

## **PRÓLOGO**

Ingeniería de Yacimientos, parte fundamental de la ciencia de Ingeniería de Petróleo que, aplicando conocimientos científicos, permite una explotación racional de las acumulaciones de hidrocarburos, es decir, obtener su máxima recuperación al menor costo, beneficiando así no sólo a las empresas productoras y a los países que poseen los campos petroleros, sino también a toda la humanidad al garantizar el suministro adecuado y oportuno de vitales productos como el petróleo y el gas.

La aplicación temprana de la Ingeniería de Yacimientos permite el conocimiento profundo de los yacimientos y la planificación adecuada del desarrollo de los campos, hasta la utilización de las mejores técnicas de recuperación secundaria en las etapas posteriores de la vida de los yacimientos.

En este libro, la profesora Magdalena Paris de Ferrer presenta todos los aspectos básicos y necesarios para comprender y entender mejor las características de los yacimientos de hidrocarburos según sea su tipo, y de esta manera planificar su desarrollo desde el inicio de la explotación, el cual se irá modelando y ajustando en la medida que el conocimiento de los yacimientos vaya aumentando con el transcurrir del tiempo. Este texto contiene todo el conocimiento actualizado, desde las características y propiedades de las rocas que contienen los hidrocarburos, así como de los fluidos, su interacción, el flujo de fluidos en el yacimiento hasta los cálculos de balance de materiales para los diferentes mecanismos de producción, cálculo del petróleo en sitio y predicción de la recuperación primaria, todo presentado de forma didáctica y práctica.

Estas son las herramientas que todo estudiante de Ingeniería de Yacimientos debe adquirir y el joven Ingeniero de Petróleo aplicar en su trabajo al planificar la explotación racional de los yacimientos, predecir el comportamiento futuro de los mismos y calcular las reservas. Por lo tanto, este libro no debe faltar en su biblioteca y ser texto de consulta obligado.

En el caso particular de Venezuela, donde existe un número muy grande de yacimientos de todos los tipos, muchos de los cuales ya han llegado a la etapa avanzada de desarrollo sin haberse optimizado su explotación, se requiere cada vez de más y mejores Ingenieros de Yacimientos.

Esta es la motivación principal de Magdalena Paris de Ferrer: presentar un libro que contenga de manera sencilla, los fundamentos de la Ingeniería de Yacimientos para ayudar a la formación integral de los Ingenieros de Petróleo y que el mismo sea motivador para que los estudiantes y jóvenes profesionales sientan la necesidad de incrementar sus conocimientos.

Para lograr este objetivo la autora conjugó su experiencia profesional en la Industria Petrolera, con la obtenida en la Universidad del Zulia como Coordinadora Docente de la Escuela de Ingeniería de Petróleo, jefe del Departamento de Ingeniería de Yacimientos, su trabajo en los laboratorios de servicios y de investigación y, esencialmente , su larga carrera como profesora de la cátedra Ingeniería de Yacimientos

Ing. Carlos Borregales Loaiza

## INTRODUCCION

La ingeniería de yacimientos tiene diversas definiciones, entre las cuales se considera conveniente mencionar la de distinguidos autores de reconocidos textos en la materia: Así, Muskat,(1949) la define como : “el arte de desarrollar y producir con máxima eficiencia los campos de petróleo y gas de forma tal que permita obtener la máxima recuperación a un menor costo”, “ (Pirson,1958) “el arte de predecir el comportamiento futuro de un yacimiento petrolífero del cual se obtiene una producción basado en condiciones probables y supuestas; (Craft , Hawkins y Terry,1990) “la aplicación de principios científicos a los procesos de drenaje que surgen durante el desarrollo y producción de yacimientos de petróleo y de gas”, (Clark,1960) “la disciplina que trata de la ocurrencia y movimiento de los fluidos en el yacimiento y su recobro, lo cual implica el estudio y evaluación de todos los factores que lo afectan para determinar la forma más eficiente y económica de producirlo en términos económicos”. Para concluir vale la pena mencionar a Dake(1978,1994) quien considera que “ la ingeniería de yacimientos comparte con la geología y la geofísica la condición de ser una de las grandes ciencias de la tierra que intentan describir lo que ocurre en los espacios abiertos del yacimiento entre los puntos de observación: los pozos”. A partir de la variedad y alcance de interpretaciones de estos reconocidos especialistas, es evidente lo amplio y rico de las tareas que debe cumplir este profesional en la ingeniería de petróleo.

