



## S U M A R I O

- 1 Visita de Eve Sprunt, Presidenta SPE
- 2 La Sra. Eve Sprunt visitó la Sección Golfo San Jorge
- 4 GIMOR 2006
- 5 El GIMOR es reconocido en su quinto aniversario
- 6 Tight Gas
- 8 Caracterización de la fracción C<sub>7+</sub>
- 9 Concurso Estudiantil 2006
- 11 Novedades del Capítulo Estudiantil de Cuyo
- 12 Encuentro Inter-Universitario Ingeniería de Petróleo, SPE - ITBA
- 13 Equilibrios Termodinámicos en el Reservorio
- 16 Almuerzos mensuales: Estado de la Energía Nuclear en la Argentina
- 16 X LACPEC '07

## Visita de Eve Sprunt, Presidenta SPE

Eve S. Sprunt, Presidenta 2006 de la SPE visitó Buenos Aires en la tercera semana de octubre pasado.



**Comisión Directiva con Eve Sprunt**

En el primer día de su estadía asistió a una reunión extraordinaria de la comisión directiva de nuestra Sección donde conoció a sus miembros, se informó acerca de las actividades de la Sección, especialmente el avance de las tareas vinculadas con la X LACPEC que tendrá lugar en Buenos Aires en abril de 2007, y finalmente entregó la placa que reconoce su paso por la presidencia de la Sección al Ing. Rubén Caligari.

Ese mismo día concurrió al ITBA, donde se entrevistó con el rector y presidió una reunión del correspondiente Capítulo Estudiantil en cuyo transcurso entregó el premio a que se hizo acreedor el estudiante Gastón Fondevila, ganador del Concurso Estudiantil 2006, y dirigió atinadas palabras al joven auditorio.

La jornada siguiente comenzó con una visita de cortesía a las autoridades del Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, donde se convino que la Sra. Sprunt trataría de lograr que expertos en el despejo de CO<sub>2</sub> en el contexto del Protocolo de Kyoto contribuyeran a los programas del IAPG.



**Rubén Caligari recibiendo la plaqueta en reconocimiento a su Presidencia 2005**

[Continúa en página 3 »](#)

# La Sra. Eve Sprunt visitó la Sección Golfo San Jorge

El día Viernes 20 de Octubre arribó a Comodoro Rivadavia la Sra. Eve Sprunt, Presidenta de la Society of Petroleum Engineers (SPE) Internacional, invitada por la Sección Golfo San Jorge de la SPE.

Dentro de sus actividades estuvieron la visita al Yacimiento el Tordillo (Tecpetrol) y posterior almuerzo, reuniones y presentaciones en la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco junto a alumnos y profesores, y finalizando el día Lunes 23 con un almuerzo-conferencia.

Dicho almuerzo se llevó a cabo en el Austral Plaza Hotel y fue organizado por la SPE-Sección Golfo San Jorge, junto a la empresa Schlumberger como sponsor del

mismo. A dicha conferencia asistieron cerca de 25 invitados, responsables y referentes de empresas relacionadas a la explotación de hidrocarburos en la cuenca.

La primera presentación fue Pathways to Cleaner Energy (Caminos a una Energía más limpia) y posteriormente SPE's Role in Creating the Next Generation of Technical Experts (El Rol de la SPE para la creación de una generación de expertos técnicos).



## Caminos a una Energía más limpia

PRESENTACIÓN DE EVE SPRUNT - LUNES 23 DE OCTUBRE, COMODORO RIVADAVIA (SECCIÓN GOLFO SAN JORGE)

Estos son algunos de los aspectos mas importantes de la presentación *"Pathways to Cleaner Energy: Hydrocarbons, Hydrogen and Renewables"*.

Las energías renovables como complemento de combustibles fósiles, pueden satisfacer las necesidades energéticas mundiales. Sin embargo, el uso de todas estas formas de energía afecta el ambiente de una cierta manera.

Al comparar diversas formas de energía y las maneras en las cuales se apliquen, debemos considerar las consecuencias para el medio ambiente sobre el ciclo completo y todos los costos asociados.

Los combustibles líquidos de hidrocarburo tienen una ventaja grande a la

hora de aprovisionar de combustible a los vehículos de pasajero, así que las tecnologías de energías alternativas proporcionarán una fuerte competencia a los hidrocarburos en la generación estática de energía eléctrica y vehículos pesados, tales como autos y transportes de pasajeros.

Los hidrocarburos desempeñan actualmente un papel minoritario en la generación de la energía eléctrica. En el año 2000, por ejemplo, el carbón aprovisionó de combustible (39 %) de la producción eléctrica mundial, seguidos por las energías renovables (sobre todo hidroeléctricas) en (19 %), gas (17 %), nuclear naturales (17 %), y petróleo (8 %).

De años recientes, la generación de energía a partir de gas natural ha estado aumentando porque ésta es más limpia que el carbón. Sin embargo, la tecnología aplicada a la mitigación, incluyendo el se-

cuestro del CO<sub>2</sub> junto con la preocupación por la seguridad de la energía puede restablecer la competencia del carbón.

Como avances, se están haciendo en el hidrógeno y otras energías renovables, mejoras importantes; así como un desarrollo en las energías convencionales para reducir el impacto ambiental.

Nuevas tecnologías en motores a combustión interna e híbridos, han reducido perceptiblemente las emisiones de los vehículos aprovisionados por combustibles hidrocarbúricos.

*Las compañías de petróleo y gas proveen productos que el mercado demanda, los cuales pueden incluir desde hidrógeno u otros tipos de energías renovables, pero es el cliente en última instancia el que considera los múltiples factores incluyendo el impacto ambiental, conveniencia y costo, y toma la decisión final de que comprar.*

# Visita de Eve Sprunt, Presidenta SPE

« viene de tapa

El punto culminante de la visita de la Sra. Sprunt fue el almuerzo de trabajo del Comité Honorario de la X LACPEC, que tuvo lugar ese mismo día con el auspicio Repsol YPF y en el que también estuvieron presentes, además de ella y del anfitrión, Ing. Tomás García Blanco, las autoridades de las más importantes empresas del sector.

En la ocasión la Sra. Sprunt puso de relieve la importancia de la LAC-

PEC y exhortó a los presentes a continuar apoyando las tareas del Comité Organizador; además, sugirió que se considerara agregar a la LACPEC algunas actividades específicamente destinadas a profesionales jóvenes, idea que tuvo muy buena acogida entre los presentes.

En el último día de su visita la Sra. Sprunt abrió la 5ta. Reunión Anual del Grupo de Interés en Modelado y Opera-

ción de Redes y Ductos, GIMOR 2006, y entregó placas de reconocimiento a los miembros de la comisión que desde hace años viene organizando estos encuentros, entre ellos al Ing. Hugo Carranza, miembro de nuestra Asociación.

El jueves 19 de octubre, la Sra. Sprunt viajó a Comodoro Rivadavia donde fue huésped de la Sección Golfo San Jorge. La visita de la Sra. Sprunt dejó un grato recuerdo entre nosotros.



Julio Shiratori, Eve Sprunt, Alejandro Luppi y Jorge Ortega



Eve Sprunt en la Apertura del GIMOR 2006



Carlos Ormachea en la apertura del GIMOR 2006



Eve Sprunt, Alejandro Luppi y José Lanziani



Eve Sprunt con participantes del GIMOR 2006



Silvia Magaldi



Claudio Moreno

# GIMOR 2006

## GRUPO DE INTERÉS EN MODELADO Y OPERACIÓN DE REDES Y DUCTOS - 5ª REUNIÓN ANUAL

El 19 de Octubre de 2006, se realizó en Buenos Aires la quinta reunión anual del GIMOR. La empresa Tecgas asumió en esta oportunidad la responsabilidad por la realización del evento, brindando una eficiente y cordial atención a los más de 80 participantes.



**Grupo Coordinador e Integrantes de la comisión directiva**

La reunión anual es una actividad organizada por el grupo coordinador del GIMOR, promovida por la SPE Sección Argentina y auspiciada por Transportadora de Gas del Norte S.A., Transportadora de Gas del Sur S.A., Metrogas S.A., Gas Natural BAN S.A. y Tecgas S.A.

