

## PROGRAMA DE CURSO

### MECÁNICA DE FLUIDOS APLICADA A LA GEOCIENCIA

#### A. Antecedentes generales del curso:

|                            |   |        |            |          |                      |
|----------------------------|---|--------|------------|----------|----------------------|
| Departamento               | Geofísica (DGF)                               |        |            |          |                      |
| Nombre del curso           | Mecánica de fluidos aplicada a la geociencia  | Código | GF4022     | Créditos | 6                    |
| Nombre del curso en inglés | <i>Fluid Mechanics Applied to Geoscience</i>  |        |            |          |                      |
| Horas semanales            | Docencia                                      | 3      | Auxiliares | 1,5      | Trabajo personal 5,5 |
| Carácter del curso         | Obligatorio                                   | X      |            | Electivo |                      |
| Requisitos                 | GF4005: Matemáticas aplicadas a la geociencia |        |            |          |                      |

#### B. Propósito del curso:

El curso tiene como propósito que los y las estudiantes utilicen conceptos de la mecánica de fluidos para modelar los flujos en la astenósfera y atmósfera.

Comprender los flujos astenosféricos es primordial para entender el funcionamiento de la tectónica de placas, que es la causa de grandes procesos geofísicos tales como terremotos, erupciones volcánicas y orogénesis.

Asimismo, entender el comportamiento de los flujos atmosféricos es de gran relevancia para inferir el funcionamiento del clima y de fenómenos meteorológicos de distintas escalas.

El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG):

CE1: Modelar cuantitativamente procesos geofísicos tales como terremotos, dispersión de contaminantes en la atmósfera y cambio climático, mediante modelos físico-matemáticos.

CE2: Evaluar y caracterizar peligros naturales y amenazas geofísicas tales como riesgo sísmico, deslizamientos de tierra, riesgo climático, entre otros, para cuantificar y planificar medidas de adaptación y mitigación.

CE5: Interpretar los modelos obtenidos con el fin de ubicar y cuantificar las amenazas geofísicas y la disponibilidad de los recursos naturales.

CG1: Comunicación académica y profesional

Comunicar en español de forma estratégica, clara y eficaz, tanto en modalidad oral como escrita, puntos de vista, propuestas de proyectos y resultados de investigación

|  |
|--|
| <p>fundamentados, en situaciones de comunicación compleja, en ambientes sociales, académicos y profesionales.</p> <p>CE2: Comunicación en inglés</p> <p>Leer y escuchar de manera comprensiva en inglés una variedad de textos e informaciones sobre temas concretos o abstractos, comunicando experiencias y opiniones, adecuándose a diferentes contextos y a las características de la audiencia.</p> <p>CG4: Trabajo en equipo</p> <p>Trabajar en equipo, de forma estratégica y colaborativa, en diversas actividades formativas, a partir de la autogestión de sí mismo y de la relación con el otro, interactuando con los demás en diversos roles: de líder, colaborador u otros, según requerimientos u objetivos del trabajo, sin discriminar por género u otra razón.</p> |
|--|

### C. Resultados de aprendizaje:

| Competencias específicas | Resultados de aprendizaje  |
|--------------------------|--|
| CE1                      | RA1: Deriva, a partir de los principios fundamentales de conservación, las ecuaciones que describen la dinámica de fluidos geofísicos.   |
| CE5                      | RA2: Utiliza la mecánica de fluidos para modelar flujos geológicos a escala cortical y litosférica.  |
| CE1, CE5                 | RA3: Modela el ángulo de subducción, utilizando conceptos de la mecánica de fluidos a fin de comparar los resultados de la modelación con observaciones geofísicas.  |
| CE1, CE5                 | RA4: Modela el flujo atenosférico, proponiendo hipótesis para explicar la física de ciertas fuerzas tectónicas.  |
| CE1, CE2                 | RA5: Determina los efectos de la rotación terrestre y de la estratificación en la dinámica de fluidos geofísicos para explicar cómo se produce la circulación atmosférica.   |
| CE1, CE5                 | RA6: Aplica modelos físicos y modelos numéricos para determinar los flujos geofísicos afectados por la rotación terrestre y las fuerzas boyantes.  |
| Competencias genéricas   | Resultados de aprendizaje  |
| CG1                      | RA7: Produce reportes y un informe sobre los resultados de la modelación de flujos atenosféricos y de cómo las fuerzas tectónicas afectan la configuración del sistema tectónico terrestre, utilizando criterios de claridad y precisión científica en su redacción. |

|          |  |
|----------|--|
| CG1, CG2 | RA8: Lee comprensivamente textos y artículos, en español e inglés, sobre aspectos teóricos de la mecánica de fluidos aplicada a la geodinámica, relacionando información que permita discutir diversas hipótesis y teorías propuestas sobre esta disciplina. |
| CG4      | RA9: Ejecuta las actividades del trabajo de laboratorio, intercambiando información con su equipo, en un proceso de escucha activa y respetuosa para cumplir con las tareas solicitadas.   |

#### D. Unidades temáticas:

| Número   | RA al que tributa | Nombre de la unidad  | Duración en semanas |
|--|-------------------|--|---------------------|
| 1  | RA1               | Fluidos newtonianos  | 1,5 semanas         |
| Contenidos   |                   | Indicador de logro   |                     |
| 1.1. Derivada Material.<br>1.2. Ley constitutiva para fluidos newtonianos.<br>1.3. Conceptos de: tasa de deformación, viscosidad dinámica y cinemática.<br>1.4. Ecuación de continuidad.<br>1.5. Ecuación de Navier-Stokes.<br>1.6. Número de Reynolds (flujo laminar y turbulento).<br>1.7. Ecuación de Stokes. |                   | El/la estudiante:<br>1. Identifica las leyes físicas de conservación que rigen la dinámica de fluidos.<br>2. Distingue y describe las propiedades físicas que afectan la dinámica de fluidos newtonianos.<br>3. Examina las diferencias entre la derivada material y las derivadas comunes del cálculo diferencial.<br>4. Discrimina entre los flujos laminares y turbulentos.<br>5. Resuelve problemas, utilizando ecuaciones de continuidad y Navier-Stokes. |                     |
| Bibliografía de la unidad  |                   | [1] Turcotte & Schubert, Geodynamics 2nd Edition, 2002.  |                     |

| Número  | RA al que tributa | Nombre de la unidad  | Duración en semanas |
|---|-------------------|--|---------------------|
| 2   | RA2, RA6, RA8     | Flujos canónicos (laminares) en geodinámica  | 2 semanas           |
| Contenidos  |                   | Indicador de logro   |                     |
| 2.1. Flujo Couette<br>2.2. Flujo de Poiseuille.<br>2.3. Flujo en tuberías.<br>2.4. Flujo de Stokes.<br>2.4.1. Coeficiente de arrastre.<br>2.4.2. Velocidad Terminal (aplicaciones a Diapiros, Xenolitos y ascenso magmático). |                   | El/ la estudiante:<br>1. Deriva a partir de la ecuación de Stokes diferentes flujos con aplicaciones a tuberías y cuellos volcánicos.<br>2. Deriva la velocidad terminal del ascenso/descenso de xenolitos en un ambiente, utilizando valores de los parámetros físicos obtenidos a través de mediciones empíricas.<br>3. Lee en ingles textos, relacionando la información con conceptos de la mecánica de fluido aplicada a la |                     |

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
|                                  | geociencia.<br>4. Utiliza lo aprendido en los textos en un nuevo contexto de aplicación del conocimiento especializado. |
| <b>Bibliografía de la unidad</b> | [1] Turcotte & Schubert, Geodynamics 2nd Edition, 2002.   |

| Número   | RA al que tributa | Nombre de la unidad  | Duración en semanas |
|--|-------------------|--|---------------------|
| 3  | RA3, RA4, RA7     | Problemas geodinámicos de escala litosférica   | 3 semanas           |
| <b>Contenidos</b>  |                   | <b>Indicador de logro</b>  |                     |
| 3.1. Funciones de corriente.<br>3.2. Rebote postglacial.<br>3.3. Flujo en cuña astenosférica de subducción.<br>3.4. Flujo en centro de expansión oceánica.<br>3.5. Problemas de estabilidad (Nociones de convección termal). |                   | El/la estudiante:<br>1. Expande la ecuación de Stokes, usando funciones de corriente para estudiar los flujos astenosféricos.<br>2. Plantea las condiciones de borde en el problema de convección termal y resuelve el sistema de ecuaciones, usando funciones de corriente.<br>3. Analiza los parámetros utilizados para la obtención de flujos astenosféricos.<br>4. Produce reportes o informes, sobre problemas geodinámicos de escala litosférica, considerando claridad y coherencia en su exposición. |                     |
| <b>Bibliografía de la unidad</b>   |                   | [1] Turcotte & Schubert, Geodynamics 2nd Edition, 2002.<br>[2] Richards M.A, Geodynamics Notes, University of Berkeley.  |                     |

| Número                                 | RA al que tributa | Nombre de la unidad  | Duración en semanas |
|--|-------------------|--|---------------------|
| 4                                      | RA2               | Problemas geodinámicos de escala cortical  | 1 semana            |
| <b>Contenidos</b>                      |                   | <b>Indicador de logro</b>  |                     |
| 4.1. Diapirismo.<br>4.2. Pliegamiento. |                   | El/la estudiante:<br>1. Visualiza la geometría de los flujos para interpretar la formación de diapiros y deformación cortical.<br>2. Resuelve problemas geodinámicos de escala cortical.                     |                     |
| <b>Bibliografía de la unidad</b>       |                   | [1] Turcotte & Schubert, Geodynamics 2nd Edition, 2002.<br>[2] Richards M.A, Geodynamics Notes, University of Berkeley.<br>[3] C. M. R. Fowler, The Solid Earth: An Introduction to Global Geophysics, 2004. |                     |

