

RESOLUCIÓN N° 041

Viedma, 16 FEB 2023

VISTO, el expediente N° 1974/2022 del registro de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO NEGRO (UNRN), la Resolución CSDEyVE N° 022/202, y

CONSIDERANDO

Que, mediante la Resolución CSDEyVE mencionada en el Visto, se aprobó el Reglamento de Cursos y Programas de Posgrado.

Que, la Directora del Doctorado UNRN - Mención Ciencias de la Tierra presentó la propuesta del Curso de Posgrado denominado "Modelado de Equilibrio de Fases Aplicado a Rocas Metamórficas".

Que propone como docentes responsables del Curso al Dr. Sebastián Osvaldo VERDECCHIA, DNI N° 26.458.36 y a la Dra. Samanta SERRA VARELA, DNI N° 35.243.631, quienes cuentan con antecedentes académicos suficientes para el dictado del mismo.

Que, asimismo, propone la participación como disertante invitado del Lic. Carlos Iván LEMBO WUEST, DNI N° 37.234.149, estudiante del Doctorado en Ciencias Geológicas de la Universidad Nacional de Córdoba.

Que la Vicerrectora de la Sede Alto Valle - Valle Medio elevó con su aval la precitada propuesta de Curso.

Que el Curso se dictará en el ciclo lectivo 2023 y tendrá una carga horaria total de CUARENTA (40) horas.

Que, conforme se establece en el proyecto presentado, la Sede deberá verificar la inscripción de un cupo mínimo de DIEZ (10) participantes como condición para dar inicio al dictado de Curso.

Que las Secretarías de Docencia, Extensión y Vida Estudiantil y de Programación y Gestión Estratégica han tomado intervención de su competencia.

Que la presente se dicta en uso de las atribuciones conferidas por el artículo 18° del Estatuto de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO NEGRO y por la

Resolución Rectoral 0363/2020.

Por ello,

EL RECTOR

DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO NEGRO

RESUELVE

ARTÍCULO 1º.- Aprobar el dictado del Curso de Posgrado "Modelado de Equilibrio de Fases Aplicado a Rocas Metamórficas", a desarrollarse en el ciclo lectivo 2023 con una carga horaria total de CUARENTA (40) horas reloj, según la propuesta formativa que se detalla en el Anexo único que integra la presente.

ARTÍCULO 2º.- Designar al Dr. Sebastián Osvaldo VERDECCHIA, DNI N° 26.458.36, Profesor Extraordinario, categoría Visitante, para el dictado del curso aprobado en el artículo 1° con una carga horaria de VEINTE (20) horas reloj.

ARTÍCULO 3º.- Asignar a la Dra. Samanta SERRA VARELA, DNI N° 35.243.631, para el dictado del Curso aprobado en el artículo 1° con una carga horaria de VEINTE (20) horas reloj.

ARTÍCULO 4º.- Autorizar la participación del Lic. Carlos Iván LEMBO WUEST, DNI N° 37.234.149, doctorando de la Universidad Nacional de Córdoba, como disertante invitado, con carácter *ad honorem*.

ARTÍCULO 5º.- Establecer que la retribución por las funciones indicadas en el artículo 2º, se hará efectiva contra presentación de factura de curso legal, tomando como referencia la grilla salarial docente vigente al momento del dictado del curso para la categoría de Jefe de Trabajos Prácticos y se calculará de acuerdo a lo estipulado en la Resolución CSPyGE 017/2021, por un total de VEINTE (20) horas reloj.

ARTÍCULO 6º.- Establecer que la retribución por las funciones indicadas en el artículo 3º, se hará efectiva mediante el pago de un adicional No Remunerativo y No Bonificable equivalente a la categoría de Profesora Adjunta, y se calculará de acuerdo a lo estipulado en la Resolución del CSPyGE N° 17/2021,

Firmado digitalmente por LEGNINI Claudia Patricia
Fecha: 2023.02.09 11:52:21 -03'00'



"1983/2023 - 40 años de democracia"

Firmado digitalmente por BEZIC Carlos Ruben
Motivo: Secretario de Docencia, Extensión y Vida Estudiantil - UNRN
Fecha: 2023.02.07 13:22:13 -03'00'

tomando como referencia la grilla salarial docente vigente al momento del dictado del curso, por un total de VEINTE (20) horas reloj.

ARTÍCULO 7°.- Establecer que la Sede deberá verificar la inscripción de un cupo mínimo de DIEZ (10) participantes, para dar inicio al dictado del curso de posgrado.

