

PROGRAMA DE CURSO

Código	Nombre			
GL 4007	Geoquímica Geotérmica			
Nombre en Inglés				
Geothermal Geochemistry				
SCT	Unidades Docentes	Horas de Cátedra	Horas Docencia Auxiliar	Horas de Trabajo Personal
3	5	3.0		2.0
Requisitos			Carácter del Curso	
GL45C Geoquímica / o equivalente			Electivo	
Resultados de Aprendizaje				
Aprender las técnicas geoquímicas para la exploración y explotación geotérmica. Conocer los distintos tipos de fluidos geotérmicos, las metodologías analíticas asociadas a estos e interpretar las condiciones del reservorio geotérmico, la fuente del calor y los procesos que afectan al fluido geotermal en su ascenso. Conocer los procesos geoquímicos relacionados con las etapas de desarrollo y explotación del sistema geotérmico.				

Metodología Docente	Evaluación General
Clases de cátedra expositivas. Análisis químicos en laboratorio con instrumentales disponibles (ICP-AES, IC, Titulación, etc.)	Nota de Cátedra: Dos controles y un examen. Se aplica la ponderación regular utilizada por la Escuela. Nota de Laboratorio: Controles de lectura, y trabajos prácticos

Unidades Temáticas

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
1	Repaso de contenidos básicos	2
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
1.1 Consideraciones termodinámica 1.1.1 Fuerza Iónica, Potencial Iónico 1.1.2 Entalpía, Cálculos utilizando tablas de vapor 1.2 Condiciones de equilibrio 1.2.1 El tratamiento termodinámico de equilibrio 1.2.2 Efectos de la temperatura y la presión de 1.2.3 Demostración / suposición de equilibrio químico 1.3 Reacciones balanceadas: Balance de masa, balance de carga	Revisión de conceptos geoquímicos básicos para la comprensión del curso	(1), (2), (3), (4), (5)

1.4 Principio de Le Chatlier 1.5 Solubilidad 1.6 Condiciones de no-equilibrio: pérdida de CO ₂ atmosférico, reacciones lentas y de no- equilibrio 1.7 La concentración y la actividad 1.8 Leyes de acción de masa 1.9 Equilibrio: constant de equilibrio, coeficientes de actividad, efecto iónico, teoría Debye- Huckel 1.10 Mediciones de concentración: Molalidad, Molaridad, Normalidad 1.11 Química Acido-base: Acidez, Base, Constante de disociación, pH, Eh, Disociación multiple 1.12 Equilibrio de carbonatos 1.13 Solubilidad de materials insolubles 1.14 Reacciones redox: Números de Valencia, Convenciones, Ecuaciones de balance redox 1.15 Especiación acuosa 1.15.1 Cálculo de la especiación acuosa Cálculo de la especiación acuosa		
--	--	--

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
2	Geoquímica del aguas termales	3
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
2.1.1 Sistemas Geotérmicos 2.1.2 Líquido y vapor dominados 2.1.3 Alta y Baja Enthalpía 2.2 Fluidos Geotérmicos 2.2.1 Clasificación, origen y distribución 2.2.2 Técnicas de muestreo 2.2.3 Cálculos de la composición de los fluidos del reservorio 2.3 Naturaleza de aguas geotérmicas 2.3.1 Alcalinidad, pH, equilibrio iónico 2.4 Ebullición, mezcla y condensación 2.5 Fraccionamiento 2.6 Solubilidad: sílice, calcita	Comprender la geoquímica de aguas termales y su utilización en la caracterización de sistemas geotermiales.	(6), (7), (8), (9), (10)

2.7 Enfoque del equilibrio multimineral		
2.8 Índice de saturación (SI)		
2.9 Isótopos		
2.10 Interpretación para datos de ^{18}O y ^2H		
2.11 Razones de isótopos radioactivos (He, Tritio, etc.)		

