

Nombre del curso o unidad curricular (*):	
Geofísica de medios granulares	
Forma parte de la Oferta Estable (*):	
No	
Centro/Instituto responsable (*):	
Instituto de Física	
Licenciatura (*):	
Astronomía, Ciencias de la Atmósfera, Física	
Frecuencia y semestre de la formación al que pertenece la unidad curricular (*):	
Opcional.	
Créditos asignados (*):	
Astronomía - 12 créditos en el área: Electivas/Optativas Ciencias de la Atmósfera - 12 créditos en el área: Recursos Hídricos y Otras Geociencias Física - 12 créditos en el área: Física	
Nombre del docente responsable de la unidad curricular (*):	
Thomas Gallot	
Mail de contacto:	Instituto al que pertenece:
tgallot@fcien.edu.uy	Física
Nombre del/la docente co-responsable:	
Camila Sedofeito	
Mail de contacto:	Instituto al que pertenece:
camila.sedofeito@fcien.edu.uy	Física
Nombre del/la docente responsable de prácticos:	
Camila Sedofeito	
Mail de contacto:	Instituto al que pertenece:
camila.sedofeito@fcien.edu.uy	Física
Nombre del/la docente(s) invitado(s):	
Mail de contacto:	Instituto al que pertenece:
Conocimientos Previos Necesarios (*):	
Conocimiento básico de análisis de datos, manejo experimental y redacción de informes. Conocimiento de física y matemática básica.	

Unidades curriculares y/o créditos previos que habilitan a realizar el curso (*):

- 50 créditos en el área Física,
- 40 créditos en el área Matemática y
- 15 créditos en el área Herramientas para la Investigación Experimental y el Desarrollo Profesional ó Taller 1 y 2 ó Introducción a Las Ciencias de la Tierra y el Espacio I y II ó Taller 1 e Introducción a Las Ciencias de la Tierra y el Espacio II ó Introducción a Las Ciencias de la Tierra y el Espacio I y Taller 2 ó Taller de Introducción a las Ciencias de la Atmósfera y Computación ó Taller de Introducción a las Ciencias de la Atmósfera y Computación 1 (FIng) ó Taller de Introducción a las Ciencias de la Atmósfera y Programación 1 (FIng).

Conocimientos adicionales sugeridos:
Objetivo de la unidad curricular:
Herramientas, conceptos y habilidades que se pretenden desarrollar en la unidad curricular (*):

Estudio de comportamiento de los medios granulares en procesos geofísicos, con énfasis en la experimentación a escala de laboratorio y en el análisis de datos.

Objetivos específicos:

- Rol de los medios granulares en sistemas naturales.
- Física de los medios granulares : estática, dinámica (flujo, jamming, etc..) y propagación de ondas.
- Experimentos de laboratorio.
- Procesamiento de datos

Temario sintético de la unidad curricular (*):
Módulo 1: Introducción y Propiedades Estructurales (Clases 1-3)

Definición y comportamientos (sólido/fluido) de los medios granulares.

Propiedades estáticas: ángulo de reposo, densidad aparente, compacidad.

Fenómenos colectivos: Descarga de silos, Jamming, efecto nueces de Brasil, avalanchas.

Módulo 2: Fuerzas y Contactos a Escala de Grano (Clases 4-7)

Distribución de fuerzas: cadenas y redes de contacto.

Mecánica de contacto: Ley de Hertz e histéresis.

Experimentación con discos fotoelásticos y columnas bajo carga.

Módulo 3: Fricción y Dinámica (Clases 8-9)

Fricción granular y fenómeno stick-slip (deslizamiento intermitente).

Leyes de fricción (Coulomb-Amontons) y conceptos como healing.

Simulación de fallas geológicas en laboratorio.

Módulo 4: Ondas y Analogías Geofísicas (Clases 10-13)

Propagación de ondas en medios granulares y teorías de medio efectivo.

Introducción a la sismología: escalas, magnitud, slip.

Análisis de terremotos a escala de laboratorio.

Temario desarrollado(*):
Módulo 1: Introducción y Propiedades Estructurales (Clases 1-3)

1. ¿Qué son los medios granulares? Observación de distintos materiales, discusión sobre comportamiento sólido, fluidizado. Fricción. Temas abiertos en medios granulares.
 2-3. Descripción estructural. Medición de ángulo de reposo y densidad aparente. Compacidad. Número de coordinación. Descarga de medios granulares. Jamming. Efecto nueces de Brasil. Avalanchas de granos o flujo de deslizamientos como analogía de landslides.

Exp. 1. Efecto Janssen en una columna granular — Saturación de presión y fricción con las paredes en silos.