| Número   | RA al que tributa | Nombre de la unidad   | Duración en semanas |
|--|-------------------|---|---------------------|
| 5  | RA1               | Conceptos básicos de dinámica de la atmósfera y el océano   | 3,5 semanas         |
| <b>Contenidos</b>  |                   | <b>Indicador de logro</b>   |                     |
| 5.1. Fenómenos y escalas.<br>5.2. Ecuaciones de estado.<br>5.3. Ecuaciones de conservación de masa y de momentum.<br>5.4. Fuerzas inerciales.<br>5.5. Advección, Vorticidad y divergencia.<br>5.6. Ecuación termodinámica.<br>5.7. Ecuaciones de Boussinesq. |                   | El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Distingue las distintas escalas espaciales y temporales de los diversos fenómenos de circulación atmosférica y oceánica.</li> <li>2. Examina la forma en que las ecuaciones básicas de la mecánica de fluidos se aplican para describir la cinemática y la dinámica de la atmósfera y del océano.</li> <li>3. Aplica las ecuaciones básicas de la mecánica de fluidos para describir la cinemática y la dinámica de la atmósfera y del océano.</li> </ol> |                     |
| <b>Bibliografía de la unidad</b>   |                   | [4] Cushman-Roisin y Beckers, 2011.<br>[5] Marshall y Plumb, 2008.  |                     |

| Número   | RA al que tributa       | Nombre de la unidad   | Duración en semanas |
|--|-------------------------|---|---------------------|
| 6  | RA5, RA6, RA7, RA8, RA9 | Problemas básicos de dinámica atmosférica   | 4 semanas           |
| <b>Contenidos</b>  |                         | <b>Indicador de logro</b>   |                     |
| 6.1. Balance hidrostático y energía potencial disponible.<br>6.2. Viento geostrófico y viento térmico.<br>6.3. Estabilidad y convección.<br>6.4. Ondas de aguas someras. |                         | El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Utiliza el balance hidrostático para establecer la relación presión - altura.</li> <li>2. Define el concepto de energía potencial disponible.</li> <li>3. Determina el balance geostrófico y sus conceptos asociados: viento térmico, viento de gradiente, flujos ciclostróficos y flujo inercial.</li> <li>4. Reconoce y analiza la importancia del concepto de estabilidad para los movimientos verticales.</li> <li>5. Modela el fenómeno de convección de manera simplificada.</li> <li>6. Examina y analiza la importancia de las ondas para la propagación de perturbaciones y el ajuste a condiciones de equilibrios dinámicos.</li> <li>7. Establece vínculos entre lo leído en diversos textos con conocimientos sobre dinámica atmosférica.</li> <li>8. Produce reportes o informes problemas de dinámica atmosférica, considerando precisión en sus escritos.</li> </ol> |                     |

|                           |  |
|---------------------------|--|
|                           | 9. Respeta las ideas y opiniones de otros para definir acuerdos sobre la actividad a cumplir por el equipo, en un proceso de escucha activa de sus compañeros. |
| Bibliografía de la unidad | [4] Cushman-Roisin y Beckers, 2011.<br>[5] Marshall y Plumb, 2008.   |

### E. Estrategias de enseñanza - aprendizaje:

El curso considera las siguientes estrategias:

- Clase expositiva.
- Resolución de problemas
- Laboratorios.
- Lectura crítica.

### F. Estrategias de evaluación:

El curso considera distintas instancias de evaluación de proceso:

- Controles.
- Tareas.
- Reportes e informes.

*Al inicio del semestre, se informará sobre las evaluaciones del curso, considerando tipos, cantidad y ponderaciones correspondientes.*

### G. Recursos bibliográficos:

#### Bibliografía obligatoria

- [1] Turcotte & Schubert (2012). *Geodynamics*. 2nd Edition.
- [2] Richards M.A, *Geodynamics Notes*, University of Berkeley.
- [3] Fowler, C. M. R. (2004). *The Solid Earth: An Introduction to Global Geophysics*.
- [4] Cushman-Roisin y Beckers (2011). *Introduction to Geophysical Fluid Dynamics* (2a Ed.). Elsevier.

#### Bibliografía complementaria

- [5] Marshall y Plumb (2008). *Atmosphere, Ocean, and Climate Dynamics*. Academic Press.

#### H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso:

|                 |   |
|-----------------|---|
| Vigencia desde: | Otoño, 2021                             |
| Elaborado por:  | Eduardo Contreras R. y Ricardo Muñoz M. |
| Validado por:   | CTD de Geofísica                        |
| Revisado por:   | Área de Gestión Curricular              |