Firmado digitalmente por FONTAO Maria Lorena
Motivo: Directora General de Administración
Fecha: 2023.02.09 09:45:15 -03'00'

ARTÍCULO 8°.- Establecer que los pagos que el cumplimiento de la presente demande, se harán efectivos cuando se verifique el ingreso de fondos en las cuentas bancarias correspondientes.

ARTÍCULO 9°.- Imputar las erogaciones que el cumplimiento de la presente demande a las partidas A0001.070.003.001.12.11.03.07.01.00.1.0.0.0000.1.21.3.4, A0001.070.003.001.12.11.03.07.01.00.2.0.0.0000.1.21.3.4 y A0001.070.003.001.12.11.03.07.01.00.3.0.0.0000.1.21.3.4, del presupuesto vigente de la sede Alto Valle – Valle Medio.

Firmado digitalmente por HINTZE Norma Iris
Fecha: 2023.02.09 10:11:27 -03'00'

ARTÍCULO 10°.- Registrar, comunicar a las Secretarías de Docencia, Extensión y Vida Estudiantil y de Programación y Gestión Estratégica, y a las Direcciones de Planes de Estudio y Docencia y de Recursos Humanos, cumplido archivar.

Firmado digitalmente por TORRES Anselmo
Motivo: Rector Universidad Nacional de Río Negro
Fecha: 2023.02.15 16:54:54 -03'00'

RESOLUCIÓN N° 041

ANEXO – RESOLUCIÓN N° 041

a. Denominación: Modelado de Equilibrios de Fases Aplicado a Rocas Metamórficas			
b. Destinatarios: estudiantes de Posgrado (doctorado, posdoctorado), investigadores, docentes universitarios y profesionales de las Ciencias de la Tierra que están especialmente vinculados al estudio de la petrología metamórfica Mínimo: 10 participantes – Máximo 30 participantes			
b.1. Requisitos específicos para realizar el curso: Los estudiantes deberán traer ordenador portátil (notebook/laptop) para realizar el curso			
b.2. Justificación excepción cantidades mínimas de participantes. Se espera que los ingresos económicos asociados a la inscripción de 10 estudiantes puedan cubrir los gastos mínimos de este curso			
c. Docentes responsables			
Apellido	Nombres	DNI	Correo Electrónico
Verdecchia	Sebastián Osvaldo	26.458.362	sverdecchia@unc.edu.ar
Serra-Varela	Samanta	35.243.631	ssvarela@unrn.edu.ar
c.1. Disertante Invitado			
Lembo Wuest	Carlos Iván	37.234.149	civanlw@hotmail.com
d. Fundamentación: La cuantificación de las condiciones físicas metamórficas ha sido un gran desafío en los últimos 50 años, siendo realizado principalmente mediante cálculos de termobarometría convencional. Este método se basa principalmente en reacciones de intercambio elemental o de transferencia de masa (net-transfer) y se las denomina como parte del grupo de metodologías de tipo "inverso". Este método abarca aquellas aproximaciones cuantitativas que permiten calcular las condiciones <i>PT</i> a partir de las composiciones químicas de una asociación mineral, la cual fue interpretada haber estado en equilibrio químico bajo las mismas condiciones <i>PT</i> y haber preservado esa composición en el equilibrio. Por otro lado, el método directo consiste en reproducir las asociaciones minerales y condiciones <i>PT</i> de formación mediante el modelado termodinámico o del equilibrio de fases. Este método facilita el análisis no solo de las condiciones <i>PT</i> sino también de los procesos metamórficos involucrados (e.g. fraccionamiento composicional durante etapas progradas o polimetamórficas). A partir del análisis del equilibrio de fases se obtienen diagramas de fases isoquímicos, también llamados pseudosecciones, los cuales muestran los posibles campos de estabilidad de asociaciones minerales en función de las relaciones <i>P-T-X</i> para un sistema químico determinado. En las últimas décadas se han realizado importantes avances en esta metodología, mejorando modelos que reproduzcan			

más adecuadamente el comportamiento de soluciones sólidas (modelos de actividad-composición), con el objeto de aproximarnos más al comportamiento real de los complejos sistemas químicos naturales. En este sentido, se han desarrollado diferentes bases de datos de propiedades termodinámicas de minerales y soluciones sólidas (p.e. Berman, 1990; Holland y Powell, 1998, 2011), como así también softwares para el tratamiento de esta información y la construcción los diagramas isoquímicos (THERIAK-DOMINO - de Capitani y Petrakakis, 2010, THERMOCALC – Powell et al. 1998, Perple_X – Connolly, 2005; GeoPS basado en Perplex – de Xiang y Connolly, 2021; MageMin de Riel et al., 2022). Así mismo, nuevas herramientas permiten optimizar el uso de estos programas y minimizar las incertidumbres de los cálculos, específicamente el alcance de los volúmenes de equilibrio o reactivo (concepto extraído de Stüwe, 1997; Lanari y Engi, 2017). Una de estas herramientas es el programa XMapTools (Lanari et al., 2014) que permite restituir composiciones locales a partir de mapas elementales de rayos X obtenidos por espectrometría WDS o EDS con microsonda de electrones o microscopio electrónico de barrido respectivamente. Estas herramientas han dado un salto en la reducción de la incertidumbre del modelado de equilibrios, permitiendo reconstruir con mayor precisión trayectorias evolutivas P - T - t en terrenos polimetamórficos.

