la dificultad que presenta su caracterización hidrogeológica adecuada y al elevado coste que supone la adquisición de datos adecuados.
En la actualidad el contexto energético mundial y las tecnologías actuales han abierto un nuevo campo de estudio dentro de la hidrogeología minera que apuesta por el uso de las minas subterráneas abandonadas inundadas como yacimientos geotérmicos.
La puesta en funcionamiento de captaciones geotérmicas en agua de mina, permite cubrir parte de la energía que demanda la sociedad y además pone en valor un legado minero. De otra forma las minas suponen en ocasiones un coste económico perpetuo que a pesar de su condición de abandono es necesario para paliar o controlar posibles riesgos para la población y problemas medioambientales.
La falta de experiencia y conocimiento de los sistemas de flujo y transporte de calor que se forman en las minas subterráneas que se inundan de manera natural, implica la necesidad de ampliar las miras de la hidrogeología minera tal como se conoce hasta ahora y esto da lugar al campo de estudio que se abordará en este curso.
La caracterización geotérmica de minas subterráneas inundadas plantea entre otras cuestiones el desarrollo de técnicas de modelización específicas. Implica establecer metodologías adecuadas para el uso de la información, el desarrollo de modelos

conceptuales y la utilización de los modelos de simulación numérica como herramienta de apoyo fundamental.
Los simuladores de flujo y transporte como FEFLOW se postulan como herramientas de gran ayuda para los profesionales, por sus capacidades para la integración de la información y por ofrecer posibilidades para facilitar la interpretación de los datos.
Los modelos de simulación son herramientas de experimentación virtual que permiten comprender mejor y optimizar la gestión de unos recursos naturales controlados por fenómenos físicos complejos que desde un punto de vista más clásico presentan una dificultad inalcanzable.

V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje

Objetivos principales del curso:
1. Proporcionar al alumnado los conocimientos esenciales sobre la metodología y los procedimientos necesarios para llevar a cabo el desarrollo de proyectos de caracterización y modelización geotérmica de minas subterráneas inundadas.
2. Mostrar algunas de las herramientas informáticas de última generación necesarias para realizar un trabajo eficiente.

Para alcanzar los objetivos principales del curso se plantean varios objetivos parciales a partir de los cuales se vertebran los diferentes bloques didácticos con teoría y ejemplos.
La metodología docente introduce al alumnado los conceptos esenciales y profundiza progresivamente en el tema a medida que se presenta un caso real de estudio.
Este sistema pretende el aprendizaje del alumnado con un acercamiento entre la teoría, la práctica y las aplicaciones reales que son actualmente materia de investigación a nivel mundial.

Objetivos parciales del Bloque temático1
Definir los ámbitos de estudio que convergen en la caracterización de los sistemas geotérmicos que se crean en las minas subterráneas inundadas.
Establecer una base de conocimientos básicos para comprender el problema que se aborda.
Ofrecer una visión general del estado del conocimiento y el contexto global del sector de la geotermia en agua de mina.

Objetivos parciales del Bloque temático 2
Introducir al alumnado en las técnicas y los procedimientos para llevar a cabo una modelización.
Describir los procedimientos para optimizar el uso de la información disponible y exponer una selección de herramientas informáticas.
Mostrar la importancia y los pasos a seguir en la elaboración de modelos conceptuales.
Objetivo parcial Bloque temático 3
Contextualizar el estado de evolución actual de los modelos de simulación, los tipos de modelos y las capacidades reales que ofrecen.
Dar a conocer al alumno de manera somera los fundamentos matemáticos de los modelos de simulación y algunas de las herramientas disponibles actualmente.
Mostrar las capacidades e introducción del software de simulación FEFLOW mediante una serie de ejemplos y talleres prácticos tutorados.

VI - Contenidos

Bloque Temático 1
INTRODUCCIÓN A LA GEOTERMIA EN AGUA DE MINA
1. Conceptos básicos y terminología
Explicación general para contextualizar los tres ámbitos de estudio principales que convergen en el problema: la hidrogeología, la minería subterránea y la geotermia.
Definición de los términos y conceptos básicos de hidrogeología, geotermia y minería subterránea, que serán utilizados posteriormente a lo largo del curso.
2. Clasificación de los recursos geotérmicos y tipologías de los sistemas de captación geotérmica
Descripción y características de los distintos tipos de yacimientos geotérmicos de acuerdo a su clasificación en función de los criterios de profundidad y temperatura.
Descripción de las diferentes tipologías de captaciones geotérmicas y los sistemas utilizados en las minas subterráneas inundadas.