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
3	Metodologías analíticas de aguas termales	2
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
3.1 ICP-AES 3.2 IC 3.3 Titulación	Comprender los fundamentos teóricos y de llevar a cabo las metodologías analíticas utilizadas en aguas geotermiales	(11)

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
4	Geoquímica de gases termales	2
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
4.1 Origen y naturaleza de los gases geotérmica 4.2 Factores que influyen en el contenido de gases geotérmica 4.3 Características de los gases reactivos (H_2O , CO_2 , H_2S , etc), 4.4 Características de gas inerte o conservador (He, Ne, CH_4 , etc.) 4.5 Las manifestaciones de gases asociados a la superficie de 4.6 Técnicas de muestreo y las prácticas 4.7 Interpretación de la química de gases	Comprender la geoquímica de gases termales y ser capaces de utilizarla en la caracterización de un sistema geotérmico	(6), (7), (8), (9), (10), (12)

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
5	Geotermometría	2
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
5.1 Geotermómetros acuosos 5.2 Geotermómetros de vapor (gas) 5.3 Geotermómetro de isótopos	Comprender los fundamentos teóricos y de análisis en la estimación de la temperatura del reservorio	(6), (7), (8), (9), (10)

Verlag, 255 p.

- (10) Luigi Marini Geochemical Techniques for the Exploration and Exploitation of Geothermal Energy by (Short Course Notes)
- (11) Greenberg, A. et al. (2005) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition American Water Works Association
- (12) Giggenbach, W.F., Goguel, R.L. (1989) Collection and analysis of geothermal and volcanic water and gas discharges; DSIR report CD 2401, 4th ed., Pentone, NZ, dated Oct. 1989
- (13) Browne, P.R.L. (1978) Hydrothermal Alteration in Active Geothermal Fields. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, Vol. 6, pp. 229-248
- (14) Casper, L.A., Pinchback, T.R. (1980) Geothermal Scaling and Corrosion, ASTM International.
- (15) Rybach, L. (2005): Environmental Aspects of Geothermal Development and Utilization, and Related Legal, Institutional and Social Implications, Pre and Post Congress Course, World Geothermal Congress 2005, International Geothermal Association, Antalya-Turkey.
- (16) DiPippo, R. (2008): Geothermal Power Plants: Principles, Applications, Case Studies and Environmental Impact, Elsevier, Second Edition, 493 pp
- (17) Bromley, C.J. (2005): Advances in Environmental Management of Geothermal Developments, Proc. World Geothermal Congress 2005, Paper No. 0236, International Geothermal Association, Antalya-Turkey.
- (18) Brown, K. and Webster-Brown, J. (2005): Environmental Impacts of High Enthalpy System Development, Pre and Post Congress Course, World Geothermal Congress 2005, Antalya-Turkey
- (19) Kestin, J. (editor-in-chief), DiPippo, R et al. (1980): Source Book on the Production of Electricity from Geothermal Energy, U.S Department of Energy,, pp. 786 – 866.

Más libros:

- Hem, J.D. (1989) Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. USGS WSP 2254.
- Appelo, C.A.J., Postma, D. (1993) Geochemistry, Groundwater and Pollution. A.A. Balkema, 536 p.
- Merkel, B.J., Planer-Friedrich, B. (2005) Groundwater Geochemistry. Springer-Verlag, 200 p.
- Albarède, F. (1995) Introduction to geochemical modeling. Cambridge University Press, 543 p.
- Bethke, C.M. (1996) Geochemical Reaction Modeling, Concepts and Applications. Oxford University Press, 397p.
- Norton, D.L. (1984) Theory of Hydrothermal Systems. Annual Review of Earth and Planetary Sciences. Volume 12, pp. 155-177.
- Henley, R.W., Truesdell, A.H., Barton, P.B. (1984) Fluid-Mineral Equilibria in Hydrothermal Systems. Reviews in Economic Geology, Vol. 1, 267 p.
- Wohletz, K., Heiken, G. (1992) Volcanology and Geothermal Energy. Univ. of California Press, 435 p.
- Chandrasekharam, D., Bundschuh, J. (2008) Low-Enthalpy Geothermal Resources for Power Generation, CRC Press, 149 p.

Vigencia desde:	Marzo 2010
Elaborado por:	Mohammad Ayaz Alam