

## **Programa del curso**

### **1. Descripción del curso**

El objetivo general de este curso es que los estudiantes aprendan a usar las herramientas de simulación numérica más utilizadas en geotecnia. La mayor parte del curso se dedica al uso del método de los elementos finitos, mediante el código comercial PLAXIS 2D. Al final del semestre, se aborda con menos profundidad el método de los elementos discretos, mediante el código de investigación LMGC90.

### **2. Intensidad horaria**

El curso se desarrolla en el espacio de una sesión magistral semanal, los jueves de 14:00 a 16:50, en el salón AU207.

### **3. Objetivos de aprendizaje**

A continuación se listan los objetivos de aprendizaje del curso (OAC).

Al terminar el curso, se espera que el estudiante:

- (OAC1) identifique las principales herramientas numéricas utilizadas en geotecnia, tenga una idea general de cómo funcionan, y explique su propósito, ventajas y desventajas;
- (OAC2) identifique los principales códigos, tanto comerciales como de investigación, a los que puede acceder para utilizar estas herramientas;
- (OAC3) pueda utilizar, demostrando habilidad y buen criterio, las funciones básicas de un código de elementos finitos (PLAXIS 2D) para analizar diferentes tipos de estructuras y problemas geotécnicos;
- (OAC4) sepa qué modelos constitutivos deben usarse para analizar diferentes tipos de estructuras y problemas geotécnicos; y
- (OAC5) haya usado un código de elementos discretos (LMGC90) para analizar la microestructura y la respuesta mecánica de un material granular.

Adicionalmente, se espera que el estudiante:

- (OAC6) desarrolle sus habilidades de comunicación escrita y gráfica.

#### 4. Temas

A continuación se listan los temas (T) abordados en el curso y se indica su conexión con los OAC uno a cinco.

<b>Tema (T)</b>	<b>OAC1</b>	<b>OAC2</b>	<b>OAC3</b>	<b>OAC4</b>	<b>OAC5</b>
(T1) Introducción a las herramientas numéricas en geotecnia	*	*			
(T2) El modelo constitutivo Elástico-Lineal (EL)			*	*	
(T3) Introducción al método de los elementos finitos	*				
(T4) Introducción a PLAXIS 2D		*	*		
(T5) El modelo constitutivo de Mohr-Coulomb (MC) (modelo elástico-perfectamente plástico)			*	*	
(T6) Cálculo del factor de seguridad mediante el método de reducción de resistencia			*		
(T7) Modelos constitutivos con endurecimiento (Hardening Soil (HS), Hardening Soil Small Strain (HSS) y Soft Soil (SS))			*	*	
(T8) Análisis de sistemas no-drenados			*	*	
(T9) Flujo de agua subterránea			*		
(T10) Consolidación			*		
(T11) Modelos constitutivos para rocas (Hoek-Brown (HB) y Jointed Rock (JR))			*	*	
(T12) Métodos de elementos discretos (DEM)	*	*			*

#### 5. Sistema de evaluación

El nivel de logro de los OAC se mide mediante los siguientes instrumentos de evaluación. Entre paréntesis, se indica el valor porcentual en la nota final.

- Tarea No. 1 (Taludes - Factores de seguridad) (20%)
- Tarea No. 2 (Excavaciones a cielo abierto) (20%)
- Tarea No. 3 (Terraplenes) (20%)
- Tarea No. 4 (Estructuras en roca) (20%)
- Tarea No. 5 (Métodos de elementos discretos) (20%)

## 6. Referencias útiles

Plaxis 2D:

- Plaxis 2D, *Tutorial Manual* (2017)
- Plaxis 2D, *Reference Manual* (2017)
- Plaxis 2D, *Material Models Manual* (2017)
- Plaxis 2D, *Scientific Manual* (2017)

Método de los elementos finitos:

- Gerald, C. F. y Wheatley, P. O., *Análisis Numérico con Aplicaciones 6Ed*, Pearson Education (2000)
- Chapra, S. C. y Canale, R. P., *Métodos Numéricos para Ingenieros 5Ed*, McGraw-Hill Interamericana (2006)
- Reddy. J. N., *An Introduction to the Finite Element Method 2Ed*, McGraw-Hill International Editions (1993)