3. Geotermia en agua de mina

Aspectos generales sobre las captaciones geotérmicas en agua de mina:

a. Contexto mundial

b. Oportunidades por la situación energética y medio ambiental

c. Retos y dificultades que plantea

d. Capacidades y posibilidades actuales

Bloque Temático 2

EL USO DE TÉCNICAS DE MODELIZACIÓN DE SISTEMAS EN LA INVESTIGACIÓN GEOTÉRMICA DE MINAS SUBTERRÁNEAS INUNDADAS

1. Metodología de modelización

Presentación de los estándares o protocolos generales que definen la metodología para llevar a cabo el desarrollo de modelizaciones de flujo y transporte aceptados a nivel mundial.

Descripción de las diferentes etapas y procedimientos que proponen.

Particularidades para trasladar su aplicación a la modelización geotérmica de minas.

a. Etapas y procedimientos generales

b. Aplicación de protocolos en modelos de flujo y transporte de calor en minas

2. Presentación de un caso real

Ejemplo de aplicación de la metodología de modelización a un caso complejo, la mina de carbón subterránea inundada Pozo Barredo (España).

Descripción de las problemáticas asociadas en un caso real.

Identificación de las necesidades que se plantean en este tipo de modelizaciones.

3. Recopilación de información y datos necesarios para la modelización

Procedimientos para la recopilación, clasificación, organización, procesado y almacenamiento de la información relevante para la caracterización del sistema, con la presentación de ejemplos del caso real de la mina Pozo Barredo.

a. Identificación de la información de interés para la caracterización hídrica y térmica

b. Descripción de los métodos de medición e interpretación de datos

c. Descripción de herramientas informáticas para el tratamiento de información

d. Descripción de métodos de procesado y almacenamiento

4. Desarrollo de modelos conceptuales

Planteamiento de los pasos a seguir para la formulación de modelos conceptuales, la simplificación del sistema real, criterios y procedimientos para llevar a cabo la conceptualización de acuerdo a los propósitos de la investigación. Presentando ejemplos reales de la mina Pozo Barredo.

a. Plantear las hipótesis conceptuales generales de comportamiento del sistema

b. Definir el dominio espacial del modelo

c. Definir las condiciones de contorno del sistema

d. Definir la distribución de parámetros hidrogeológicos y térmicos del modelo

e. Identificar los elementos del balance de flujo de agua subterránea y calor

Bloque Temático 3

LOS MODELOS DE SIMULACIÓN NUMÉRICA Y SU APLICACIÓN EN LA MODELIZACIÓN GEOTERMICA DE MINAS INUNDADAS

1. Introducción

Evolución histórica de los modelos analíticos a los modelos analógicos y finalmente los modelos numéricos.

Breve repaso de las diferentes técnicas de modelización y clasificación de los modelos.

Posibilidades y limitaciones de los modelos deterministas de simulación numérica de flujo y transporte de calor en medio poroso para el estudio geotérmico de minas inundadas.

2. Fundamentos matemáticos de los modelos de simulación de flujo de agua subterránea y transporte de calor en medio poroso.

Definición de conceptos y términos básicos de modelización que serán utilizados en este bloque temático.

Descripción de los modelos matemáticos generales que se aplican para describir la física de estos sistemas.

Presentación de algunos de los simuladores numéricos más versátiles y extendidos entre los usuarios.

3. Herramienta de simulación FEFLOW

Presentación de la herramienta informática.

Descripción general del simulador, sus capacidades y limitaciones.

a. Taller de introducción a la interface

b. Taller de ejercicios prácticos sencillos

5. Modelización de minas subterráneas con FEFLOW
Presentación de las estrategias de diseño de modelos de simulación numérica de minas subterráneas en dos y tres dimensiones. Presentación de ejemplos del caso real de la mina Pozo Barredo.
a. Definición del problema de simulación.
b. Implementación de geometrías
c. Implementación de condiciones de contorno, parámetros y elementos de estrés del sistema modelizado.
d. Ejecución de modelos.
e. Tipos de resultados y visualizaciones que ofrecen las simulaciones.
f. Taller para la presentación y documentación de las simulaciones.

VII - Plan de Trabajos Prácticos

VIII - Regimen de Aprobación

Los alumnos deberán completar la asistencia del 100 % de las clases teóricas – prácticas.
El alumno deberá aprobar un examen final con un puntaje mínimo de siete (6) sobre diez (10) puntos, con una recuperación.

IX - Bibliografía Básica

[1] Anderson, M. P., & Woessner, W. W. (1991). Applied groundwater modeling: simulation of flow and advective transport. San Diego (California): Academic Press.
[2] Banks, D. (2012). An Introduction to Thermogeology : Ground Source Heating and Cooling (2nd Ed.). John Wiley & Sons, Ltd.
[3] Bear, J. (1988). Dynamics of fluids in porous media. New York.
[4] Bear, J., & Cheng, A. H. D. (2010). Modeling Groundwater Flow and Contaminant Transport. In Theory and Applications of Transport in Porous Media. Haifa, Israel: Springer.
[5] Bundschuh, J., & Arriaga, M. C. S. (2010). Introduction to the Numerical Modeling of Groundwater and Geothermal Systems. Fundamentals of Mass, Energy and Solute Transport in Poroelastic Rocks. CRC Press.
[6] Custodio, E., & Llamas, R. (1976). Hidrología subterránea (2nd Ed.). Omega.
[7] Diersch, H. J. G. (2009). FEFLOW. Finite Element Subsurface Flow & Transport Simulation System. Reference Manual. (D.-W. GmbH, Ed.). Berlin, Germany.
[8] Diersch, H.-J. G. (2014). FEFLOW. Finite Element Modeling of Flow, Mass and Heat Transport in Porous and Fractured Media. Springer.
[9] Fetter, C. W. (1994). Applied hydrogeology (3rd Ed.). New Jersey: Prentice-Hall.
[10] Fitts, C. (2002). Groundwater science. Amsterdam: Academic Press.
[11] Freeze, R.A. & Cherry, J. A. (1979). Groundwater. New Jersey: Prentice-Hall.
[12] J. D. Bredehoeft, C., Betzinski, P., Villanueva, C. C., G. de Marsily, Konoplyantsev, A. A. ., & Uzoma, J. U. (1982). Ground water models. Volume I. Concepts, problems, and methods of analysis with examples of their application (No. 34). Paris, Francia.
[13] Kresic, N. (2006). Hydrogeology and groundwater modeling. CRC Press.
[14] Kresic, N. & Mikszewski, A. (2013). Hydrogeological Conceptual Site Models. Data Analysis and Visualization. CRC Press. Taylor & Francis Group.
[15] Martinez Alfaro, P.E., P. Martinez Santos, & S. Castaño Castaño. (2008). Fundamentos de hidrogeología. Mundi-Prensa.
[16] Pinder, G. F., & Celia, M. A. (2006). Subsurface Hydrology. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
[17] Price, M., & Back, W. (2002). Introducing groundwater (2nd Ed.). Nelson Thornes.
[18] Pulido Bosch, A. (2007). Nociones de hidrogeología para ambientólogos. Universidad de Almería.
[19] Rushton, K. R. (2003). Groundwater Hydrology. Conceptual and Computational models. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.
[20] Stauffer, R., Bayer, P., Blum, P., Molina-Giraldo, N., & KinzelbachStauffer, W. (2014). Thermal Use of Shallow Groundwater. Boca Ratón: CRC Press. Taylor & Francis Group.
[21] Stober, I., & Bucher, K. (2013). Geothermal Energy. Springer.
[22] Wang, H. F., & Anderson, M. P. (1982). Introduction to groundwater modeling: finite difference and finite element

methods. San Francisco: W.H. Freeman.
[23] Weight, W. D. (2008). Hydrogeology Field Manual (2nd Edition). New York: McGraw-Hill Professional Publishing.
[24] Wolkersdorfer, C. (2008). Water Management at Abandoned Flooded Underground Mines. Fundamentals, Tracer Test, Modelling, Water treatment. (Mining and the Environment). Springer.

X - Bibliografia Complementaria

XI - Resumen de Objetivos

XII - Resumen del Programa

XIII - Imprevistos

XIV - Otros

ELEVACIÓN y APROBACIÓN DE ESTE PROGRAMA	
	Profesor Responsable
Firma:	
Aclaración:	
Fecha:	