e. **Objetivo:** El objetivo del presente curso es que los estudiantes se familiaricen con las herramientas que permiten el cálculo de pseudosecciones como así también aquellas que nos proporcionan información sustancial para el modelado de equilibrio de fases. De esta manera, se incluyen: cálculo de formula estructural, parámetros químicos (end-members), procesamiento de mapas de rayos X utilizando el programa XMapTools y modelado de equilibrio de fases mediante los programas Theriak-Domino y GeoPS.

f. **Contenidos y programa.** El programa incluye clases teóricas y actividades prácticas combinadas.

Día 1. Lunes.

Mañana (9-12h): Introducción a la termodinámica en rocas metamórficas. Energía libre de Gibbs. Equilibrio químico. Sistema químico. Regla de Fases. Las bases de datos internamente consistentes. Ecuación de Clausius-Clapeyron. Diagramas de fases. Método Schreinemakers. Tipo de reacciones. Reacciones continuas y discontinuas. Soluciones sólidas, concepto de actividad y modelos de actividad-composición.

Práctica: construcción de diagramas de fases con el método Schreinemakers.

Tarde (13:30-18:30h): Introducción a los diagramas llamados pseudosecciones. Propiedades. Elección del sistema químico y composición global. Construcción de diagramas P - T , T - X y P - X . Comparación de resultados obtenidos con Theriak-Domino,

Thermocalc, Perple_X y GeoPS. El H₂O en el modelado de equilibrio de fases (condiciones subsólidas y suprasólidas).

Práctica: construcción de pseudosecciones con Theriak-Domino y GeoPS. Elección de la base de datos internamente consistente, sistema químico y soluciones sólidas.

Día 2. Martes.

Mañana (9-12h): Soluciones sólidas y sus parámetros composicionales y su aplicación en la obtención de isoplejas composicionales de pseudosecciones. Introducción al cálculo de química mineral y fórmula estructural. El contenido de Fe³⁺ en silicatos y su importancia en el modelado de equilibrio de fases. Estimación del contenido de Fe³⁺ por relación estequiométrica. Lectura y cálculo de miembros extremos en modelos actividad-composición.

Práctica: cálculo de fórmula estructural en minerales petrogenéticos de los grupos silicatos y óxidos.

Tarde (13:30-18:30h): Concepto y construcción de isoplejas composicionales y modales en diagramas de pseudosecciones. Lectura e interpretación de resultados.

Práctica: Cálculo de isoplejas composicionales y modales mediante Theriak-Domino y GeoPS. Construcción de grillas "Pixel Maps" para la obtención de diagramas de isoplejas con Theriak-Domino.

Día 3. Miércoles.

Mañana (9-12h): Introducción a los conceptos de volumen de equilibrio y composición global efectiva. Alcance del equilibrio químico (microdominios). Restitución de la composición mediante la utilización de valores de moda mineral y química mineral. Restitución de la composición a partir de mapas elementales de rayos X.

Práctica: Restitución composicional a partir de moda mineral y composición química mineral. Construcción de pseudosecciones a partir de la composición restituida.

Tarde (13:30-18:30h): Actividad teórico-práctica: XMapTools. Introducción al programa. Estandarización, extracción de mapas y cálculo de composición global en microdominios. Construcción de pseudosecciones con la composición restituida con XMapTools y comparación con resultados obtenidos en la práctica de la mañana (restitución a partir de modas y composición química mineral).

Día 4. Jueves.

Mañana (9-12h): Actividad teórico-práctica: Fraccionamiento de la composición. Evaluación de situaciones de fraccionamiento progradado en condiciones subsólidas y suprasólidas. Importancia del fraccionamiento en terrenos polimetamórficos. Modelado de condiciones suprasólidas (en presencia de fundido). Pérdida y ganancia de fundido.

Restitución de la composición efectiva mediante: moda-química mineral, X-MapTools, restitución de la composición mediante el uso de planillas de cálculos y parámetros extraídos a partir de Theriak y GeoPS, uso de las funciones REMOVE y ADD en Theriak.

Tarde (13:30-18:30h): Actividad práctica: construcción de pseudosecciones aplicando fraccionamiento de la composición global en condiciones subsolidus y suprasolidus (perdida y ganancia de fundido)

Día 5. Viernes.

Mañana (9-12h): Actividad teórico-práctica: Introducción al programa BINGO-ANTÍDOTO de XMapTools. Construcción de pseudosecciones mediante la aplicación de Bingo-Antídoto y lectura de resultados. Comparación entre la composición química mineral medida vs la composición química modelada o calculada.

Tarde (13:30-18:30h): Actividad teórico-práctica con evaluación final: *De la textura a la construcción de trayectorias P-T-t.* Evaluación de contextos texturales, química mineral, cálculo de moda mineral, aplicación de termobarometría convencional (termómetro granate-biotita y barómetro GASP), fraccionamiento composicional y construcción de pseudosecciones. Aplicación en casos reales confección de un informe final con los resultados obtenidos.

g. Metodología: El curso consistirá en clases teóricas y prácticas que permitirán al estudiante introducirse en diferentes problemáticas asociadas al modelado de equilibrio de fases como así también en el uso de diferentes herramientas cuantitativas complementarias. Aunque el curso no requiere conocimientos previos en modelado de equilibrio de fases, se recomienda realizar una lectura previa de textos recomendados dado que este curso incluye temas de diferente complejidad, algunos de los cuales se consideran de características intermedias a avanzadas en el modelado de equilibrio de fases.

En este curso utilizaremos especialmente el software Theriak-Domino (de Capitani C. y Petrakakis K. 2010).

Bibliografía recomendada para la consulta previa a la realización del curso:

- Will, T.M., 1998. Phase Equilibria in Metamorphic Rocks: Thermodynamic Background and Petrological Applications. Springer.
- Lanari, P. y Engi, M., 2017. Local bulk composition effects on metamorphic mineral assemblages. Reviews in Mineralogy and Geochemistry, 83, 55-102.
- Lanari, P., Vidal, O., De Andrade, V., Dubacq, B., Lewin, E., Grosch, E. y Schwartz, S., 2014. XMapTools: a MATLAB©-based program for electron microprobe X-ray image processing and geothermobarometry. Computers and Geosciences. 62, 227-240.
- Lanari, P. y Hermann, J., 2020. Iterative thermodynamic modelling—Part 2: tracing

equilibrium relationships between minerals in metamorphic rocks. *Journal of Metamorphic Geology*, 39, 651-674

- Duisterhoeft, E. y Lanari, P., 2020. Iterative thermodynamic modelling – Part 1: A theoretical scoring technique and a computer program (BINGO-ANTIDOTE). *Journal of Metamorphic Geology*, 38, 527-551.
- Spear, F.S., Pattison, D.R.M. y Cheney, J.T., 2016. The metamorphism of metamorphic petrology. The Geological Society of America, Special Paper, 523. doi:10.1130/2016.2523(02)

h. Resultados esperados: Se espera que los estudiantes tengan una visión integrada de las metodologías que pueden ser aplicadas en el estudio de procesos metamórficos, especialmente en situaciones complejas como ser los terrenos polimetamórficos o con fraccionamiento composicional progrado.

i. Modalidad: Presencial.

j. Cronograma:

Fecha: 8 al 12 de mayo de 2023.

Horarios: Días lunes a viernes de 9:00 a 12:00h y 13:30 a 18:30h

k. Carga horaria total: 40h

l. Criterios de aprobación y acreditación: La acreditación del curso será con la aprobación de una actividad evaluativa práctica al finalizar el curso, el cual se presentará en formato de informe.

m. Bibliografía:

Programas mencionados:

- THERMOCALC - <http://www.metamorph.geo.uni-mainz.de/thermocalc/>
 - PERPLE_X - <http://www.perplex.ethz.ch/>
 - Theriak-Domino - <http://titan.minpet.unibas.ch/minpet/theriak/theruser.html>
 - GeoPS - <http://www.geops.org/en-us/>
 - XMapTools - <https://www.xmaptools.com/>
- Berman, R. G. (1988). Internally-consistent thermodynamic data for minerals in the system Na₂O-K₂O-CaO-MgO-FeO-Fe₂O₃-Al₂O₃-SiO₂-TiO₂-H₂O-CO₂. *Journal of petrology*, 29(2), 445-522.
 - Bartoli, O. (2017). Phase equilibria modelling of residual migmatites and granulites: An evaluation of the melt-reintegration approach. *Journal of metamorphic Geology*, 35(8), 919-942.

