**AREA GEOCIENCIAS**

**FORMULARIO PARA PRESENTACIÓN DE CURSOS DE POSGRADO**

**FECHA DE PRESENTACIÓN:**

|  |
| --- |
| **01/08/2025** |

**1) DATOS SOBRE EL CURSO**

1.1. Nombre completo:

|  |
| --- |
| Hidrógeno Natural: De la Geología a la Energía del Futuro |

1.2. Nombre abreviado (máx 20 caracteres, para Bedelía):

|  |
| --- |
| Hidrógeno Natural |

1.3. Cupo de estudiantes (si corresponde):

|  |
| --- |
| No corresponde |

1.4. Fechas previstas para la realización **(\*):** Tentativo

|  |  |
| --- | --- |
| **Fecha inicio** dd/mm/aa | 24/11/2025 |
| **Fecha Finalización** dd/mm/aa | 26/11/2025 |

**(\*) Nota: En el ANEXO se detallan algunos criterios importantes para el llenado del formulario y el cálculo de créditos para cursos semestrales e intensivos.**

1.5. Horario (tentativo):

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Horarios** | **Lu** | **Ma** | **Mi** | **Ju** | **Vi** | **Sa** | **Do** |
| Inicio | 09:00 | 09:00 | 10:00 |  |  |  |  |
| Fin | 15:00 | 15:00 | 12:00 |  |  |  |  |

1.6. Detalles de carga horaria (horas):

|  |  |
| --- | --- |
| - Carga horaria total del curso. | 30 |
| - Carga horaria de clases teóricas. | 10 |
| - Carga horaria de clases prácticas (incluir salidas de campo, seminarios, presentaciones de trabajos, talleres). | 2 |
| Únicamente para cursos intensivos  - Carga horaria no presencial  ¿Durante el curso? ¿Posterior/previa al curso? Explicite. | 5 posterior al curso |

1.7. Actividades a realizar (marcar con una cruz el casillero y especificar cantidad de horas).

Clases sincrónicas:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Clases expositivas teóricas |  | Cantidad de horas: | 10 |
| Trabajo de campo |  | Cantidad de horas: | - |
| Talleres de discusión |  | Cantidad de horas: | 2 |
| Seminarios |  | Cantidad de horas: | - |
| Trabajo de laboratorio/gabinete |  | Cantidad de horas: | - |

Trabajo domicilio (solo cursos intensivos con componente sincrónica diaria mayor a 6 hs y evaluación el último día)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Actividades no presenciales |  | Cantidad de horas: |  |

En el caso de que el curso incluya una salida de campo, ¿estaría dispuesto a aprovechar la salida de campo en el interior del país y visitar una escuela rural?:

1.8. Evaluación

Los cursos se aprobarán con una evaluación final individual en la que el estudiante deberá alcanzar como mínimo una calificación correspondiente al concepto Aceptable: el rendimiento alcanza el criterio mínimo de suficiencia (de acuerdo a la escala de la Udelar).

La evaluación del curso será mediante (marque con una cruz):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Examen escrito | |
|  | Examen oral | |
| X | Trabajo escrito/proyecto | |
|  | Otro tipo (especificar): | Presentación de seminario |

Para cursos intensivos, especificar si la evaluación será realizada el último día o posterior a la finalización del curso (al menos 1 semana después) (\*):

|  |
| --- |
| Evaluación posterior a la finalización del curso |

1.9. Especifique si el curso admite a estudiantes de grado y de otras carreras de posgrado:

|  |
| --- |
| Admite estudiantes cursando el último año de la carrera de grado |