Métodos de elementos discretos:

- Radjaï, F. and Dubois, F., *Discrete-element Modeling of Granular Materials*, ISTE Ltd and John Wiley & Sons, Inc. (2011)

Otras referencias útiles:

- Sfriso, A., Curso online *Geomecánica Computacional*, SRK Consulting & Universidad de Buenos Aires

## 7. Calendario

A continuación se presenta el calendario del semestre. Para cada sesión, se indican las clases (C) y los temas (T) a cubrir. La abreviación EC significa *Ejercicio en Clase* y la abreviación TP significa *Ejercicio Tutorial de PLAXIS*.

<b>Semana No. (dd/mm)</b>	<b>Actividades</b>
1 (09/08)	<ul style="list-style-type: none"><li>· (C1A) Introducción al curso</li><li>· (C1B - T1) Introducción a las herramientas numéricas en geotecnia</li><li>· (EC1) Estadísticas sobre herramientas numéricas en geotecnia</li></ul>
2 (16/08)	<ul style="list-style-type: none"><li>· (C2A) Repaso sobre esfuerzos y deformaciones</li><li>· (C2B - T2) El modelo constitutivo elástico-lineal (EL)</li><li>· (C2C - T3) Introducción al método de los elementos finitos</li></ul>
3 (23/08)	<ul style="list-style-type: none"><li>· (C3 - T4) Introducción a PLAXIS 2D</li><li>· (EC2) Asentamientos de una zapata circular en arena (TP1)</li></ul>
4 (30/08)	<ul style="list-style-type: none"><li>· (C4A - T5) El modelo constitutivo de Mohr-Coulomb (MC) (modelo elástico-perfectamente plástico)</li><li>· (C4B - T6) Cálculo del factor de seguridad mediante el método de reducción de resistencia</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>· (EC3) Cálculo del factor de seguridad</li> <li>· <b><i>Distribución de la tarea No. 1: Taludes - Factores de seguridad</i></b></li> </ul>
5 (06/09)	· (C5 - T7) Modelos constitutivos con endurecimiento (Hardening Soil (HS))
6 (13/09)	<i>No hay clase (IS Atlanta - TC105 de la ISSMGE)</i>
7 (20/09)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· (C6A - T7) Modelos constitutivos con endurecimiento (Hardening Soil Small Strain (HSS))</li> <li>· (C6B - T7) Modelos constitutivos con endurecimiento (Soft Soil (SS))</li> <li>· (EC4) Excavación seca usando una pantalla anclada (TP3)</li> </ul>
8 (27/09)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· (C7 - T8) Análisis de sistemas no-drenados</li> <li>· (EC5) Construcción de una excavación sumergida (TP2)</li> <li>· <b><i>Distribución de la tarea No. 2: Excavaciones a cielo abierto</i></b></li> </ul>
9 (04/10)	<i>No hay clase (Semana de trabajo individual)</i>
10 (11/10)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· (C8 - T9) Flujo de agua subterránea</li> <li>· (EC6) Flujo a través de una presa (TP9)</li> <li>· (EC7) Estabilidad de una presa frente a cambios en el nivel freático (TP7)</li> </ul>
11 (18/10)	· (EC8) Variaciones de humedad en el suelo superficial (TP11)
12 (25/10)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· (C9 - T10) Consolidación</li> <li>· (EC9) Construcción de un terraplén vial (TP4)</li> <li>· <b><i>Distribución de la tarea No. 3: Terraplenes</i></b></li> </ul>
13 (01/11)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· (C10 - T11) Modelos constitutivos para rocas (Hoek-Brown (HB) y Jointed Rock (JR))</li> <li>· <b><i>Distribución de la tarea No. 4: Estructuras en roca</i></b></li> </ul>
14 (08/11)	<i>No hay clase (XVI Congreso Colombiano de Geotecnia)</i>
15 (15/11)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· (C11 - T12) Métodos de elementos discretos (DEM)</li> <li>· (EC10) Montaje y ejecución de una simulación con pocas partículas</li> </ul>
16 (22/11)	· <b><i>Distribución de la tarea No. 5: Métodos de elementos discretos</i></b>