Dado el amplísimo campo que en el área científico-tecnológica cubre esta disciplina, es natural que cuando se aborda la tarea de formar a los ingenieros de yacimientos, el docente y el profesional en la industria petrolera debe tener capacidad teórico-práctica para seleccionar y organizar los contenidos de sus conocimientos (programa) a fin de prepararlos para (asumir) cubrir las responsabilidades inherentes al ejercicio de su profesión, tales como son: a) determinar el volumen

inicial de hidrocarburos en los yacimientos, la velocidad a la cual pueden ser recuperados y el volumen final que puede ser producido; b) : estudiar tanto los yacimientos de petróleo (los de petróleos pesados, los convencionales o negros y los petróleos volátiles) como los yacimientos de gas (los de gases condensados, gases húmedos y gases secos, que serán analizados más adelante); y c) coordinar el trabajo en equipo con otros especialistas, tales como geofísicos, geólogos petrofísicos, quienes le proveen la información necesaria ( incluso sobre las propiedades de la roca y de los fluidos del yacimiento) para efectuar los estudios ya referidos.

Teniendo en cuenta lo antes expuesto, el propósito de este libro es difundir un panorama de conocimientos (investigaciones) teóricos y prácticos vinculadas a la práctica de la ingeniería de yacimientos, para ayudar a los profesores del área en la organización de su actividad docente universitaria y a los profesionales en su trabajo diario. En otras palabras, en estas páginas no se pretende ofrecer propuestas originales, sino las que a mi modo de ver se derivan de estudios realizados por reconocidas autoridades en la materia, los cuales están diseminados en numerosos libros y otras publicaciones (artículos), algunos de difícil acceso para la población estudiantil. Se ha intentado usar los que a mi criterio cubren de la mejor manera esos conocimientos en cada tópico.

El origen de este texto fue mi experiencia como profesora de la cátedra Yacimientos durante más de 25 años en la Universidad del Zulia, durante los cuales hube de seleccionar, organizar y adecuar didácticamente el material por enseñar y las estrategias para facilitar su aprendizaje. En él se incluyen mis notas de clase como alumna de los connotados profesores Ramiro Pérez Palacio y José (Chinco) Ferrer de quienes aprendí no solamente los conocimientos de la materia, sino también la vocación hacia la docencia y el entusiasmo por enseñar.

Adicionalmente, fui ampliando el texto con las notas de los profesores Dr. Alberto Finol y el Ing. Jesús Mannucci y con los resultados de la investigación documental en torno a las publicaciones de Amyx et al., Pirson, Dake, Ahmed, Craft y Hawkins, Muskat, Calhoun, Mc Cain, y muchos otros, cuyos aportes aparecen citados y comentados en el libro.

Este libro (volumen) está organizado así:

Capítulo 1 : algunas definiciones y conceptos básicos de geología y de ingeniería de yacimientos. Capítulo 2: clasificación de los yacimientos según diferentes criterios. Capítulo 3: descripción de las propiedades físicas de los fluidos presentes en el yacimiento: petróleo crudo, gas natural y agua, y las diferentes formas de determinarlas por medio de ecuaciones o aplicando correlaciones derivadas empíricamente, todo con los últimos desarrollos. Capítulo 4: comportamiento volumétrico de los fluidos dentro del yacimiento y de los pozos, y en condiciones de superficie en un amplio rango de temperaturas y presiones. Capítulo 5: análisis de las propiedades de la roca que afectan directamente la recuperación primaria como la porosidad, la saturación y la permeabilidad cuando se considera una sola fase en el medio poroso. La existencia simultánea de dos o más fases requiere que se analicen, también, la tensión superficial e interfacial, la humectabilidad, la presión capilar y la compresibilidad. Capítulo 6: comportamiento de flujo de más de una fase en el medio poroso mediante el concepto de permeabilidades relativas. Capítulo 7: descripción y clasificación del movimiento de los fluidos de acuerdo con los diferentes regímenes de flujo. Capítulo 8: derivación de la ecuación de balance de materiales y su aplicación para determinar el petróleo y el gas originalmente in situ. Finalmente, en el capítulo 9 se estudia la producción del yacimiento mediante el análisis de las curvas de declinación de producción, uno de los métodos más ampliamente usados para estimar las reservas remanentes y el tiempo de vida productiva de un yacimiento de petróleo y de gas.

Cada capítulo comprende cuatro grandes secciones:

- Teorías y explicaciones de los diferentes contenidos relacionados con la ingeniería de yacimientos.
- Ejercicios donde se explican diversas realizaciones que muestran cómo se pueden aplicar los conceptos descritos en la sección anterior.
- Problemas para que los alumnos(estudiantes) y los profesionales que lo utilicen en su trabajo diario evalúen conscientemente el grado de aprendizaje académico adquirido, reflexionen sobre lo que son capaces de hacer con base en lo aprendido y aprendan a trasladar sus conocimientos a la explotación de nuestro principal recurso natural, el petróleo.
- Referencias bibliográficas.