1.10. Indicar modalidad de dictado (virtual/presencial/mixta):

|  |
| --- |
| Presencial |

**2) DATOS SOBRE EL/LOS COORDINADOR/ES Y DOCENTES PARTICIPANTES DEL CURSO**

2.1 Coordinador/es del curso (nombre y correo electrónico de contacto):

|  |
| --- |
| Ethel Morales – [ethal@fcien.edu.uy](mailto:ethal@fcien.edu.uy) |

2.2 Docentes participantes (PEDECIBA):

|  |
| --- |
|  |

2.3 Docentes participantes invitados (no PEDECIBA, adjuntar CV):

|  |
| --- |
| Dra. Isabelle Moretti – UPPA y la Sorbona (Francia) |

2.4 Otros colaboradores (por ej., estudiantes de doctorado):

|  |
| --- |
| .Mag. Marcos Sequeira y Mag. Facundo Plenc, estudiantes de doctorado PEDECIBA-Geociencias |

**3) CONTENIDO ACADÉMICO DEL CURSO**

3.1 Objetivo de la asignatura:

|  |
| --- |
| El curso tiene como objetivo brindar a los participantes una comprensión integral del hidrógeno natural como recurso energético emergente, su rol en la transición energética global y sus diferencias con el hidrógeno manufacturado. A lo largo del curso se abordarán los fundamentos geológicos de su generación, migración y acumulación en el subsuelo, así como las herramientas y metodologías para su exploración. Se analizarán ejemplos internacionales y el potencial específico de Uruguay, con énfasis en contextos geológicos favorables y posibles sinergias con otras fuentes como la energía geotérmica.. |

3.2 Metodología de enseñanza:

|  |
| --- |
| La modalidad de cursada incluye clases teóricas expositivas, con instancias de discusión, en formato taller, entre los participantes del curso. |

3.3 Temario:

|  |
| --- |
| Día 1: Introducción - a) El lugar del hidrógeno natural en el negocio del hidrógeno manufacturado, b) transición energética, c) heterogeneidad mundial, d) el hidrógeno hoy, usos actuales en la industria química, e) el uso futuro del hidrógeno natural y su crecimiento como vector y fuente de energía, f) relaciones de precios entre el hidrógeno manufacturado y el natural; g) contexto geológico de Uruguay; h) áreas con potencial primario en el Uruguay.  Generalidades del hidrógeno natural - ¿Por qué se está generando hidrógeno natural? Actividad mundial: dónde se desarrolla la exploración y producción de hidrógeno natural, ¿Quiénes son los actores? Rocas generadoras de hidrógeno natural: a) contextos ofiolíticos, b) contexto intracratónico, c) rocas sedimentarias ricas en hierro, intrusivas, d) radiólisis, e) maduración tardía de la materia orgánica (MO), análisis de las capas de carbón.  Día 2: Sistemas de hidrógeno natural - a) Migración/transporte del hidrógeno natural en el subsuelo; b) acumulación y entrampamiento del hidrógeno natural en el subsuelo; c) ejemplos a nivel mundial.  Exploración de hidrógeno natural - a) Herramientas para la exploración de hidrógeno natural; b) ¿Qué hacer antes de ir al campo?, el uso de imágenes de teledetección. c) ¿Qué hacer en el campo?; d) ¿Qué hacer en el laboratorio? Ejemplos a nivel mundial y análisis de Uruguay - a) ejemplos a nivel mundial con foco en contextos geológicos similares a los de Uruguay; b) hidrógeno natural y energía geotérmica: ejemplo en la zona de Larderello (Italia), Uruguay;  Día 3: evaluación. |