Al inicio de la reunión José Luis Lanziani, Gerente de Operaciones de Tecgas e integrante del grupo coordinador del GIMOR, inició el 5to GIMOR recordando los objetivos del grupo de interés y los pasos dados en estos 5 años. Posteriormente Carlos Ormachea, Vicepresidente ejecutivo de la División Energía del Grupo Techint, dio la bienvenida en su calidad de anfitrión recordando primero que siendo Director de TGN había inaugurado, también como anfitrión, el primer GIMOR en 2002, y resaltando posteriormente la importancia del encuentro para la formación de los recursos humanos indispensables para el funcionamiento

y expansión de la industria. Posteriormente Eve Sprunt Presidenta 2006 de la Society of Petroleum Engineers, quién está visitando las secciones de la SPE en la región, reflexionó sobre la misión de la SPE como ayuda a la formación y al desarrollo de carrera de los recursos humanos del sector de hidrocarburos y las acciones que se llevan a cabo desde las distintas secciones en todo el mundo. Finalmente Alejandro Luppi, Presidente 2006 la Society of Petroleum Engineers Sección Argentina describió las actividades que realiza la SPE Sección Argentina, destacando su carácter de asociación de individuos, y la importancia de las actividades del Grupo de Interés en la difusión del conocimiento. Antes de iniciar las presentaciones Eve Sprunt y Alejandro Luppi procedieron a la entrega de plaquetas de reconocimiento por los 5 años de realización de la reunión anual del GIMOR, a los 10 integrantes del grupo coordinador

responsables de la organización del evento, y agradeció la colaboración de las empresas auspiciantes y participación de los panelistas y asistentes dando apertura a las jornadas.

La primera conferencia fue:

- CT01-06: "Soluciones aproximadas de ecuaciones diferenciales" a cargo de María Inés Troparevsky de la Universidad Nacional de Buenos Aires.
- Posteriormente fueron presentados 3 trabajos técnicos durante la mañana:
- G01-06: "Mejora de eficiencia mediante la aplicación de limpieza química", presentado por Daniel Falabella y Dulce Gómez Penzo de TGS.
  - G02-06: "Condensación de agua y formación de hidratos en válvulas reguladoras", presentado Fernando Pillon de TGN y Aníbal Riverós de Inelectra.
  - G03-06: "Simulación de roturas en gasoductos. Aplicación en la calibración de válvulas de línea" presentado por Rubén Librandi de TGN.

Por la tarde se presentó la Segunda Conferencia programada:

- CT2-06: "MAPO" a cargo de Raúl Vallina de TGS.
- Continuando con la presentación de 3 trabajos técnicos:
- G05-06: "Conversión de simulador SICAR, de gasNatural España, a Win Flow, y el GIS como fuente de informa-



**Conferencia: María Inés Troparevsky**



**18 de octubre: Primer curso de introducción al modelado de redes y gasoductos**

# El GIMOR es reconocido en su quinto aniversario

CLAUDIO MORENO

El Grupo de Modelado de Redes celebró su quinta reunión anual. En la apertura Carlos Ormachea, José Lanciani, Eve Sprunt y Alejandro Luppi hablaron de la importancia del Gimor para promover la formación de especialistas y también para contribuir con miradas innovadoras que enriquezcan los nuevos proyectos que hoy están en boga en el país y en la región.

## La interacción de los tecnólogos

Ingenieros y técnicos especializados se reúnen todos los años para compartir relatos. Una de las particularidades que tiene este encuentro es que no todas las historias se difunden en el lenguaje llano y de uso corriente: se componen de lenguajes artificiales reglados por signos matemáticos y extensos algoritmos. Generalmente concluyen en una pequeña fórmula síntesis que después otros especialistas utilizan para resolver los problemas que se les presentan a diario. Los expositores ponen énfasis en tramos de complejos razonamientos con la cadencia que acompaña a la belleza de un concepto bien logrado. Nada más y nada menos que para explicar la ocurrencia de fenómenos físicos propios de redes de transmisión y distribución de petróleo y gas.

Algunos expresan su satisfacción por haber reconocido la realidad de sus operaciones de ductos en extensos algoritmos. Otros, con pasión de investigadores, dicen que “a veces hay que desconfiar de la realidad antes de poner en crisis especulaciones teóricas”. Puede suceder que haya errores en las mediciones en el proceso que se intenta observar. Este es un simple ejemplo del intercambio de saberes que se producen entre abordajes académicos y técnicos operadores de distintos sistemas.

Los participantes, tanto del panel como del auditorio, convergen en este espacio y hacen sus aportes con visiones de orígenes diversos. Las presentaciones dan cuenta de distintas aplicaciones –ver lista de conferencias y trabajos– que frecuentemente expresan observaciones de procesos desarrollados y demostrados en la práctica de las instalaciones en funcio-

namiento. En un país en el cual las investigaciones y el desarrollo experimental no abundan, puede ser muy útil indagar a partir de las necesidades que surgen de la práctica. Pero este esfuerzo no se agota en las mejoras o innovaciones que se logren sobre los recursos técnicos de las instalaciones, además, contribuye al desarrollo de competencias y capacidades humanas indispensables para hacer viables nuevos proyectos.

## Expectativas para la primera mitad del siglo XXI

El ostensible crecimiento de la economía argentina y la necesidad de dar respuesta a la demanda energética, plantean desafíos de gestión y de políticas que ayuden a consolidar un camino hacia el desarrollo. En ese sentido no faltaron referencias a los requerimientos de formar recursos humanos para hacer frente a la expansión de la industria.

El acelerado ritmo que cobró la demanda de profesionales, y en especial en el campo de las ingenierías, demuestra que fue acertada la iniciativa del Gimor, de generar espacios que contribuyan a motivar el interés de los más jóvenes por el upstream y el downstream. Pero este esfuerzo es infinitesimal en relación a los escenarios que hoy se pueden bosquejar. A los profesionales de la primera mitad del siglo XXI les tocará lidiar con la necesidad de generar más energía, en una compleja red con aportes de fuentes renovables y menor contaminación del medio ambiente. En este sentido los especialistas deberán aceptar el desafío de convertirse en expertos, intérpretes y traductores de sus competencias en otros campos.

ción para Win Flow” presentado por Thomas Rey y Esteban Rocher de Greeng Engineering de USA.

- G07-06: “Líneas de producción APAI-KA-NENKE-CPF , Bloque 31 Petrobras Ecuador” presentado por Marcelo Lamiño de Petrobras Ecuador.
- G08-06: “Inyección de gases ricos en sistemas de transporte troncal”, presentado por Dulce Gómez Penzo de TGS.

Los autores de los trabajos G04-06 y G06-06 no pudieron asistir a realizar su presentación.

Todos los trabajos podrán consultarse a la brevedad en la página de la SPE sección Argentina [www.spe.org.ar](http://www.spe.org.ar). Los códigos son para su mejor localización.

Al finalizar la reunión La SPE Sección Argentina entregó plaquetas recordatorias a las dos mejores presentaciones como un incentivo al esfuerzo y la calidad de los trabajos.

En esta reunión se constituyó un Jurado integrado por representantes del sector académico y de la industria liderado por Claudia Trichilo de TGS e integrante del grupo coordinador del GIMOR, Axel Larretguy de la UADE, Salvador Gil de la UBA y Eduardo Lifschitz de Metrogas quienes luego de analizar los trabajos y las presentaciones, aclarando la dificultad de seleccionar los mejores trabajos dado el excelente nivel de los mismos, decidieron otorgar:

## Primer Premio :

G01-06: “Mejora de eficiencia mediante la aplicación de limpieza química” , presentado por Daniel Falabella y Dulce Gómez Penzo, cuyos autores son Daniel Falabella, Dulce Gómez Penzo y Damián Sosa de TGS.

## Segundo Premio:

G03-06- “Simulación de roturas en gasoductos. Aplicación en la calibración de válvulas de línea” presentado por su autor Rubén Librandi de TGN.

Al cierre se anunció la convocatoria para la 6a Reunión Anual: GIMOR 2007 que se realizará en Octubre de 2007 en lugar y fecha a determinar.

# Tight Gas

POR MIGUEL LAVIA



El término Tight Gas se utiliza para clasificar a los reservorios de baja permeabilidad, menores a 0.1 md, y que producen fundamentalmente gas natural seco.

Este valor comenzó a utilizarse en la década del 70, en la que el gobierno de USA lo eligió arbitrariamente para otorgar créditos impositivos, con el objeto de promover el desarrollo de estos reservorios.

A medida que descendemos en el triángulo, la calidad de los reservorios y por lo tanto de la permeabilidad disminuyen.

A la derecha del triángulo, se muestran valores orientativos de la permeabilidad correspondientes al Tight Gas. Los otros reservorios de baja calidad, tendrían otras escalas de permeabilidad.

El punto en común es que, los depósitos de baja calidad de gas natural, requieren de las nuevas tecnologías y de incentivos económicos adecuados para ser desarrollados y producidos económicamente.

Los recursos naturales se distribuyen en la naturaleza en forma log-normal, por lo que las Cuencas que producen grandes volúmenes de gas natural de reservorios convencionales, tienen muchas probabilidades de contener también grandes volúmenes de gas en reservorios no convencionales.

En el año 1996 se estimó que los recursos mundiales de gas no convencional ascendían a 33.000 TCF. Alrededor de la mitad corresponde a las Arcillas Gasíferas y el resto al Gas de Carbón y al Tight Gas, en porcentajes mas o menos similares.



En 1997, el 15 % de la producción de gas de USA provino del Tight Gas, mientras que las reservas de estos yacimientos ascendían al 22 %.

