

INTRODUCCION

Los simuladores geotérmicos surgen en base a la necesidad de poder tener un mejor entendimiento respecto a los fenómenos físicos presentes en los campos geotérmicos y así poder obtener un mayor aprovechamiento de esta fuente alterna de energía. Los simuladores geotérmicos son algoritmos computacionales capaces de poder simular el comportamiento físico de los yacimientos en su estado natural y bajo diferentes esquemas de explotación.

Existen en la actualidad un gran número de simuladores geotérmicos que se abocan al estudio de determinados sistemas como es el caso del simulador MULKOM que es un modelo para tratar fluidos multicomponentes bifásicos en un medio poroso fracturado [Pruess, 1988]. El simulador SHAFT79 maneja sistemas porosos con flujo de un sólo componente (agua) en estado monofásico y bifásico [Pruess y Schroeder, 1980]. Otro ejemplo es TOUGH que puede ser aplicado a problemas de almacenamiento de desechos nucleares de alto nivel en el cual existe un transporte no saturado de agua y calor [Pruess, 1978]. Todos estos simuladores requieren ser utilizados en sistemas computacionales de gran capacidad de almacenamiento y de gran capacidad de memoria para poder manipular enormes bases de datos y por ende demandan una gran velocidad en su unidad central de procesamiento, auxiliado por un administrador que permita aprovechar al máximo los recursos del hardware. Entonces estos simuladores geotérmicos comerciales solo pueden ser utilizados en super-computadoras.

El presente trabajo se orienta a la necesidad de tener un simulador geotérmico de fácil entendimiento que pueda utilizarse en computadoras personales y que incluya salidas gráficas para interpretación rápida de resultados.

-Objetivos

Los objetivos de esta tesis de maestría en ciencias computacionales para el desarrollo del simulador numérico GEO se mencionan a continuación:

Modelo Matemático

- 1.- Establecer las ecuaciones que gobiernan el transporte de masa y energía en el medio roca-fluido de los yacimientos geotérmicos, considerando al fluido geotérmico como agua pura bifásica y a la roca como un medio poroso. Las variables independientes consideradas son densidad y energía interna específica que son persistentes con los cambios de fase.
- 2.- Implementar un procedimiento para la obtención de las variables termodinámicas temperatura-presión (en flujo monofásico) o temperatura-saturación (en flujo bifásico), a partir de las variables independientes persistentes densidad y energía interna específica.
- 3.- Formular la ecuación de estado para el cálculo de las propiedades termodinámicas del agua bifásica en función de las variables de estado temperatura y presión o bien temperatura y saturación de vapor.

Modelo Numérico

- 4.- Aplicar la técnica numérica de Diferencias Finitas Integradas (DFI) para discretizar el sistema de ecuaciones gobernantes. Esta técnica tiene una mayor flexibilidad geométrica en una, dos y tres dimensiones.
- 5.- Implementar un algoritmo numérico que resuelva simultáneamente el sistema de ecuaciones gobernantes para evitar problemas de inestabilidad numérica.
- 6.- Manejar las ecuaciones en forma implícita para una mayor tolerancia en la etapa de tiempo.
- 7.- Emplear iteración Newton-Raphson para manejar las no linealidades.
- 8.- Resolver las ecuaciones lineales resultantes de cada iteración Newton-Raphson por medio de un método directo de inversión de matrices.

Características del simulador numérico GEO

- 9.- Utilizar un ambiente accesible a la mayoría de los usuarios como una computadora personal de poca capacidad.
- 10.- Implementar una interfaz amigable con salidas gráficas de las variables termodinámica involucradas en la simulación transitoria, en forma de curvas de nivel y perfiles, para facilitar la interpretación de los resultados.
- 11.- Validar el simulador GEO mediante comparación de los resultados con aquellos obtenidos con el simulador geotérmico comercial SHAFT79.

-Estructura.

El trabajo está estructurado en los siguientes capítulos:

El capítulo uno establece las ecuaciones para el transporte de masa y energía que gobiernan el fenómeno físico en estudio, especificando cada una de sus partes. También se establecen las relaciones que definen las propiedades termodinámicas en función de la temperatura y presión en diferentes rangos de aplicación.

El capítulo dos describe la técnica numérica utilizada para la discretización de las ecuaciones gobernantes.

El capítulo tres describe el método de Newton empleado en el manejo de la no linealidad del sistema de ecuaciones gobernantes. También se incluye el procedimiento para el cálculo de las variables de presión y temperatura en función de la densidad y energía interna específica de la mezcla bifásica

El capítulo cuatro describe el algoritmo general de solución que conforma al simulador geotérmico GEO y el procedimiento para la obtención de las salidas gráficas del simulador.

El capítulo cinco valida los resultados obtenidos con GEO, comparando estos con los obtenidos con el simulador comercial SHAFT79 que se encuentra en uso en el departamento de geotermia del IIE. Esto para dos problemas geotérmicos de prueba.