Exp. 2. Flujo en reloj de arena y ley de Beverloo — Descarga granular a través de un orificio.

Exp. 3. (Numérico) Estructura local de medios granulares — De packing aleatorio a jamming.

Módulo 2: Fuerzas y Contactos a Escala de Grano (Clases 4-7)

4-5. Cadenas de fuerzas. Redes de contactos, cadenas de fuerzas.

6-7. Contactos, leyes de Hertz, histéresis. Análisis de curvas fuerza–deformación simples. Introducción al modelado con contactos elásticos.

Exp. 4. Coeficiente de restitución elástica — Disipación de energía en colisiones entre granos.

Exp. 5. Ley de contacto de Hertz — Verificación de la relación fuerza-desplazamiento no lineal entre dos esferas.

Exp. 6. Visualización fotoelástica de esfuerzos — Cadenas de fuerza en ensamblajes granulares 2D.

Módulo 3: Fricción y Dinámica (Clases 8-9)

8-9. Fricción granular y stick-slip. Fricción y stick-slip. Coulomb-Amontons. Conceptos como healing. Registro de fuerza y desplazamiento. Histogramas de eventos, distribución de magnitudes.

Exp. 7. Leyes de fricción de Coulomb — Verificación de las leyes de fricción de Amontons-Coulomb.

Exp. 8. Movimiento Stick-Slip - Oscilaciones periódicas por inestabilidad de fricción.

Módulo 4: Ondas y Analogías Geofísicas (Clases 10-13)

10-11. Ondas en medios granulares. Introducción a propagación de ondas en medios granulares, teoría de medios efectivo no-lineales, teoría de Biot.

12-13. Terremotos a escala de laboratorio. Introducción a la física de terremotos: escala de Richter, momento, magnitud, slip. Análisis de datos de terremotos a escala de laboratorio.

Exp. 9. Propagación de ondas en medios granulares a escala macroscópica - Métodos geofísicos.

14-15. Presentaciones finales. Elegir uno de los experimentos del curso y agregarle un análisis original, o desarrollar un mini-proyecto experimental o numérico en un tema acordado.

Bibliografía:-

a) Básica (*)

- J. Duran : Sands, Powders, and Grains: An Introduction to the Physics of Granular Materials (Springer, 2000).
- V. F. Nesterenko, Dynamics of Heterogeneous Materials (Springer, 2001).
- Daraio et al., Nature 2005 – "Tunable acoustic transmission through nonlinear chains".
- Coste et al., Phys. Rev. E 60, 1999 – "Solitary waves in granular media"
- Andreotti, B., Forterre, Y. & Pouliquen, O. Granular Media: Between Fluid and Solid (Cambridge University Press, 2013).

b) Complementaria

Modalidad de cursada (*):

Presencial.
Metodología de enseñanza:
Clases teóricas, prácticas y experiencias en laboratorio.
Duración en semanas(*):
15
Carga horaria total (*):
180
Horas sugeridas de estudio domiciliario durante el período de clase:
60
Carga horaria detallada:
a) Horas aula de clases teóricas (*)
30
b) Horas aula de clases prácticas (*)
30
c) Horas aula de seminarios:
0
d) Horas aula de talleres:
0
e) Horas de salida de campo:
0
f) Horas de tareas domiciliarias:
60
TIPO DE CURSO (*): OPCIÓN DESPLEGABLE CON LAS 4 OPCIONES DE CURSO:
TIPO 1: Aprobación por curso - sin examen
a) Asistencia requerida para aprobar la unidad curricular (*):
80%
b) Características de las evaluaciones durante el curso (*):
<p>Evaluación continua: Entrega de informes. La evaluación de cada informe es realizada por los docentes siguiendo pautas detalladas claramente establecidas previamente, con una devolución y posibilidad de corrección. La nota mínima de aprobación de cada informe es "Aceptable".</p> <p>Evaluación final: Cada estudiante deberá realizar una presentación oral de 15-20 minutos. Esta presentación personal debe cubrir la globalidad de los conceptos, resultados y conclusiones más relevantes. La evaluación de esta presentación es realizada por los docentes para discutir la nota del expositor. Esta evaluación está basada en la habilidad del orador para cubrir las pautas mínimas que debe cumplir cualquier exposición oral, así como demostrar su dominio en los</p>

conceptos vistos a lo largo del curso. La nota mínima de aprobación de la presentación oral es "Aceptable".

c) Características del examen (si corresponde):

d) Modo de devolución o corrección de las pruebas (si corresponde):

No corresponde.

Habilitada para rendirse en calidad de libre (*):

No.

Comentarios: