



Ministerio de Cultura y Educación
 Universidad Nacional de San Luis
 Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales
 Departamento: Física
 Área: Área Unica - Física

(Programa del año 2022)

I - Oferta Académica

Materia	Carrera	Plan	Año	Período
() GEOTERMIA	TEC.UNIV.EN.ENERGIA REN	05/13	2022	1° cuatrimestre

II - Equipo Docente

Docente	Función	Cargo	Dedicación
SPAGNOTTO, SILVANA LIZ	Prof. Responsable	JTP Exc	40 Hs

III - Características del Curso

Credito Horario Semanal				
Teórico/Práctico	Teóricas	Prácticas de Aula	Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc.	Total
Hs	Hs	Hs	Hs	6 Hs

Tipificación	Periodo
A - Teoría con prácticas de aula y campo	1° Cuatrimestre

Duración			
Desde	Hasta	Cantidad de Semanas	Cantidad de Horas
21/03/2022	28/06/2022	15	90

IV - Fundamentación

La geotermia ha demostrado ser una tecnología madura, confiable, que aporta estabilidad en los sistemas de generación eléctrica. La misma se viene desarrollando desde principios del siglo XX, siendo los precursores los italianos con el proyecto de Lardarello. A nivel mundial se producen 13GW de energía eléctrica proveniente de la Geotermia. Esto hace que la Geotermia sea una energía muy atractiva para ser estudiada, ya que la misma aporta una generación de energía limpia y un recurso renovable.

V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje

El objetivo de desarrollo de esta materia es dar una introducción a la Energía Geotermal, sus usos tanto como generadora de energía eléctrica como recurso de energía térmica que aporte a proyectos turísticos, empresas de piscicultura, calefacción domiciliar entre otros. Se espera que los participantes de la materia adquieran habilidades mínimas que le permitan enfrentar un proyecto geotérmico.

VI - Contenidos

Recurso. Prospección. Explotación. Análisis económico. Tipos de plantas geotérmicas. Avance en Argentina

VII - Plan de Trabajos Prácticos

Unidad 1 INTRODUCCIÓN

Geotermia. Conceptos generales Reseña histórica de la energía geotermal, Origen de la energía. Gradiente geotérmico, Flujo Calórico, Recuperación del calor terrestre. Tipos de sistemas geotermiales. Geotermia de Alta y baja entalpía. Sistemas geotérmicos dominados por líquidos, Recuperación del calor terrestre. Características de un sistema geotérmico. Minerales. Clasificación de las rocas y ciclo litológico. Mapas. Tectónica de placas.

Unidad 2 GEOQUÍMICA

Aplicaciones de la geoquímica a la geotermia. Geoquímica. Términos descriptivos: Fumarola, suelos humeantes, pozas en ebullición o gases burbujeantes, Geysers, volcanes de lodo. Tipos de aguas en los sistemas geotermiales, patrones geoquímicos. Relación de la salinidad con el pH, aguas secundarias, fluidos ácidos, agua de mar, clasificación de los fluidos. Gases, tipos, clasificación genética de los gases, mezclas de gases, posibles fuentes de gases y vapores, Química de los gases. Geotermómetros: basado en la química de fluidos, cuales son los objetivos de obtenerlos, geotermómetros empíricos, geotermómetros químicos, geoindicadores, geotermómetros del agua, geotermómetros de sílice, Geotermómetros de cationes, aplicaciones de la geotermometría. Geotermómetros basados en la química de gases.

Unidad 3 GEOFÍSICA

Introducción a la Geofísica: Métodos de Observación directa e indirecta.

Gravimetría: Técnica, cantidad física en juego aplicaciones, uso en la geotermia. Aerogravimetría

Magnetismo: Técnica, cantidad física en juego aplicaciones, uso en la geotermia. Punto de Curie

Geoelectrica: Técnica, cantidad física en juego aplicaciones, uso en la geotermia. Sondeos

Sismología: Técnica, cantidad física en juego aplicaciones, uso en la geotermia. Tomografías.

Magneto Telúrica: Técnica, cantidad física en juego aplicaciones, uso en la geotermia. Fundamentos.

Unidad 4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL APLICADA A LA EXPLORACIÓN GEOTÉRMICA

Bordes divergente, convergente y transcurrente. Ambientes de: Rift de África, Cordillera de los Andes, Subducción de la Placa Pacífico debajo de Sudamericana, Himalaya, Falla de San Andrés, Central meso oceánica. Vulcanismo. Tectónica de placas. Esfuerzo y deformación. Deformación frágil y dúctil. Fallas y pliegues. Uso de brújula.

Unidad 5 RESERVORIO y PERFORACIÓN GEOTERMAL. Explotación

Reservorio geotérmico: Fluido y Permeabilidad. Áreas de Recarga. Porosidad primaria. Porosidad secundaria. Permeabilidad. Permeabilidad primaria. Permeabilidad secundaria. Fallas fracturas y migración de fluidos. Migración de fluidos en sistemas extensivos y compresivos. Bomba de succión. Válvula de falla. Brechas hidrotermales.

Perforación exploratoria. Objetivos. Tipos de pozos, de diámetro estándar, diámetro pequeño. Pozo diamantino. Diferencias con los pozos fríos como los de petróleo y agua fría. Diseño de pozos. Puntos a tener en cuenta en la perforación para evitar problemas/ pérdidas de herramientas/perdida del pozo. Fallas en el mecanismo del casing.

Preparándose para la perforación. Se desarrollarán los principales puntos a tener en cuenta para una perforación exitosa.

Materiales necesarios. Contratos. Licitaciones. Organización. Formas de mitigar problemas con las plataformas.

Pruebas de pozos. Prueba de descarga inicial. Pruebas de producción. Prueba de flujo trazador.

Plantas geotermiales y costos de un proyecto geotermal.

Ciclos. Ciclo de rankine

Unidad 6 ESTADO DE LA GEOTERMIA EN ARGENTINA

Copahue-Caviahue Neuquén, Domuyo Neuquén, Volcán Tuzgle Jujuy, Valle del Cura, Peteroa, Volcán Tinguiririca y otros

Unidad 7 GEOTERMIA DE BAJA Entalpía

Geotermia superficial. Beneficios y dificultades. Pozo canadiense. Circuitos cerrados y abiertos. Circuitos horizontales y verticales

VIII - Regimen de Aprobación

Aprobación de trabajos prácticos y parciales para su regularización. Informe de viaje de campo.

Examen final.

Presencial.

IX - Bibliografía Básica

- [1] Ronald DiPippo, 2012. Power Plants: Principles, Applications, Case Studies and Environmental Impact. Elsevier Ltd.
- [2] Udías Vallina A. y Mezcua Rodríguez J. Fundamentos de geofísica. Editorial Alhambra S.A., Madrid, 1986
- [3] I. Stober; Kurt Bucher 2013 Geothermal Energy from theoretical models to exploration and development. Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- [4] Edward J. Tarbuck. Frederick K. Lutgens. Ciencias de la Tierra. 8ª ed. Tarbuck. Lutgens. 8ª

