

PROGRAMA DE CURSO

Código	Nombre			
CI5105	HIDRÁULICA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS			
Nombre en Inglés				
GROUNDWATER HYDRAULICS				
SCT	Unidades Docentes	Horas de Cátedra	Horas Docencia Auxiliar	Horas de Trabajo Personal
6	10	3	2	5
Requisitos			Carácter del Curso	
CI4401, Geotecnia. CI5001, Hidrología.			Obligatorio para estudiantes de Ingeniería Civil mención Hidráulica.	
Resultados de Aprendizaje				
Al término del curso, el estudiante: Utiliza las leyes de la física aplicadas al movimiento del agua en medios permeables, para evaluar, utilizar, y proteger recursos de aguas subterráneas.				

Metodología Docente	Evaluación General
<p>El curso contempla dos clases de cátedra a la semana y una de docencia auxiliar. Esta última se utilizará para resolver problemas que aclaren los conceptos entregados en clases de cátedra o para realizar actividades de evaluación (ejercicios y controles).</p> <p>El curso se divide en 9 unidades temáticas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Controles (60%) • Ejercicios y Tareas (40%)

Unidades Temáticas

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
1	Aguas subterráneas y el ciclo hidrológico	1
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
1.1 El ciclo hidrológico. 1.2 Distribución vertical de humedad. 1.3 Balance hídrico global: flujos y almacenamiento. 1.4 Uso de aguas subterráneas. 1.5 Otras aplicaciones del estudio de las aguas subterráneas.	Al término de la unidad el estudiante: <ul style="list-style-type: none"> • Comprende los elementos del ciclo hidrológico. • Entiende la importancia del flujo de aguas subterráneas y la magnitud del volumen de almacenamiento que representan los acuíferos. • Conoce algunas de las aplicaciones del estudio de las aguas subterráneas en diferentes problemas de Ingeniería Civil. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bears (1979), Cap. 1 • Fitts (2002), Cap. 1 • Freeze & Cherry (1979), Cap. 1 • De Marsily (1986), Cap. 1

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
2	Parámetros físicos	1
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
2.1 Propiedades del agua y aire. 2.2 Energía y carga hidráulica. 2.3 Propiedades de medios permeables y definición de REV. 2.4 Compresibilidad.	Al término de la unidad el estudiante: <ul style="list-style-type: none"> • Conoce las propiedades físicas del aire y agua. • Entiende los conceptos de nivel piezométrico y carga hidráulica aplicados en aguas subterráneas. • Comprende la aproximación como sistema continuo de los medios permeables. • Conoce los principales parámetros usados para la caracterización de medios permeables. 	<ul style="list-style-type: none"> • Delleur (2006), Cap. 6 • De Marsily (1986), Cap. 2 • Fitts (2002), Cap. 2 • Freeze & Cherry (1979), Cap. 2 • Baeza (1973), Cap. 2

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
3	Ley de Darcy	2
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
3.1 Experimento de Darcy. 3.2 Conductividad hidráulica y permeabilidad. 3.3 Derivación teórica de Ley de Darcy. 3.4 Generalización de la Ley de Darcy a múltiples dimensiones. 3.5 Heterogeneidad y anisotropía.	Al término de la unidad el estudiante: <ul style="list-style-type: none"> • Conoce el experimento de Darcy y sus principales resultados. • Conoce y entiende las definiciones de conductividad hidráulica y permeabilidad. • Sabe utilizar la extensión de la ley de Darcy para cuantificar el flujo en múltiples dimensiones. • Comprende la relación entre los componentes del tensor de permeabilidad y los conceptos de heterogeneidad y anisotropía. 	<ul style="list-style-type: none"> • Delleur (2006), Cap. 3 • Ingebritsen et al. (2006), Cap. 1 • De Marsily (2006), Cap. 3 y 4 • Bear (1979), Cap. 4 • Fitts (2002), Cap. 3 • Freeze & Cherry (1979), Cap. 2

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
4	Sistemas acuíferos	1
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
4.1 Unidades hidrogeológicas. 4.2 Clasificación de acuíferos: confinados, libres y artesianos. 4.3 Coeficientes de almacenamiento. 4.3 Interacción de ríos y lagos con acuíferos.	Al término de la unidad el estudiante: <ul style="list-style-type: none"> • Comprende la distinción entre distintas unidades hidrogeológicas. • Conoce y comprende la clasificación entre distintos tipos de acuíferos. • Comprende los principales aspectos de la interacción entre acuíferos y cuerpos de agua superficiales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fitts (2002), Cap. 4 • Freeze & Cherry (1979), Cap. 2 • De Marsily (1986), Cap. 6

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
5	Flujo en la zona saturada	3
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<p>5.1 Conservación de masa y ecuaciones de balance en régimen estacionario y transitorio.</p> <p>5.2 Condiciones iniciales y de borde.</p> <p>5.2 Métodos de resolución analíticos y numéricos.</p> <p>5.3 Superposición.</p>	<p>Al finalizar la unidad el estudiante:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conoce las ecuaciones que describen el movimiento del agua subterránea en medios permeables saturados. • Puede resolver las ecuaciones para casos simples por medio de métodos analíticos. • Conoce algunos métodos numéricos para la resolución de las ecuaciones que describen el flujo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ingebritsen et al. (2006), Cap. 1 • De Marsily (1986), Cap. 5, 7 y 8 • Fitts (2002), Cap. 6 y 8 • Freeze & Cheery (1979), Cap. 2 y 6 • Bear (1979), Cap. 5