- Connolly, J.A.D. 2005. Computation of phase equilibria by linear programming: a tool for geodynamic modeling and its application to subduction zone decarbonation. *Earth and Planetary Science Letters* 236:524-54.
- de Capitani C. and Petrakakis K. (2010): The computation of equilibrium assemblage diagrams with Theriak/Domino software. *American Mineralogist* 95:1006-1016
- Evans, T. P. (2004). A method for calculating effective bulk composition modification due to crystal fractionation in garnet-bearing schists; implications for isopleth thermobarometry. *Journal of Metamorphic Geology*, 22, 547-557.
- Garcia-Arias, M. (2020). Consistency of the activity–composition models of Holland, Green, and Powell (2018) with experiments on natural and synthetic compositions: A comparative study. *Journal of Metamorphic Geology*, 38 (9), 993-1010.
- Green, E.C.R., White, R.W., Diener, J.F.A., Powell, R., Holland, T.J.B., Palin, R.M. (2016). Activity–composition relations for the calculation of partial melting equilibria in metabasic rocks. *Journal of Metamorphic Geology*, 34(9), 845-869.
- Holland, T. J. B. y Powell, R. T. J. B. (1998). An internally consistent thermodynamic data set for phases of petrological interest. *Journal of metamorphic Geology*, 16(3), 309-343.
- Pattinson, D. R. M., de Capitani, C., Gaidies, F. (2011). Petrological consequences of variations in metamorphic reaction affinity. *Journal of Metamorphic Geology*, 29, 953-977.
- Powell, R., Holland, T.J.B. (1988). An internally consistent dataset with uncertainties and correlations: 3. Applications to geobarometry, worked examples and a computer program. *Journal of metamorphic Geology*, 6(2), 173-204.
- Powell, R, Holland, TJB, Worley, B, 1998.
- Calculating phase diagrams involving solid solutions via non-linear equations, with examples using THERMOCALC *Journal of Metamorphic Geology* 16, 577–588.
- Riel, N., Kaus, B. J., Green, E. C. R., Berlie, N. (2022). MAGEMin, an efficient Gibbs energy minimizer: Application to igneous systems. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 23(7), 1-27.
- Sola, A.M., Hasalová, P., Weinberg, R.F., Suzaño, N.O., Becchio, R.A., Hongn, F.D., Botelho, N. (2017). Low-P melting of metapelitic rocks and the role of H₂O: Insights from phase equilibria modelling. *Journal of Metamorphic Geology*, 35(9), 1131-1159
- Stüwe, K. (1997). Effective bulk composition changes due to cooling: a model predicting complexities in retrograde reaction textures. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 129(1), 43-52.
- Tajčmanová, L., Connolly, J. A. D., Cesare, B. (2009). A thermodynamic model for titanium and ferric iron solution in biotite. *Journal of Metamorphic Geology*, 27(2), 153-

165.

Weinberg, R.F. y Hasalová, P. (2015). Water-fluxed melting of the continental crust: A review. *Lithos*, 212–215, 158–188.

White, R.W., Pomroy, N.E., Powell, R. (2005). An in situ metatexite-diatexite transition in upper amphibolite facies rocks from Broken Hill, Australia. *Journal of Metamorphic Geology*, 23, 579–602.

Xiang, H., y Connolly, J. A. (2022). GeoPS: An interactive visual computing tool for thermodynamic modelling of phase equilibria. *Journal of Metamorphic Geology*, 40(2), 243-255.

n. Presupuesto

Gastos

Rubro	Descripción	Monto
Bienes de consumo	Pasajes terrestres (2) \$15.000 c/u	\$30.000,00
Honorarios	Verdecchia 20 h (JTP) \$ 4.111,02	\$ 82.220,40
docentes	Serra Varela 20 h (PAD) \$ 4.786,91	\$ 95.738,20
TOTAL GASTOS		\$ 207.958,60

Ingresos

Aranceles:

Estudiantes de doctorado y posdoctorado de la UNRN: \$ 21.000,00 ó 2 cuotas de \$10.500,00.

Estudiantes de posgrado y docentes de instituciones públicas (CONICET, UUNN Y PROVINCIALES): \$ 25.000,00 ó 2 cuotas de \$ 12.500,00.

Profesionales nacionales: \$ 31.000,00 ó 2 cuotas de \$ 15.500,00.

Profesionales extranjeros: U\$S 400,00.

Se pueden establecer 2 cuotas: 1° cuota en abril 2023 a modo de matrícula y 2° cuota en mayo 2023 al inicio del curso.

TOTAL INGRESOS	\$ 210.000,00
-----------------------	----------------------