En realidad, la definición es una combinación de factores físicos y económicos y en la práctica, se define al Tight Gas como reservorios de gas que para producir caudales comerciales, se los debe fracturar o utilizar tecnologías de avanzada, como pozos horizontales o multilaterales.

No existen reservorios de Tight Gas tipo, sino que se los encuentra en una gran variedad de rocas reservorio y muchas veces están naturalmente fracturados, profundos, compartimentalizados y sobrepresionados.

Las oportunidades y desafíos que plantea el Tight Gas están muy presentes en la Industria tanto Local como Internacional. S. A. Holditch, publicó un artículo sobre Tight Gas Sands en la JPT de Junio de 2006, también se realizó una Mesa Redonda de Producción de Gas en Tight Sands durante el 3er. Congreso de Producción del IAPG, en Septiembre de 2006; algunos de cuyos conceptos están reflejados en este artículo.

El Tight Gas o Gas de Baja Permeabilidad, está contenido dentro de un grupo más amplio denominado Gas No Convencional, que incluye al Gas de Carbón, Arcillas Gasíferas, Hidratos de Metano y Gas en Acuíferas, que se grafican en el Triángulo de los Recursos del Gas Natural.

## Evaluación de reservas

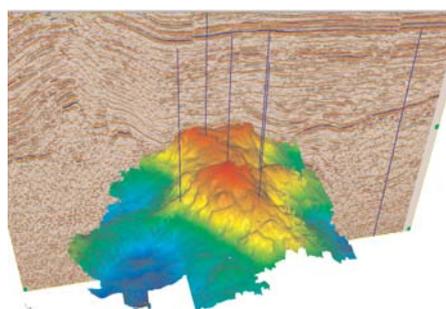
Es necesario comprender al reservorio en su totalidad, con el aporte de equipos multidisciplinarios, para evaluar las reservas del Tight Gas.

Es muy importante contar con la interpretación completa de la sísmica 3D, tectónica regional, geomecánica de rocas, perfiles, coronas, informes de perforación y terminación, ensayos de presión, perfiles de producción, controles de pozos frecuentes y precisos, de caudales y presiones de boca; que permiten ajustar el Modelo Geológico, para ambientes generalmente heterogéneos vertical y arealmente y difíciles de predecir.

También se deben modelar los parámetros económicos, como los costos de perforación, fracturación, instalaciones de superficie, precio del gas y condiciones del mercado.

## Problemas de los métodos tradicionales

La aplicación de los métodos tradicionales de la Ingeniería de Reservorios para el cálculo de reservas de gas, no es rigurosa para la evaluación del Tight Gas:



Modelos Geológicos Complejos - Sísmica 3D

- Los cálculos volumétricos tienen la imprecisión del área de drenaje, que es en general desconocida, y muchas veces también del espesor útil.
- El Balance de Materiales tiene la incertidumbre de las presiones promedio del reservorio, porque en general los pozos no se pueden cerrar por intervalos lo suficientemente largos como para obtener una buena estimación.
- El análisis declinatorio convencional, y específicamente el hiperbólico, es el que mejor copia el comportamiento de los pozos del Tight Gas, pero no es preciso en su pronóstico.
- El análisis declinatorio avanzado, como por ejemplo el de Fetkovich, presenta el inconveniente de que asume una presión de fondo constante y el flujo dominado por condiciones de borde, en la concavidad hacia abajo, que tarda mucho tiempo en manifestarse en el Tight Gas.

- La simulación numérica de reservorios ya no se utiliza para simular la totalidad de un yacimiento, sino para pozos individuales.

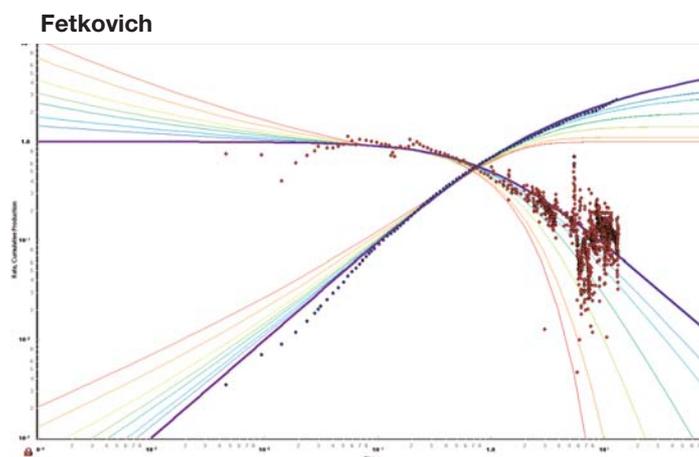
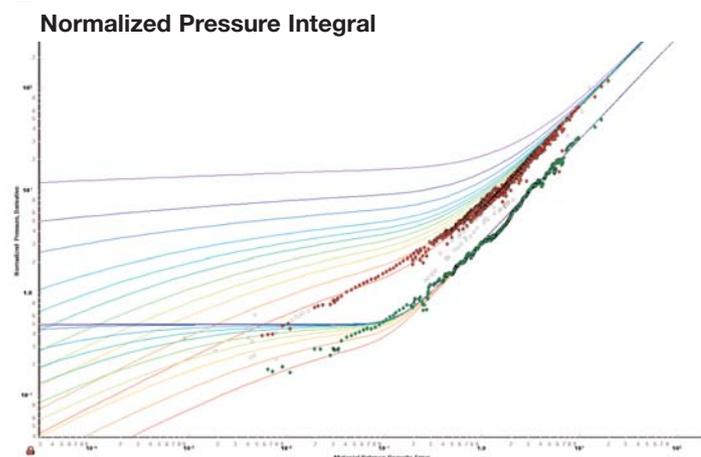
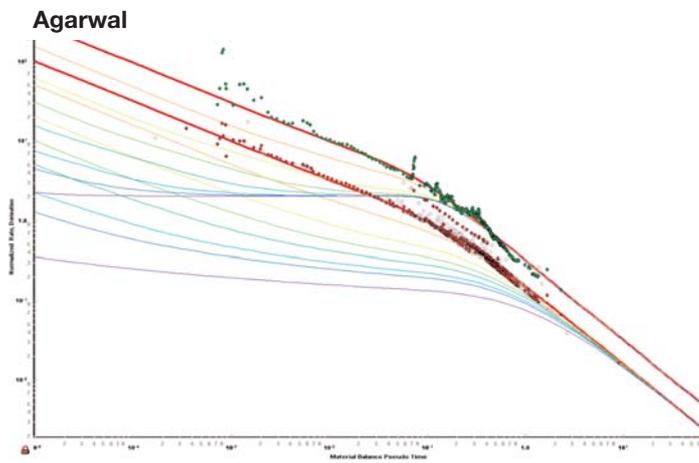
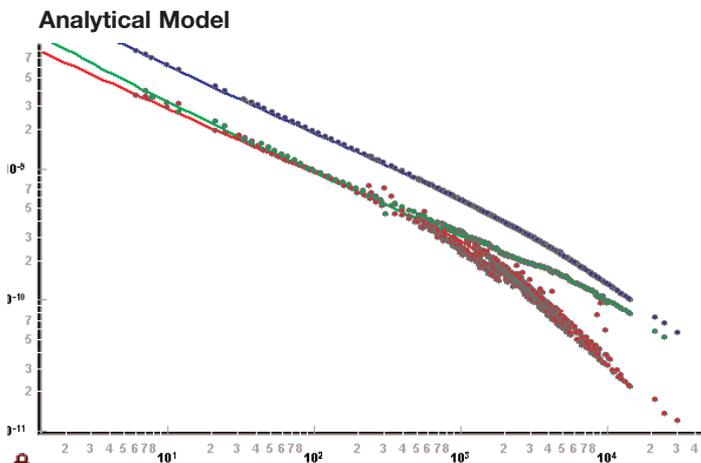
*El cálculo de reservas mas preciso para el Tight Gas es el Análisis de la Producción mediante el uso de Modelos. La teoría y los métodos de análisis de evaluación de reservas ya están desarrollados; la clave está en monitorear la calidad de los controles diarios de producción, caudales y presiones.*

Existen en el mercado los Softwares especializados como el RTA, Topaze o PanSystem, que utilizan curvas tipo, parámetros del reservorio y de los fluidos, para el ajuste de los datos de producción y obtener los resultados buscados: *permeabilidad, daño de formación, radio de drenaje, largo de fractura, gas original in situ, factor de recuperación, recuperación final esperada y pronóstico de producción.*

## Comentarios finales

- El Tight Gas requiere del uso de las nuevas tecnologías y también de alguna combinación de precios e incentivos fiscales que impulsen su desarrollo.
- Los volúmenes de los depósitos del Tight Gas en Argentina pueden ser muy grandes, por lo que debemos darle especial importancia. Algunas estimaciones de estos Recursos llegan a valores cercanos al de las reservas comprobadas de gas actuales.
- Las Alianzas con Cias. de Servicio, Productoras y Universidades para realizar estudios, compartir tecnología, pruebas pilotos, etc., pueden ser caminos que faciliten estos desarrollos.
- Se requieren Recursos Humanos altamente especializados para convertir en Reservas y poner en producción los Recursos del Tight Gas.

## Ajuste de Curvas Tipo con el Rate Transient Analysis (RTA)



# Caracterización de la fracción C<sub>7+</sub> para el ajuste de la EDE Peng-Robinson

GASTÓN FONDEVILA SANCET, SPE ITBA STUDENT CHAPTER

Aquí se presenta una versión reducida del trabajo presentado para el concurso estudiantil organizado por la SPE sección Argentina.

Quien quiera la versión completa, no tiene más que solicitarla al e-mail [gaston.fondevila@gmail.com](mailto:gaston.fondevila@gmail.com)

## Resumen

En este trabajo se presenta una correlación para la obtención de las propiedades críticas y el factor accéntrico de la fracción C<sub>7+</sub>, necesarios en la ecuación de estado (EDE) Peng-Robinson<sup>1</sup>. La correlación es función del Peso Molecular (MW) y de la gravedad específica (SG) de la fracción.

Se utilizaron doce ensayos PVT de la Cuenca Neuquina para el ajuste de las curvas Rs, Bo y  $\delta_o$  en un simulador termodinámico. Las muestras son mayormente petróleos negros (las muestras se caracterizan por una densidad entre 23 a 48 °API y GOR entre 17.3 a 194.7 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>).

Además se realiza una comparación con la correlación de Riazi and Daubert<sup>2</sup>. Este trabajo brinda mejores resultados que la anterior y presenta una mejora en

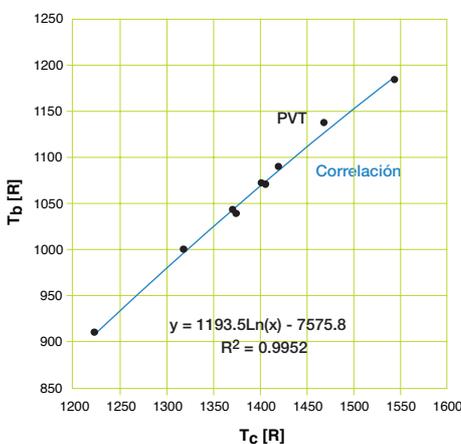


Figura 1. T<sub>b</sub> vs T<sub>c</sub>, relación obtenida de Riazi and Daubert.

las predicciones de densidad de líquidos cuando hay hidrocarburos de alto peso molecular.

## Introducción

Uno de los mayores problemas existentes a la hora de utilizar un simulador termodinámico es la carencia de buenas estimaciones de la temperatura crítica, presión crítica y factor accéntrico de la fracción pesada C<sub>7+</sub><sup>3</sup>.

Además para describir las mismas fracciones se conocen pocos datos, usualmente MW, SG o la Temperatura de Ebullición Normal (T<sub>b</sub>). Para esta correlación se utilizan MW y SG, ya que ambos datos se informan usualmente o se pueden obtener a partir de la composición molar del fluido.

El disparador de este trabajo se debe a que las estimaciones generadas por el método de Riazi and Daubert da resultados bastante alejados de los ensayos de laboratorio PVT, donde se consume demasiado tiempo en el ajuste posterior de los parámetros. Se buscó una correlación que solucionara ese problema, permitiendo otorgar resultados cercanos a las curvas de laboratorio y como consecuencia, una disminución del tiempo de ajuste.

## Metodología

Se utiliza el software *UniTest PTA*® como simulador termodinámico, el cual es propiedad de *DeltaP*®. Dicho simulador utiliza la EDE antes presentada, así como la regla de mezcla cuadrática.

El software posee una función de optimización, que es utilizada para comparar los datos de laboratorio con los datos de salida del simulador, variando parámetros a elección (en nuestro caso T<sub>c</sub> y P<sub>c</sub>), para obtener el mínimo error en el ajuste de curvas. Las curvas de ajuste son las indicadas anteriormente: Rs, Bo y  $\delta_o$ .

Para realizar la regresión cuadrática multivariable de los coeficientes de las correlaciones, se utilizó el software *SigmaPlot*® de *Systat*®.

## Correlación Propuesta

Se decide utilizar también en esta correlación la relación propuesta por Edmister<sup>4</sup> para la obtención del factor accéntrico, **Ec. (1)**.

El hecho de esta elección se basa en que los factores accéntricos obtenidos se encuentran por debajo de 1, ya que si se utilizan por encima de ese valor, se produce una divergencia hacia infinito en las presiones de vapor obtenidas con la EDE **Ec.(1)**:

$$\omega = \frac{3 \log(P_c/14.7)}{7 T_c/T_b - 1} - 1$$

Utilizar Edmister para calcular  $w$  nos trae un problema: se debe medir u obtener T<sub>b</sub> de la fracción pesada. Para solucionar este inconveniente, apelamos a Riazi and Daubert para conseguir una relación entre temperatura de ebullición normal y la temperatura crítica.

Se obtienen ambas propiedades (T<sub>b</sub> y T<sub>c</sub>) mediante Riazi and Daubert a partir de los datos de MW y SG de las muestras utilizadas en este estudio, a fin de que la relación sea coherente con la correlación generada. Luego se grafica T<sub>b</sub> versus T<sub>c</sub>, y se realiza una regresión logarítmica; el gráfico se muestra en la **Figura 1**. La ecuación obtenida es la siguiente **(16)**:

$$T_b [R] = 1193.5 \ln(T_c [R]) - 7575.8$$

Ya resuelta la obtención de T<sub>b</sub>, se procede al ajuste de los parámetros faltantes: P<sub>c</sub> y T<sub>c</sub>, ya que  $\omega$  se obtiene de la **Ec. (1)**. Para ello se carga la composición de cada muestra así como las curvas PVT obtenidas de laboratorio en el software, luego se corre el simulador y se van cambiando la temperatura y presión crítica del pseudo-componente hasta obtener el mejor ajuste. Aquí surge otro problema: las densidades simuladas se encuentran muy por debajo respecto de las reales, una vez ajustadas las curvas de Rs y Bo.

Este inconveniente es propio de las ecuaciones de estado cúbicas y existen varias soluciones al respecto, pero ninguna consigue resultados satisfactorios. Pa-

# Concurso Estudiantil 2006

La SPE de Argentina ha realizado nuevamente su concurso orientado a estudiantes universitarios avanzados, no graduados, consistente en la presentación de trabajos monográficos originales en temas relacionados con la exploración, producción y transporte de hidrocarburos, tanto en sus aspectos técnicos como económicos y de impacto ambiental.

La organización del concurso estudiantil estuvo a cargo del Comité de Asuntos Estudiantiles integrado por Gumersindo Novillo de PESA, Martín Kind de Tecpetrol, Patricia Bonoris de CAPEX, Alfredo Gorgas de ENARSA, y Mariano Raverta de Total.

Se presentaron 9 trabajos: 5 de la UN Comahue, 2 de la UN Cuyo, y 2 del ITBA, que fueron evaluados según el reglamento por una terna de jurados otorgando los siguientes premios:

## Primer Premio (\$ 2500)

*Caracterización de la fracción C<sub>7+</sub> para el ajuste de la EDE Peng Robinson.* Autor: Gastón Fondevila (ITBA)

## Segundo Premio (\$ 1500)

*Influencia de la relación de movibilidades en la eficiencia de una recuperación secundaria.* Autor: Emiliano R. Sosa Massaro (Universidad Nacional de Cuyo)

Además se otorgaron 4 afiliaciones gratuitas a la SPE por un año a 2 profesores del ITBA y 2 Profesores de Cuyo.

Los otros trabajos presentados fueron:

- *Método para evaluar la efectividad de los pronósticos y facilitar la toma de decisiones.* Autor: Ramiro Perez (ITBA)
- *Diagnóstico de pozos con flumping y optimización de su producción.* Autor: Rubén A. Riveros (UN Cuyo)
- *Predicciones porales y gradientes de fractura para diseño y planificación de pozos exploratorios.* Autor: Adrián Zanga (UN Comahue)
- *Influencia de la composición del gas en la selección de compresores.* Autor: Alejandro Tripodi (UN Comahue)
- *Flujo en medios porosos, resolución de la ec de Laplace mediante diferencias finitas.* Autor: Danilo O. Asunción (UN Comahue)
- *Estudio comparativo de las principales ecuaciones de flujo aplicadas a gasoductos.* Autor: Esteban Schvachman (UN Comahue)
- *Selección de pozos candidatos a reparación y optimización de la producción.* Autor: Javier Pino (UN Comahue)

ra abordar este problema, se propone optimizar el MW del pseudo-componente, ya que no produce variaciones en las otras predicciones. Se denota al MW optimizado como MW\*, que también es correlacionado con MW y SG.

Una vez concluidos los ajustes, se procede a correlacionar las propiedades críticas del pseudo-componente así como el peso molecular optimizado. La relación obtenida (2) es la siguiente:

$$\theta = a + bMW + cSG + dMW^2 + eSG^2$$

donde:

q = propiedad del C<sub>7+</sub>: Tc, Pc o MW\*  
a-e = constantes para cada parámetro (ver Tabla 1)

Cabe destacar que la relación propuesta presenta un coeficiente estadístico de regresión R<sup>2</sup> = 0.9994, igual para las tres propiedades obtenidas mediante la Ec. (2).

Tabla 1 – Coeficientes de la Correlación Propuesta

q	Tc	Pc	MW*
a	141496.9700	-12656.7718	30610.7852
b	59.1948	-7.0230	12.5909
c	-348561.8523	32239.3256	-75811.4839
d	-0.1181	0.0135	-0.0249
e	205975.8482	-18821.4511	44954.4643

## Estudio Comparativo

Para realizar la comparación entre correlaciones, se apela a la utilización del error relativo promedio ERP, que se calcula entre los puntos de medición de los datos PVT y los mismos puntos simulados con cada correlación.

El error relativo promedio (ERP) está dado por (18):

$$ERP = \frac{1}{N} \sum \left| \frac{x_{calc} - x_{dato}}{x_{dato}} \right|$$

N = número de puntos

x<sub>calc</sub> = variable calculada

x<sub>dato</sub> = variable dato

- **Bo.** Ambas correlaciones proveen buenas predicciones de Bo. Este trabajo es levemente superior a RD ya que posee un error promedio de 1.36% mientras que la de RD posee 1.93%.
- **Rs.** En este caso se ve claramente que este trabajo presenta mejores predicciones que RD, debido a que posee un error promedio de 5.46% mientras que RD posee 14.88%, casi tres veces mayor.

•  $\delta_o$ . Cabe repetir lo dicho anteriormente: las ecuaciones de estado cúbicas, entre ellas la de Peng-Robinson, fallan a la hora de predecir densidades de líquidos con un alto contenido de hidrocarburos pesados, dando como resultados subestimaciones de la densidad. El verdadero valor de este trabajo se centra en la solución de este fallo: los errores de densidad son considerablemente bajos, este trabajo posee un error promedio de 2.19%, mientras que RD posee 18.37%, casi diez veces mayor.

En las Figuras 2, 3 y 4 se pueden apreciar las curvas PVT de ensayos de laboratorio y simuladas, de las muestra Quintuco6. Claramente se puede contrastar la diferencia de comportamiento entre ambas correlaciones, resultando este trabajo el de mejor rendimiento.

### Conclusiones

Este trabajo presenta un nuevo conjunto de correlaciones para obtener las propiedades críticas de pseudo-componentes que representan la fracción pesada  $C_{7+}$  del fluido. Éstas son función del MW y SG de la fracción.

La correlación es comparada con la de Riazi and Daubert, dando claramente mejores predicciones que esta última.

Se presenta una función de optimización del MW utilizado en el simulador para mejorar las predicciones de densidad de líquidos. Demuestra ser una solución a la falla de las ecuaciones de estado cúbicas a la hora de predecir densidades de líquidos con alto contenido de hidrocarburos pesados.

Se compara con la correlación de Riazi and Daubert, siendo el presente estudio el que otorga mejores resultados.

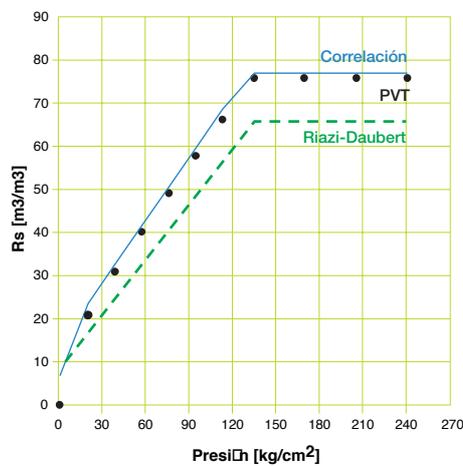


Figura 2. Curva  $R_s$  vs P, muestra Quintuco6

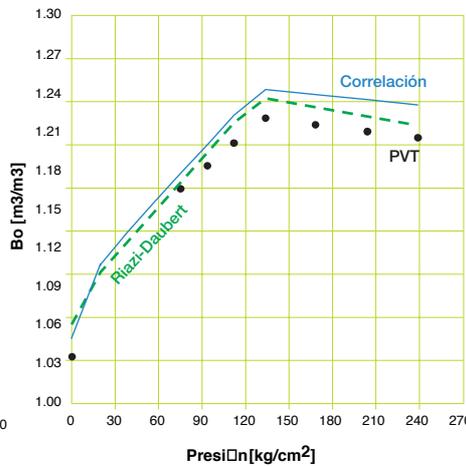


Figura 3. Curva  $B_o$  vs P, muestra Quintuco6

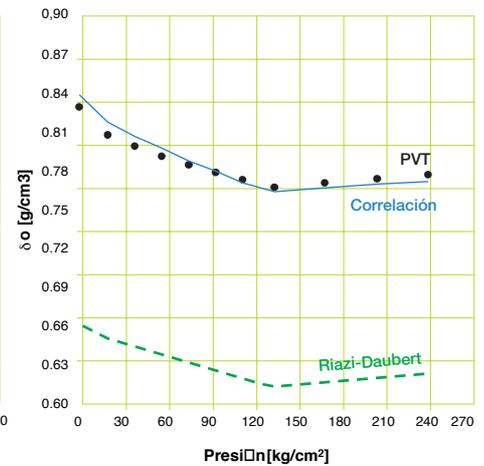


Figura 4. Curva  $\delta_o$  vs P, muestra Quintuco6.

### Agradecimientos

Le hago llegar mi sincero agradecimiento a todos los que nombro a continuación:

- Rubén Caligari, Petrobras Energía SA.
- Marcelo Crotti, InLab.
- Juan A. Rosbaco, ITBA.
- Miguel Schindler, DeltaP.

### Nomenclatura

- $B_o$  = factor volumétrico de formación
- EDE = ecuación de estado
- ERP = error relativo promedio, %
- GOR = relación gas/petróleo,  $m^3/m^3$
- MW = peso molecular
- $P_c$  = presión crítica, psia
- PV = relación presión – volumen
- PVT = presión – volumen – temperatura
- RD = Riazi and Daubert
- $R_s$  = relación gas disuelto/petróleo,  $m^3/m^3$

- SG = gravedad específica relativa al agua (a 1 atm y  $15.5^\circ C$ )
- $T_b$  = temperatura de ebullición normal, R
- $T_c$  = temperatura crítica, R
- $T_{res}$  = temperatura del reservorio,  $^\circ C$

### Letras griegas

- $\delta_o$  = densidad del petróleo,  $g/cm^3$
- $\omega$  = factor accéntrico

### Referencias

- Peng, D.Y. and Robinson, D.B.: "A New Two-Constant Equation of State", Ind. and Eng. Chem. Fund. (1976) 15, No. 1, 59-64.
- Riazi, M. R., Daubert, T. E., "Characterization Parameters for Petroleum Fractions", Ind. Eng. Chem. Res., 1987, Vol. 26, No. 24, pp. 755-759.
- Whitson, C.H.: "Effect of  $C_{7+}$  Properties on Equation-of-State Predictions", 1982 SPE Annual Technical Conference and Exhibition, SPE 11200.
- Edmister, W.C., "Applied Hydrocarbon Thermodynamic, Part 4: Compressibility Factors and Equations of State", Petroleum Refiner, Abril 1958, Vol. 37, pp. 173-179.

# Novedades del Capítulo Estudiantil de Cuyo

El miércoles 25 de octubre realizaron el último encuentro del año. En el mismo se presentó un resumen de las actividades realizadas durante 2005 - 2006 teniendo como punto de partida el Primer Encuentro Interuniversitario, mostrando todo lo que se puede hacer cuando se trabaja en grupo y con un fin común.

Al finalizar, se presentó a los asistentes la nueva comisión directiva, la cual quedó conformada por:

## Presidente

Matías Baistrocchi

## Vicepresidente

Laura Martel

## Secretario

Gabriel Sosa

## Tesorero

Pablo Masella

Todos ellos estarán cursando en 2007 entre 4º y 5º año, lo cual promete una exce-

lente continuidad para los años venideros. Además, habiendo llegado a 75 el número de miembros, y viendo los antecedentes de este año, también ha aumentado el número de voluntades a la hora de dar una opinión, realizar una tarea o colaborar con algún comité.

También fue presentado el nuevo faculty sponsor, el Dr. Ing. Jorge Barón quien es Secretario de Ciencia y Técnica y director de uno de los institutos más prestigiosos de la facultad.

Al finalizar, la ing. Daniela Scaglia de RRHH de Schlumberger como invitada

especial, presentó su empresa y las posibilidades de desarrollo profesional dentro de la misma.

Entre las actividades realizadas durante este año se pueden mencionar viajes de campo y visitas a empresas, lanzamiento de la página web del capítulo <http://cuyo.spe.org>, participación en el Concurso Estudiantil SPE 2006 y el Encuentro Interuniversitario del 7 y 8 de Setiembre, además de actividades sociales regulares.

Para contactarse con el capítulo escriba a [CuyoStudents@spemail.org](mailto:CuyoStudents@spemail.org)



Jorge Ortega, Presidente 2006 del Cuyo Student Chapter, presentando el resumen de las actividades realizadas en el año



Dr. Ing. Jorge H. Barón. Cuyo Student Chapter Faculty Sponsor manifestando su compromiso en su tarea de apoyo institucional.



Ing. Daniela Scaglia, RRHH de Schlumberger durante la presentación para selección de alumnos candidatos.



La Comisión Directiva 2007. De izq. a der: Matías Baistrocchi (Presidente), Laura Martel (Vicepresidente), Gabriel Sosa (Secretario) y Pablo Masella (Tesorero)



De izq. a der. Marcelo Parlanti (de espalda), Ing. Daniel Scaglia (Schlumberger), Laura Martel, Marcelo Cano, Ing. Jorge Barón



La comisión directiva 2007 junto a Daniela Scaglia (RRHH Schlumberger), Jorge Barón (Faculty Sponsor) y un grupo de miembros del Cuyo Student Chapter

# Encuentro Inter-Universitario Ingeniería de Petróleo, SPE - ITBA

7 Y 8 DE SEPTIEMBRE 2006 - BUENOS AIRES, ARGENTINA

Los días 7 y 8 de septiembre 2006 se realizó en la ciudad de Buenos Aires, el 2do Encuentro Inter-Universitario de Ingeniería en Petróleo organizado por el Capítulo Estudiantil del Instituto Tecnológico de Buenos Aires y la SPE Argentina.

Los Objetivos del encuentro estuvieron orientados a proporcionar un ámbito para que estudiantes y profesores se conozcan y puedan intercambiar experiencias, ampliar la perspectiva de los estudiantes respecto de la industria de los hidrocarburos, y mejorar el conocimiento de la SPE.

En función del interés mostrado por los estudiantes del ITBA, la asistencia al evento fue abierta en la mayoría de los puntos del programa, lo que hizo que hubiera, en ciertos momentos del encuentro, una participación masiva de estudiantes de esa universidad. En resumen asistieron: 5 miembros de la Comisión Directiva del SPE Argentina, 7 de la Universidad de Cuyo, Mendoza (6 estudiantes y 1 profesor), 50 del Instituto Tecnológico de Buenos Aires (48 estudiantes y 2 profesores), 5 de la Universidad Nacional de la Patagonia, SJB de C. Rivadavia, Chubut, (5 estudiantes), 6 de la Universidad Nacional del Comahue, Neuquén (5 estudiantes y 1 profesor) y 3 representantes de R.R.H.H. de empresas Operadoras y de Servicios de la industria.

## Desarrollo del programa

- Palabras de bienvenida al ITBA por parte del Rector Dr. Molina Pico
- Palabras de Apertura / Objetivos del Encuentro – Alejandro Luppi, Presidente SPE Argentina.
- Presidentes de Capítulos Estudiantiles de cada universidad comentaron situación actual de cada capítulo, resumen de actividades actuales y futuras.
- Concurso Estudiantil 2006 – G. Novillo, Comité de Asuntos Estudiantiles SPE Argentina. Cada capítulo estudiantil comentó sobre posibilidades y/o limitaciones para presentar trabajos en este tipo de eventos.

Metodología de evaluación de trabajos por parte del Comité de Asuntos Estudiantiles del SPE Argentina (selección y participación de jueces del concurso, etc.)

Se presentaron los ganadores del concurso (según reglamento hubie-

ron solo dos premios por haber merecido de 10 trabajos):

1er Premio: Gastón Fondevila, ITBA

2do Premio: Emiliano Sosa Massaro, UN Cuyo.

- Presentación Técnica: “Tendencias de la Industria del Petróleo, Presente y Futuro” – Atilio Massa, VP Weatherford Latinoamérica.
- Presentaciones de RRHH REPSOL y Schlumberger. La visión de operadores y empresas de servicio en lo que hace a planes de incorporación de jóvenes profesionales, planes de carrera, etc.

Presentación de REPSOL, Daniel Navaza y Paula Sulkies, Gerencia RRHH

Presentación de Schlumberger, Paola Mastrolorenzo ES Services Mgr ARC

Presentación de Jóvenes Profesionales, Nicolás Marot, Andrés Zoldi. Experiencias de sus primeros pasos en la industria.

- Presentación Técnica – Ingeniería de Reservorios, ¿Qué es?, ¿Cómo se aprende?, ¿Cuales son las preguntas adecuadas?, Marcelo Crotti
- Presentación de ENARSA – Ezequiel Espinosa, Presidente ENARSA: Objetivos de la empresa, presente y futuro.
- Se realizó un Taller de Trabajo con estudiantes donde se discutieron en grupos temas relacionados con la SPE, la uni-

versidad, la comunicación y el encuentro Inter-Universitario, los cuales se mencionan en el Punto 4 más adelante.

- Propuesta del Organizador Elección de nueva sede para el 3er Encuentro Inter-Universitario: Se postuló y fue aceptado el Capítulo Estudiantil de la UN La Patagonia SJB, Comodoro Rivadavia.

El apoyo y colaboración de las autoridades del ITBA a los integrantes del Capítulo Estudiantil del SPE, a través del Dr. Dardo Marques y del Ing. Juan Rosbaco fue clave para la realización y éxito del evento.

De igual manera fue muy importante para la realización del encuentro, la colaboración de la Dra. Eliana Delgado y del Dr. Jorge Vallés de la UN del Comahue, Neuquén, del Ing. Enrique Rost de la UN de la Patagonia SJB y del Ing. Raúl Ríos de la UN Cuyo.

El 2do Encuentro Inter-Universitario, pudo ser llevado a cabo gracias al apoyo económico de las siguientes empresas:

- Panamerican Energy
- Repsol YPF
- Weatherford

El 2do Encuentro Inter-Universitario cumplió y excedió los objetivos fijados. Se dio un paso más para fortalecer vínculos entre alumnos, profesores y profesionales de la industria.



# Equilibrios Termodinámicos en el Reservorio

POR MARCELO CROTTI



Primera parte: *Variaciones de la Presión de Burbuja con la Profundidad*

## 1.-Generalidades

Para describir casi todas las variables complejas de la naturaleza suele comenzarse con un modelo simple. En el caso de los fluidos en el reservorio, es frecuente considerar, en primera aproximación, que sus propiedades son constantes en toda la estructura. Este modelo simple es el resultado de suponer que cualquier posible diferencia inicial ha desaparecido a lo largo del notablemente extenso “tiempo geológico”.

Sin embargo esta “constancia” requiere algunas consideraciones adicionales.

En cualquier columna de petróleo, dos de las variables termodinámicas fundamentales varían con la profundidad: Ni la temperatura ni la presión son constantes en toda la trampa. Y, como veremos, esos cambios de presión y temperatura dan lugar a que no sea lo mismo hablar de composición constante, presión de burbuja constante o den-

sidad constante en esa misma estructura.

En este desarrollo lo que se analiza es, justamente, cuál es la variable de los fluidos que regularmente alcanza el equilibrio dentro de la trampa.

El análisis de estas características, dentro de un marco geológico adecuado, permite una más detallada descripción de la trampa, del cálculo de reservas, de las vías migratorias, de las posibles compartimentalizaciones y de las eficiencias de barrido en procesos de recuperación asistida.

## 2.-Heterogeneidades de Fluidos

Es un hecho comprobado que los hidrocarburos de reservorio suelen presentar variaciones areales y verticales en su composición. Entre las diferentes causas que contribuyen a este fenómeno puede mencionarse:

- Aporte de diferentes calidades de hidrocarburos a partir de la misma Roca Madre en distintas etapas de madurez.
- Aporte de hidrocarburos en diferentes oleadas migratorias.
- Alteraciones del petróleo con posterioridad al entrapamiento. A este

fenómeno contribuyen el lavado, la biodegradación, la remigración, etc.

- Deposición de asfaltenos.
- Aporte de CO<sub>2</sub>.
- Etc.

Estos cambios composicionales se manifiestan de diferentes maneras durante la producción de un reservorio. Los cambios más visibles durante la producción están asociados a variaciones (areales o en el tiempo) de viscosidad, de contenido de CO<sub>2</sub>, de RGP o de °API.

## 3.-Situación de Equilibrio (El Equilibrio Hidrostático)

En la introducción de este desarrollo se mencionaron tres variables del petróleo (composición, presión e burbuja y densidad) que, dado el tiempo suficiente, pueden alcanzar el equilibrio en la estructura. Cabe agregar que el equilibrio en una de estas variables es incompatible con el equilibrio en las otras dos. A modo de ejemplo, si la composición fuera la misma en toda la estructura, tanto la densidad como la presión de burbuja resultarían variables debido a los cambios de presión y temperatura en los diferentes niveles.

La experiencia muestra que, cuando se alcanza el equilibrio termodinámico en la columna de líquidos de un reservorio con comunicación vertical, todo ocurre como si las composiciones se “acomodaran” de modo de garantizar que la densidad del fluido sea constante o monótonamente creciente con la profundidad.

Las figuras 1 a 5 explican esquemáticamente como se alcanza esta situación.

Si se parte de un reservorio con un fluido homogéneo, en el que no se considera el efecto de los gradientes de presión y temperatura, las propiedades del sistema pueden representarse de la forma indicada en la Fig. 1. En dicha figura el color homogéneo indica una composición uniforme en toda la colum-

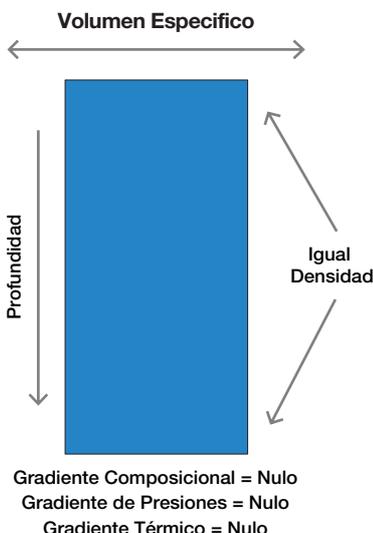


Fig. 1 – Fluido homogéneo sin gradientes de presión y/o temperatura

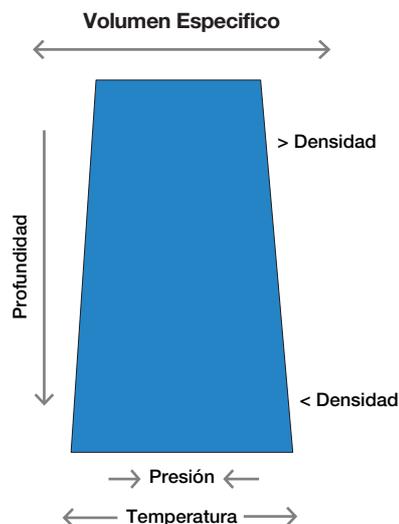


Fig. 2 – Efecto de los gradientes de presión y temperatura sobre un fluido de composición homogénea.

na de fluidos y el ancho constante de la figura pone de manifiesto que no hay cambios de volumen específico (volumen por unidad de peso) en todo el espesor con hidrocarburos.

Manteniendo la composición homogénea, si se tienen en cuenta la influencia de los gradientes de presión y temperatura normales, se llega a una situación como la esquematizada en la Fig. 2.

En este caso los efectos contrapuestos del gradiente de presión (que tiende a disminuir el volumen específico con la profundidad) y el gradiente de temperatura (que tiende a aumentar el volumen específico con la profundidad) se resuelven habitualmente con predominio del efecto producido por el gradiente térmico. Esta situación conduce a un sistema con densidades más bajas en los niveles más profundos que en los niveles superiores de la estructura.

Como resultado de lo anterior (densidades no equilibradas) se producen corrientes de convección, como se esquematiza en la Fig. 3. El aporte de energía necesario para esta convección se obtiene de la energía térmica asociada al gradiente térmico normal.

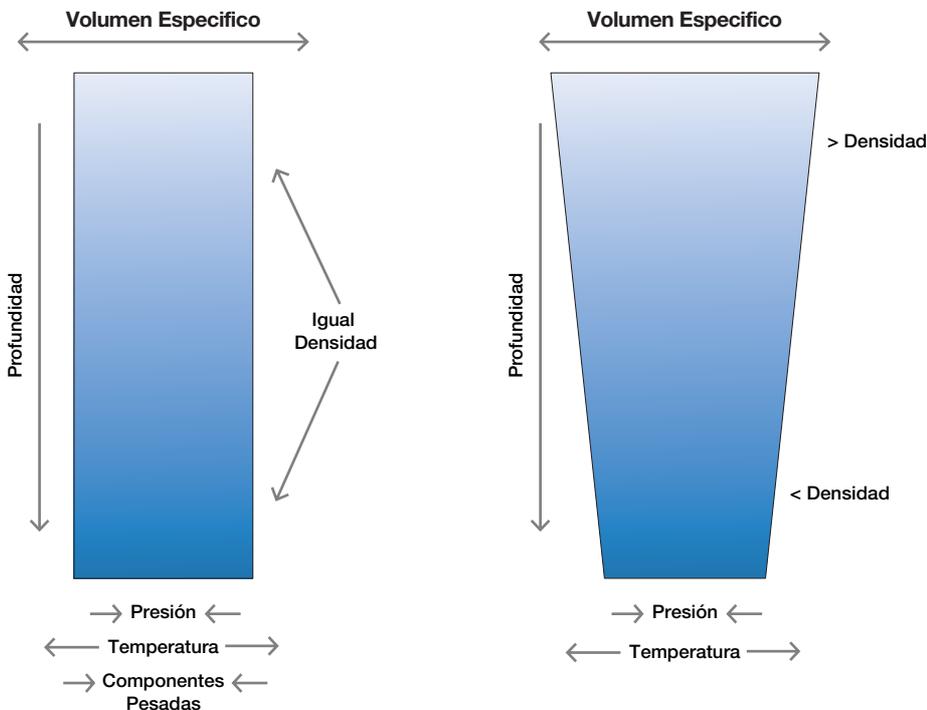


Fig. 4 – El cambio composicional permite igualar las densidades a lo largo de la columna de hidrocarburos

Si la composición de la muestra se mantuviera homogénea, la convección continuaría indefinidamente. Sin embargo todo se comporta como si los sistemas naturales se estabilizaran, eliminando la convección permanente, mediante un cambio composicional a lo largo de la columna de fluidos.

Esta situación, esquematizada en la Fig. 4, conduce a un aumento de la proporción de componentes “pesados” hacia mayores profundidades.

En su aplicación a los casos reales, el esquema de equilibrio esquematizado en las Figuras 1 a 4 requiere los siguientes comentarios:

- Los petróleos poco viscosos y las estructuras con elevada permeabilidad vertical favorecen la obtención del equilibrio final indicado en la Fig. 4.
- En caso de no haber alcanzado el equilibrio, los sistemas reales pueden encontrarse en algún punto intermedio entre las situaciones esquematizadas por la Fig. 3 y la Fig. 4.
- Cuando, a lo largo de la historia geológica, se generan situaciones como la esquematizada en la Fig. 5 (aumento de la densidad con la profundidad,

Fig. 5 – Los sistemas con densidades crecientes hacia mayores profundidades también son estables en el tiempo.

sobre la base de un cambio composicional muy marcado) esta situación tiende a permanecer estable. En otras palabras, la situación esquematizada en la Fig. 4 es un caso límite de equilibrio de densidades. A partir de ese punto todos los sistemas con densidades crecientes en función de la profundidad resultan estables pues el gradiente térmico no genera corrientes de convección.

*Nota: Los fenómenos de difusión tienden a homogeneizar la composición de una columna de fluidos y trabajan en forma superpuesta a los fenómenos de equilibrio resultantes de las diferencias de densidad. Sin embargo la experiencia muestra que lo habitual son los casos de variaciones de composición en función de la profundidad. En consecuencia, para desarrollar el modelo presente se asume que los equilibrios de densidad son los que dominan en el acomodamiento composicional a lo largo de la columna de fluidos, mientras que los fenómenos de difusión no afectan notablemente la distribución composicional de la columna de hidrocarburos.*

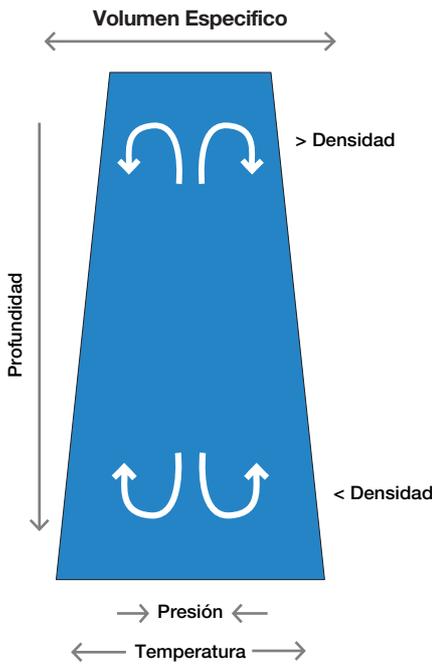
Los componentes que suelen tener mayor influencia sobre la densidad del petróleo son el Metano, el CO<sub>2</sub> y la fracción C<sub>20+</sub>.

Cada uno afecta la densidad de las mezclas líquidas en forma particular.