X - Bibliografía Complementaria

- [1] Manual de Geotermia. José Luis Quijano León. Apunte
- [2] Apuntes de la materia a cargo de la docente.
- [3] Shallow Geothermal Systems - Burkhard Sanner Apunte.
- [4] Hutter, G.W. "The status of world geothermal power generation" 1995 -2000.
- [5] Baria, R. "HDR/HWR reservoirs: concepts, understanding and creation" geothermics 28, 1999.
- [6] American society of heating refrigerating and air conditioning engineers. Handbook applications. Atlanta A.S.H.R.A.E.
- [7] Tarbuck, E.J y Lutgens, F.K. Ciencias de la Tierra. Una introducción a la Geología Física. Sexta Edición. 2001.
- [8] Allis, R. G. and Hunt, T. M., 1986. Analysis of exploitation-induced gravity changes at Wairakei geothermal field. Geophysics 51, 1647-1660.
- [9] Auge, M., 2004. Regiones Hidrogeológicas. República Argentina. <http://www.alhsud.com/listado.asp>
- [10] Armstead, H.C.H., 1983. Geothermal Energy. E. & F. N. Spon, London, 404 pp.
- [11] Arnórsson, S., Gunnlaugsson, E. 1985. New gas geothermometers for geothermal exploration. Calibration and application. Geochimica et Cosmochimica Acta, Vol. 49, 1307-1325. Barcelona,
- [12] Alicia Favetto, Veronica Gisel Peri, Cristina Pomposiello & Carlo Ungarelli. 2014. The potential of audiomagnetotellurics in the study of geothermal fields: a case study from the northern segment of the la Candelaria range, Salta, Argentina. Journal of Applied Geophysics, 54 : 20-36 4 (2014) 20e36
- [13] Barbier, E. and Fanelli, M., 1977. Non-electrical uses of geothermal energy. Prog. Energy Combustion Sci., 3: 73-103.
- [14] Benderitter, Y. and Cormy, G., 1990. Possible approach to geothermal research and relative costs. In: Dickson, M.H. and Fanelli, M. (Eds.): Small Geothermal Resources: A Guide to Development and Utilization, UNITAR, New York, pp. 59-69.
- [15] Chiodi A., Martino R., Báez W., Formica S. y Fernández G., 2014. Recursos geotérmicos. Relatorio del 19º Congreso Geológico Argentino: Geología y recursos naturales de la provincia de Córdoba. (Eds. Martino R. y Guerreschi A.) Asociación Geológica Argentina. 1347p.
- [16] Chiodi, A., Báez, W., Filipovich, R., Ahumada, F., Viramonte, J.G., 2016. Modelo conceptual preliminar del sistema geotermal El Sauce (Salta) a partir de estudios de geoquímica de fluidos. Revista de la Asociación Geológica Argentina 73 (1): 94-104.
- [17] Chiodi A., Tassi F., Báez W., Maffucci R., Invernizzi C., Giordano G., Corrado S., Bicocchi G., Vaselli O, Viramonte J.G., Pierantoni P.P. 2015. New geochemical and isotopic insights to evaluate the geothermal resource of the hydrothermal system of Rosario de la Frontera (Salta, northern Argentina). Journal of Volcanology and Geothermal Research 295: 16-25.
- [18] Chiodini, G., Marini, L. 1998. Hydrothermal gas equilibria: the H₂O-H₂-CO₂-CO-CH₄ system. Geochimica et Cosmochimica Acta, Vol. 62, 2673 – 2687.
- [19] Chiodini, G., Liccioli, C., Vaselli, O., Calabrese, S., Tassi, F., Caliroa, S., Caselli, A., Agosto, M., D'Alessandro, W. 2014. The Domuyo volcanic system: An enormous geothermal resource in Argentine Patagonia. Journal of Volcanology and Geothermal Research 274: 71–77.
- [20] Clark, I.D. and Fritz, P., 1997. Environmental Isotopes in Hydrogeology, CRC Press, 328 pp.
- [21] CIHS, 2009. Hidrogeología. Conceptos básicos de Hidrología Subterránea. Comisión docente del CIHS FCIHS. Barcelona ISBN 978-84-921-469-1-8.
- [22] Coira, B., 1995. Cerro Tuzgle Geothermal Prospect, Jujuy, Argentina. Proceedings of the World Geothermal Congress, 2: 1161-1165.
- [23] Combs, J. and Muffler, L.P.J., 1973. Exploration for geothermal resources. In: Kruger, P. and Otte, C. (Eds.): Geothermal Energy, Stanford University Press, Stanford, pp.95-128.

- [24] Craig, H. 1961. Isotopic variations in meteoric waters. Science, Vol. 133, 1702 – 1703
- [25] Custodio, E. y Llamas, M.R., 1983. Hidrología subterránea, Ed. Omega. 2 vol. Barcelona.
- [26] D'Amore F., Nuti, S. 1977. Notes on the chemistry of geothermal gases. Geothermics, Vol. 6, 39-45.
- [27] D'Amore, F., Panichi, C. 1980. Evaluation of deep temperatures of hydrothermal system by a new gas geothermometer. Geochimica et Cosmochimica Acta, Vol. 44, 549-556.
- [28] Davis, S.N. y De Wiest, R.J.M., 1971. Hidrogeología. Ed. Ariel. 563 pp.
- [29] Domenico, P.A y Schwartz, F.W., 1998. Physical and Chemical Hydrogeology. John Wiley and Sons, Inc. 506 pp.
- [30] Edwards, L.M., et al., 1982. Handbook of Geothermal energy. 613 pp. Gulf Publishing Co. Houston.
- [31] Ellis, A., Mahon, W. 1977. Chemistry and geothermal systems. Academic Press, 392 p. New York.
- [32] Entingh, D. J., Easwaran, E. and McLarty, L., 1994. Small geothermal electric systems for remote powering. U.S. DoE, Geothermal Division, Washington, D.C., 12 pp.
- [33] Epstein, S., Mayeda, T. 1953. Variation of the $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ratio in natural waters. Geochimica et Cosmochimica Acta, Vol. 4, 213-224.

XI - Resumen de Objetivos

Que el alumno se familiarice con la Energía Geotermal, sus usos tanto como generadora de energía eléctrica, calefacción domiciliaria y otros usos.

Conocer los métodos existentes de aprovechamiento de energía geotérmica.

XII - Resumen del Programa

Unidad 1 INTRODUCCIÓN

Unidad 2 GEOQUÍMICA

Unidad 3 GEOFÍSICA

Unidad 4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL APLICADA A LA EXPLORACIÓN GEOTÉRMICA

Unidad 5 RESERVOIRIO y PERFORACIÓN GEOTERMAL. EXPLOTACIÓN

Unidad 6 ESTADO DE LA GEOTERMIA EN ARGENTINA

Unidad 7 GEOTERMIA DE BAJA ENTALPÍA

XIII - Imprevistos

XIV - Otros