NOMBRE**: Física de Medios POROSOS**

CLAVE: O

CICLO: 2-3 SEMESTRE

PERFIL DEL DOCENTE: DOCTOR EN CIENCIAS (FÍSICO/MATEMÁTICAS)

HRS./SEM.: 4 (4 hrs. en el Aula)

**Objetivo:** Que el alumno conozca los resultados fundamentales del flujo de fluidos en medios porosos y sea capaz de aplicarlos a fenómenos naturales en acuíferos, reservorios geotérmicos, hidrocarburos y en biología. El estudiante podrá construir modelos simples, para geometrías idealizadas de flujo, y también podrá plantear modelos numéricos para flujos no-isotérmicos en dos y tres dimensiones.

**1.- Los conceptos fundamentales del flujo en medios porosos.**

1.1. Parámetros de la roca: Porosidad. Permeabilidad. Transmisibilidad y almacenamiento.

1.2. Volúmenes del Poro, del Sólido y Estructural. Compresibilidades.

1.3. Ley de Darcy para flujo monofásico e isotérmico. Soluciones fundamentales.

1.4. Aplicación a flujos ligeramente compresibles. Ecuación parabólica de conducción de flujo.

1.5. Geometrías de Flujo simplificadas: lineal, radial, esférica, elíptica.

**2.- Propiedades Físicas y Matemáticas del Fluido**.

2.1. Viscosidad, Conductividad Térmica y Calor Específico del Fluido.

2.2. Flujo en dos fases. Adsorción y Capilaridad. Permeabilidades Relativas.

2.3. Histéresis, Imbibición y Drenaje en yacimientos de aceite y gas.

2.4. Fluidos no isotérmicos: ecuaciones integrales de la masa y de la energía.

2.5. Generalización de la ley de Darcy para flujos multifásicos no isotérmicos.

2.6. Ecuación general de estado del agua para usos geotérmicos e industriales.

**3.- Modelos Matemáticos del flujo en medios porosos con aplicaciones.**

3.1. El Modelo de Advonin. El Modelo de Donaldson. El modelo de Warren y Root.

3.2. Análisis de Pruebas de Presión en Pozos productores de fluido.

3.3. Modelo Compuesto de Doble Porosidad-Permeabilidad.

3.4. Modelo general para el transporte de masa y energía en medios de múltiple porosidad.

3.5. Uso del simulador numérico TRAMER3 en código FORTRAN.

**4.- Fenómenos Acoplados en medios porosos fracturados.**

4.1. El concepto de termo-poroelasticidad. Deformación Poroelástica de la Roca.

4.2. Ecuaciones de la Poroelasticidad Lineal Acopladas al Flujo de Fluidos Isotérmicos.

4.3. Sistemas multiporosos y multipermeables. Ejemplos en México.

4.4. Cálculo de Parámetros Promedio en las Interfaces del Sistema Roca-Fluido.

4.5. El Colapso de Fracturas en Reservorios con Poco Fluido.

4.6. Turbulencia y Aplicación de la Ley de Forchheimer.

**BIBLIOGRAFÍA**

[1]. Abramowitz, M., Stegun, I. (1972). *Handbook of Mathematical Functi­ons*. Dover, New York, 1046 págs.

[2]. Advonin,N. (1964). *Some Formulas for Calculating the Temperature Field of a Stratum Subject to Thermal*

*Injec­tio­n*. Neft'i Gaz, Vol.3 (pp. 37-41).

[3]. Assens, G.E. (1976). *Derivation, by Averaging of the Equations of Heat, Mass and Momentum Transfer*

*in a Geothermal Reservoir*. Proceedings of the 2nd Workshop on Geothermal Reservoir Engineering,

Stanford University, (pp. 1-26), December 1-3, 1976, Stanford, California.

[4]. Bear, J. (1988). *Dynamics of Fluids in Porous Media*. 1rst Ed. Dover, (764 págs.), Nueva York.

[5]. Bear, J. and Bachmat, Y. (1984). Transport Phenomena in Porous Media - Basic Equations. (3-61), en

*Fundamentals of Transport Phenomena in Porous Media*. Bear,J. y Corapcioglu, Y.,editores, Vol. **82**,

(1003 págs.) NATO ASI Series E: Applied Sciences, M. Nijhoff Publishers, Dordrecht.

[6]. Bundschuh, J. and Suárez, M.C. *Introduction to the Numerical Modeling of Groundwater and Geothermal Systems: Fundamentals of Mass, Energy and Solute Transport* in Poroelastic Rocks, 525 pp., Vol. **2** Multiphysics Modeling series, ISBN: 978-0415-401678, 2010.

[7]. Smith, G.D. (1978). *Numerical Solution of Partial Differential Equations: Finite Difference Methods*. 2nd

Edition, (304 pp.). Clarendon Press - Oxford.

[8]. Suárez, M.C. (2000). *Flujo de Fluidos No-Isotérmicos en Reservorios Fracturados con Porosidad y*

*Permeabilidad Múltiples*. Tesis de Doctorado (295 pp.), Facultad de Ingeniería, División de Estudios de

Posgrado - UNAM.

**Técnicas de enseñanza sugeridas**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Exposición oral | ( | X | ) |
| Exposición audiovisual | ( |  | ) |
| Ejercicios dentro de clase | ( | X | ) |
| Seminarios | ( | X | ) |
| Lecturas obligatorias | ( | X | ) |
| Trabajos de investigación | ( | X | ) |
| Prácticas en taller o laboratorio | ( |  | ) |
| Prácticas de campo | ( |  | ) |
| Otras: | ( |  | ) |

**Elementos de evaluación sugeridos**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Exámenes parciales | ( | X | ) |
| Exámenes finales | ( | X | ) |
| Trabajos y tareas fuera del aula | ( | X | ) |
| Participación en clase | ( | X | ) |
| Asistencia a prácticas | ( |  | ) |
| Otras: | ( |  | ) |

* Se evaluará con un peso de un 60% de la calificación de exámenes parciales, un 30% examen final, 10% calificación de las tareas y trabajo en clase.