- El metano es el componente de menor densidad en fase líquida. Su densidad, cuando forma parte de una mezcla líquida, es cercana a 0.3 g/cm<sup>3</sup>.
- La fracción C<sub>20+</sub> engloba a los componentes de mayor densidad de la mezcla y suele presentar densidades cercanas y aún superiores a 0.9 g/cm<sup>3</sup>.
- El CO<sub>2</sub> tiene una densidad (como líquido) cercana a 0.8 g/cm<sup>3</sup>. En consecuencia puede subir o bajar la densidad de la mezcla de hidrocarburos dependiendo de la densidad original de la misma.

#### 4. La Presión de Burbuja (P<sub>b</sub>) y el Equilibrio Hidrostático

Una consecuencia destacable del equilibrio hidrostático es que conduce a una disminución de la presión de burbuja con el aumento de la profundidad. Esta situación puede comprenderse en base al



**Fig. 3 – Corrientes de convección en una columna de composición homogénea**

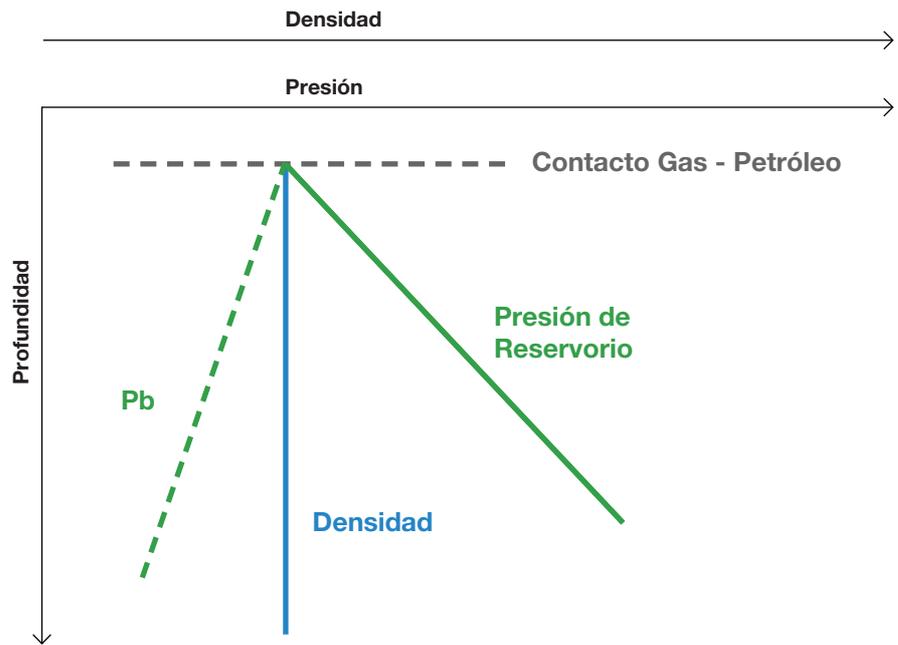
análisis de la Fig. 4 ó 5. En estos esquemas, el equilibrio hidrostático “obliga” a que la proporción de componentes “livianos” sea cada vez menor a medida que aumenta la profundidad en la estructura.

En el caso de hidrocarburos líquidos, los componentes de menor densidad son también los más volátiles. En consecuencia es normal que a mayor profundidad se encuentren fluidos con menor presión de burbuja.

La Fig. 6 esquematiza esta situación considerada normal para petróleos en contacto con casquetes de gas:

- La línea *Densidad* muestra un valor de densidad constante, compatible con el equilibrio hidrostático.
- La línea *Presión de Reservorio* muestra el aumento de presión de reservorio con la profundidad. Este aumento es lineal dado que la densidad se asumió constante a lo largo de la columna de fluidos.
- La línea *Pb* esquematiza la disminución de  $P_b$  al aumentar la profundidad. (Nota: Esta relación no tiene por qué ser lineal, aunque es una situación encontrada frecuentemente)

En resumen, la figura 6 muestra un fenómeno frecuente en la evaluación de reservorios: el petróleo se torna más subsaturado cuanto más alejado se encuentre de un casquete de gas.



**Fig.6 - Cambios en la presión de reservorio y el la presión de saturación ( $P_b$ ) por debajo de un casquete de Gas en un reservorio de petróleo en equilibrio hidrostático**

En otras palabras, la presencia de un casquete de gas sólo garantiza la presencia de petróleo saturado, en las cercanías de dicho casquete. A mayores profundidades es razonable encontrar fluidos subsaturados.

Ejemplo: A 100 m. por debajo del contacto gas-petróleo, el fluido en equilibrio puede mostrar una subsaturación de 100 psi (unos 7 Kg/cm<sup>2</sup>) o aún mayor.

## 5. Resumen y Comentarios Generales

Conforme a los análisis simplificados presentados en este desarrollo, el petróleo “evoluciona” dentro de la trampa hasta alcanzar el denominado equilibrio hidrostático. En estas condiciones, la columna líquida presenta densidad constante o monótonamente creciente con la profundidad.

Como resultado de este equilibrio de densidades, disminuye la proporción de componentes “livianos” en la mezcla y se obtienen petróleos más y más subsaturados a medida que se desciende en la estructura.

Tal como se muestra en publicación reciente<sup>1</sup>, esta situación es particularmente dramática en el caso de casquetes de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) en contacto con petróleos “pesados”, pero resulta

también muy notoria en el caso de equilibrios entre Dióxido de Carbono y petróleos “livianos”.

El análisis de estas situaciones presenta muchos aspectos de interés práctico, tales como los que se indican a continuación:

- La disminución del contenido de componentes más livianos conduce a petróleos más viscosos en la base de la estructura.
- La comprobación de ausencia o presencia de equilibrio hidrostático ayuda a identificar bloques aislados o comunicados dentro de la trampa.
- Reconocer la presencia de fluidos subsaturados, con la consiguiente disminución del factor de volumen de petróleo ( $B_o$ ), en los niveles inferiores de la estructura, conduce a incrementos en el cálculo de reservas (ver el trabajo citado).

## 6.-Referencias

M. A. Crotti , M. Fernández Badessich. "Coexistencia de Petróleo Subsaturado con un Casquete de Gas - El Dióxido de Carbono en Equilibrio con Petróleos Pesados". II Congreso de Hidrocarburos - 2003 - IAPG - Buenos Aires - 29 de junio al 2 de julio de 2003.

## Estado Técnico de la Energía Nuclear en la Argentina

El 17 de Agosto de 2006 el Ingeniero Francisco Carlos Rey, Vicepresidente de C.N.E.A., brindó una conferencia en el lugar habitual de los almuerzos mensuales de la SPE, el Circolo Italiano, Libertad 1264.

Entre los puntos destacados de la detallada exposición se puede señalar la tradición Nuclear de Argentina, que desde la formación de la CNEA en 1951, el inicio de operación de la central Nuclear Atucha I en 1974, hasta el presente se ha consolidado como país probado y seguro en el uso pacífico de la Energía Nuclear.

El Ingeniero Rey enfatizó en el carácter de país nuclear que ostenta la Argentina detallando la evolución de la industria nuclear argentina y la distribución geográfica de las distintas instalaciones de producción de material nuclear y utilización en la industria, la generación eléctrica y la medicina.

Finalmente presentó la Energía Nuclear en la Argentina y el mundo como una alternativa para la diversificación de la matriz energética anunciando el inicio de trabajos de finalización de Atucha II y la realización de estudios para la construcción de la IV Central Nuclear para generación eléctrica de Argentina.



## X Latin American and Caribbean Petroleum Engineering Conference



SPE Argentina ha sido convocada para organizar la X LACPEC, Latin American and Caribbean Petroleum Engineering Conference, que se llevará a cabo del 14 al 18 de Abril de 2007.

Este acontecimiento nos presenta a todos los profesionales del Upstream una gran oportunidad y un enorme desafío en la propuesta de nuevas y mejores soluciones para suplir, en forma sustentable y competitiva, la demanda creciente de hidrocarburos en la región.

Coincidiendo, Argentina estará conmemorando en ese mismo año, el centésimo aniversario del descubrimiento de petróleo en Comodoro Rivadavia, puntapié inicial de la actividad en la Argentina y un hito remarcable en la región. Este acontecimiento será el entorno ideal para que la gran familia del Upstream tome a la Conferencia como un reto a presentar proyectos, participar en conferencias y debates e intercambiar ideas y opiniones con profesionales de muchísima experiencia.

La comisión técnica terminó con el análisis de los trabajos técnicos presentados al Congreso. Se aceptaron 299 trabajos sobre más de 400 presentados (66% de trabajos aceptados).



Society of Petroleum Engineers  
**ARGENTINE PETROLEUM SECTION**  
Maipú 639, P.B. (1006) Buenos Aires  
Tel: 4322-1079 / 4322-3692  
E-mail: [info@spe.org.ar](mailto:info@spe.org.ar) • Homepage: [www.spe.org.ar](http://www.spe.org.ar)