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
6	Captaciones verticales	2
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
<p>6.1 Construcción y mantención de pozos.</p> <p>6.2 Pruebas de bombeo.</p> <p>6.2 Pérdidas de carga dentro de un pozo.</p>	<p>Al finalizar la unidad el estudiante:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conoce los principales aspectos de la construcción y mantención de pozos de agua subterránea. • Aplica las ecuaciones que describen el flujo saturado para el diseño y estudio de sistemas hidráulicos que incluyen captaciones horizontales y verticales. • Sabe interpretar los resultados de pruebas de agotamiento que se utilizan para la caracterización hidráulica de pozos. • Conoce las principales causas de la pérdida de carga hidráulica en pozos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Delleur, Cap. 10 y 11 • Fitts (2002), Cap. 7 • Freeze & Cherry (1979), Cap. 8 • Bear (1979), Cap. 8 • Baeza (1973), Cap. II.2 • Espinoza (2010), Cap. 6

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
7	Captaciones horizontales	1
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
7.1 Clasificación. 7.2 Funcionamiento en régimen permanente y transitorio. 7.3 Aspectos de diseño, construcción y mantención.	Al finalizar la unidad el estudiante: <ul style="list-style-type: none"> • Conoce los principales aspectos del diseño, construcción y mantención de captaciones horizontales, tales como drenes. • Aplica las ecuaciones que describen el flujo saturado para el diseño y estudio de sistemas hidráulicos que incluyen captaciones horizontales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Baeza (1973), Cap. II.3 • Espinoza (2010), Cap. 7

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
8	Flujo multifásico de fluidos inmiscibles	2
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
8.1 Generalización de Ley de Darcy para flujos multifásicos. 8.2 Flujo en la zona no saturada. 8.3 Intrusión salina. 8.4 NAPLS.	Al finalizar la unidad el estudiante: <ul style="list-style-type: none"> • Conoce y entiende la formulación generalizada de la Ley de Darcy para modelar sistemas de flujo con fluidos en diferente fase. • Conoce las ecuaciones que describen, y los parámetros y variables que caracterizan el flujo en la zona no saturada del suelo. • Aplica la teoría de flujos multifásicos para modelar y entender problemas prácticos como intrusión salina y compuestos derivados del petróleo. 	<ul style="list-style-type: none"> • De Marsily (1986), Cap. 9 • Bear (1979), Cap. 6

Número	Nombre de la Unidad	Duración en Semanas
9	Transporte de calor	1
Contenidos	Resultados de Aprendizajes de la Unidad	Referencias a la Bibliografía
9.1 Ecuaciones de balance de masa y energía 9.2 Condiciones iniciales y de borde 9.3 Números adimensionales 9.4 Sistemas geotermiales	Al finalizar la unidad el estudiante: <ul style="list-style-type: none"> • Conoce las ecuaciones que describen el transporte de calor en sistemas de aguas subterráneas. • Entiende el funcionamiento de sistemas geotermiales. 	<ul style="list-style-type: none"> • De Marsily (1986), Cap. 10 • Ingebritsen et al. (2006), Cap. 4 y 8

Bibliografía General

1. Anderson, M., and W. Woessner. 1991. *Applied Groundwater Modeling: Simulation of Flow and Advective Transport*. Academic Press.
2. Baeza, H. 1973. *Escurrecimiento en medios permeables*. Departamento de Obras Civiles, U. Chile.
3. Bear, J. 1988. *Dynamics of fluids in porous media*. Dover Publications.
4. Bear, J. 1979. *Hydraulics of Groundwater*. McGraw-Hill.
5. Chow, V.T., D. Maidment and L. Mays. 1988. *Applied Hydrology*. McGraw-Hill.
6. Delleur, J. W. 2006. *The handbook of Groundwater Engineering*. CRC.
7. Domenico, P. and F. Schwartz. 1997. *Physical and Chemical Hydrogeology*. 2nd ed. Wiley.
8. Driscoll, F. 1986. *Groundwater and Wells*. 2nd ed. Johnson Screens.
9. Espinoza, C. 2010. *Apuntes de curso: Aguas Subterráneas y su Aprovechamiento*, Departamento de Ingeniería Civil, U. Chile. (disponible en U-Cursos)
10. Fetter, C.W. 2000. *Applied Hydrogeology*. 4th ed. Prentice Hall.
11. Fitts, C. 2002. *Groundwater Science*. 1st ed. Academic Press.
12. Freeze, A. and J. Cherry. 1979. *Groundwater*. Prentice Hall.
13. Harr, M. 1992. *Groundwater and Seepage*. Dover Publications.
14. Ingebritsen, S., W. Sanford and C. Neuzil. 2006. *Groundwater in Geologic Processes*. 2nd ed. Cambridge University Press.
15. De Marsily, G. 1986. *Quantitative Hydrogeology: Groundwater Hydrology for Engineers*. Academic Press.
16. Schwartz, F. and H. Zhang. 2002. *Fundamentals of Ground Water*. Wiley.

Vigencia desde:	Primavera 2011
Elaborado por:	Paulo Herrera
Revisado por:	Carlos Espinoza y Paulo Herrera