3.4 Bibliografía:

|  |
| --- |
| Combaudon, V., Moretti, I., Kleine, B. I., &amp; Stefánsson, A. (2022). Hydrogen emissions from hydrothermal fields in Iceland and comparison with the Mid-Atlantic Ridge. International Journal of Hydrogen Energy, 47(18), 10217-10227.  Geymond, U., Loiseau, K., Roche, V., Pasquet, G., Revillon, S., Sougrati, M., &amp; Moretti, I. (2025). Mössbauer spectroscopy: a key tool to quantify Fe-speciation and distribution in H2-generating rocks. Applied Geochemistry, 106399.  Horsfield, B., Mahlstedt, N., Weniger, P., Misch, D., Vranjes-Wessely, S., Han, S., &amp; Wang, C. (2022). Molecular hydrogen from organic sources in the deep Songliao Basin, PR China. International Journal of Hydrogen Energy, 47(38), 16750-16774.  Larin, N., Zgonnik, V., Rodina, S., Deville, E., Prinzhofer, A., &amp; Larin, V. N. (2015). Natural molecular hydrogen seepage associated with surficial, rounded depressions on the European craton in Russia. Natural Resources Research, 24, 369-383.  Lefeuvre, N., Truche, L., Donzé, F. V., Gal, F., Tremosa, J., Fakoury, R. A., ... &amp; Gaucher, E. C. (2022). Natural hydrogen migration along thrust faults in foothill basins: The North Pyrenean Frontal Thrust case study. Applied Geochemistry, 145, 105396.  Lévy, D., Roche, V., Pasquet, G., Combaudon, V., Geymond, U., Loiseau, K., &amp; Moretti, I. (2023). Natural H2 exploration: tools and workflows to characterize a play. Science and Technology for Energy Transition, 78, 27.  Loiseau, K., Aubourg, C., Petit, V., Bordes, S., Lefeuvre, N., Thomas, E., ... &amp; Moretti, I. (2024). Hydrogen generation and heterogeneity of the serpentinization process at all scales: Turon de Técouère lherzolite case study, Pyrenees (France). Geoenergy, 2(1), geoenergy2023-024.  Lopez-Lazaro, C., Bachaud, P., Moretti, I., &amp; Ferrando, N. (2019). Predicting the phase behavior of hydrogen in nacl brines by molecular simulation for geological applications. BSGF-Earth Sciences Bulletin, 190 (1), 7.  Maiga, O., Deville, E., Laval, J., Prinzhofer, A., &amp; Diallo, A. B. (2023). Characterization of the spontaneously recharging natural hydrogen reservoirs of Bourakebougou in Mali. Scientific Reports, 13(1), 11876.  Moretti, I., Prinzhofer, A., Françolin, J., Pacheco, C., Rosanne, M., Rupin, F., &amp; Mertens, J. (2021a). Long-term monitoring of natural hydrogen superficial emissions in a brazilian cratonic environment. Sporadic large pulses versus daily periodic emissions. International Journal of Hydrogen Energy, 46(5), 3615-3628.  Moretti, I., Brouilly, E., Loiseau, K., Prinzhofer, A., &amp; Deville, E. (2021b). Hydrogen emanations in intracratonic areas: new guide lines for early exploration basin screening. Geosciences, 11(3), 145.  Roche V., Geymond U., Boka-Mene M., Delcourt, N., Portier, E., Revillon, S., &amp; Moretti, I. (2024). A New Continental Hydrogen Play in Damara Belt (Namibia). Nature Scientific Report.  .  Sequeira, M., Morales, E., Moretti, I., Veroslavsky, G., Plenc, F., d’Avila, R., &amp; de Santa Ana, H. (2025). Natural Hydrogen in Uruguay: Catalog of H2-Generating Rocks, Prospective Exploration Areas, and Potential Systems. Geosciences, 15(2), 54.  Sherwood Lollar, B., Onstott, T. C., Lacrampe-Couloume, G., &amp; Ballentine, C. J. (2014). The contribution of the Precambrian continental lithosphere to global H2 production. Nature, 516(7531), 379-382.  Vacquand C., Deville E., Beaumont V., Guyot F., Sissmann O., Pillot D., Arcilla C., Prinzhofer A. (2018) Reduced gas seepages in ophiolitic complexes: Evidences for multiple origins of the H2-CH4-N2 gas mixtures, Geochim. Cosmochim. Acta 223, 437–461. https://doi.org/10.1016/j.gca.2017.12.018.  Wiersberg, T., &amp; Erzinger, J. (2008). Origin and spatial distribution of gas at seismogenic depths of the san andreas fault from drill-mud gas analysis. Applied Geochemistry, 23 (6), 1675–1690.  Zgonnik, V., Beaumont, V., Deville, E., Larin, N., Pillot, D., &amp; Farrell, K. M. (2015). Evidence for natural molecular hydrogen seepage associated with Carolina bays (surficial, ovoid depressions on the Atlantic Coastal Plain, Province of the USA). Progress in Earth and Planetary Science, 2, 1-15. |

3.5 Conocimientos previos requeridos:

|  |
| --- |
| Formación de grado en geología y relacionadas a las energías. |

**4) INFORME FINAL** Al finalizar el curso, el docente responsable deberá presentar una breve evaluación de la actividad, indicando:

1. Porcentaje de asistencia (% de inscriptos que alcanzaron el mínimo requerido de asistencias para aprobar el curso).

2. Participación de docentes del exterior (si corresponde).

3. Opinión general:

- ¿Cómo valora el desarrollo de la interacción docente-estudiante durante el curso?

- ¿Cómo valora el seguimiento de las actividades del curso por parte de los estudiantes?

- ¿El curso se dictó y cursó con normalidad de acuerdo a lo esperado?

- ¿Surgieron imprevistos?

- ¿Fue necesario introducir cambios en el curso durante su realización, en relación a la propuesta original? Si fue el caso, por favor especificar.

Nota: Máximo una carilla.

**5) SOLICITUD DE FINANCIAMIENTO** (ítem exclusivo para aquellos cursos que soliciten financiamiento). Indicar si el curso solicita fondos al Área Geociencias. En caso que así sea, por favor adjuntar el formulario de *Solicitud de Financiamiento*.

**ANEXO**

CRITERIO PARA EL CÁLCULO DE CRÉDITOS

La Comisión de Posgrado asignará los créditos a cada curso hasta un máximo de 15, atendiendo al carácter obligatorio o no del mismo, a la amplitud de su contenido y a su extensión horaria.

El estudio de esta propuesta será realizado por la Comisión de Posgrado del área.

• **Cursos semestrales y no intensivos** (mayor a 2 semanas de duración). Los créditos correspondientes al curso se calculan multiplicando la carga horaria total del curso (componente sincrónica) por 1,8 y dividiéndolas entre 15. La carga horaria total del curso incluye clases teóricas y prácticas (dentro de las clases prácticas se deben incluir las salidas de campo).

* **Cursos cortos**. Creditización para cursos cortos donde la componente sincrónica se desarrolle en 2 semanas o menos.

1) En caso de cursos cortos con componente sincrónica diaria menor o igual a 6 hs y evaluación el último día, NO deben ponerse en el formulario horas de trabajo domiciliario. Los créditos se calcularán como (horas sincrónicas)\*1.8/15.

2) En caso de cursos cortos con componente sincrónica diaria mayor a 6 hs y evaluación el último día, se deberán explicitar en formulario tanto las horas sincrónicas como las horas de trabajo domiciliario, cuya suma no podrá superar las 12 hs diarias. En este caso los créditos se calcularán como (hs sincrónicas + hs domicilio)/15.

Para cursos de componente sincrónica desarrollada sólo durante 1 semana:

3) Si hay lecturas previas al comienzo de las clases sincrónicas (de al menos 1 semana previa) o evaluación posterior a la finalización de las clases sincrónicas (al menos 1 semana después), NO deben ponerse en el formulario las horas de trabajo domiciliario. Los créditos se calcularán como (horas sincrónicas)\*1.8/15.

(\*) En todos los casos de cursos intensivos es importante colocar la fecha de inicio/finalización del curso contemplando estas lecturas previas o evaluación posterior.

Se recomienda la evaluación posterior para mejorar incorporación de conocimientos por parte de los estudiantes.

• Observaciones:

Máximo de horas teóricas por día cursos no intensivos: 8hs.

Máximo de horas teóricas por día cursos intensivos: 10hs.

Cada día de salida de campo corresponden a 8hs de trabajo práctico