

Caracterización de reservorio en casing usando herramientas neutrón pulsante de última generación

Guillermo Azpiroz, Marcelo Rodriguez, Oscar Olima (YPF S.A.).

Alejandro Schiuma, Rodrigo Zrain, Camilo Mejía, María Alejandra Mojica (Weatherford International)

Abstract

La interacción de neutrones en reservorios permite identificar presencia de gas a pozo abierto y entubado. Debido a operaciones más complejas y diferentes problemas durante la perforación como también la necesidad de evaluar procesos de recobro en pozos de producción, la industria ha demandado la evolución de las tecnologías de neutrón pulsante que permita la caracterización con mayor precisión estadística y confiabilidad. Sin embargo cuantificar el volumen de hidrocarburo en el reservorio suele asociar una incertidumbre significativa, especialmente en sistemas de porosidad secundaria con escasos datos para tomar decisiones inteligentes respecto de su terminación.

La tecnología de neutrones pulsantes ha evolucionado a lo largo de la historia especialmente en los últimos 15 años en los que el mercado de gas se ha vuelto vital para la economía. Esta evolución llevó a que se mejorara la calidad y cantidad de los detectores permitiendo así una cuantificación más confiable no sólo de la saturación de gas a través de la cañería, sino también de parámetros petrofísicos como porosidad y volumen de arcilla.

Se presenta la metodología utilizada en la evaluación de dos sondeos de reservorios de gas con porosidad secundaria en la cuenca Austral en Argentina.

Uno de los pozos no contaba con registros de hueco abierto mientras que el restante fue registrado con un set completo. Este último fue utilizado para modelar y calibrar la data obtenida a través de la cañería y luego se aplicó al pozo sin información. El modelamiento antes del trabajo, la operación exitosa con condiciones operacionales específicas y la integración de factores de interpretación determinantes son presentadas para soportar las saturaciones de gas en ambos pozos además de la generación de curvas de porosidad y volumen de arcilla en el sondeo que no contaba con información de pozo abierto. Luego de la interpretación, se pudo elaborar un programa de terminación con mayor certidumbre basado en los cálculos petrofísicos validados que se obtuvieron a través de la cañería. El presente trabajo hace referencia a la metodología y los factores tenidos en cuenta para completar dicho sondeo.

Introducción

En Noviembre del pasado año se perforó un sondeo en la cuenca Austral con objetivo primario en la Serie Tobífera con importantes problemas de estabilidad. Razón por la cual no fue posible obtener registros de pozo abierto. Debido a las buenas manifestaciones de gas observadas durante perforación, se decidió entubar el pozo. Con el objetivo de poder completar este sondeo con menor incertidumbre, se registró a través de la cañería una herramienta de neutrones pulsantes con el objetivo de definir las zonas de interés. Este instrumento Multidetector tiene la capacidad no sólo de cuantificar la saturación de gas, sino también la de obtener porosidad efectiva y volumen de arcilla para caracterizar el reservorio de manera eficiente.

Marco geológico

La Serie Tobífera conforma una espesa secuencia volcanoclástica de variada composición asociada al relleno inicial de dicha cuenca, su calidad como reservorio está asociada generalmente al grado de fracturación que presenta, y es una opción a la carga de hidrocarburos cuando la características petrofísicas de la Fm Springhill (estratigráficamente superior) son de mala calidad. El potencial es importante en altos estructurales fracturados donde se produce el acuífero de la Fm Springhill.

En la **figura 1** se ilustra la estratigrafía de la zona.

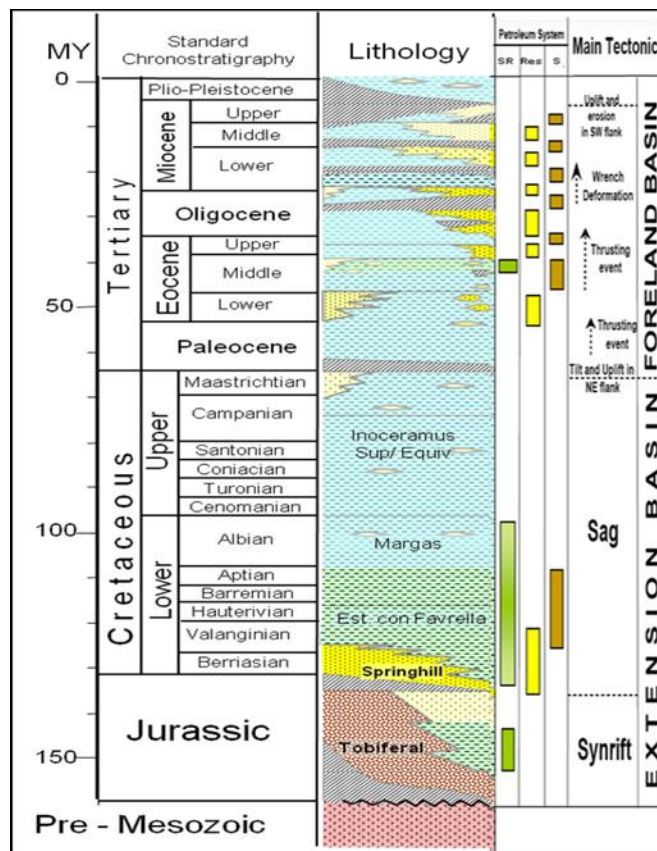


Figura 1, secuencia estratigráfica de la cuenca Austral

Tecnología de Neutrones Pulsantes Multidetector (NPMD)

Se define como Multidetector a una herramienta que cuente con más de dos detectores espectroscópicos (Adrian Zett et al. 2012). El instrumento utilizado para definir la completación en este caso cuenta con 5 detectores, 4 de ellos espectroscópicos y uno de neutrones rápidos (**figura 2**). La separación entre los detectores proximal y long hace que esta herramienta presente la mayor sensibilidad al gas en la industria, pudiendo definir saturaciones de gas en porosidades del orden del 4-5% (**figura 3**). El principio de cuantificación de la saturación se basa en la relación entre las cuentas que mide el detector 1 (proximal) respecto del 5 (long). Siendo que en presencia de gas, las cuentas recibidas en el detector 1 serán similares a las del detector 5. Lo contrario ocurre cuando el reservorio está saturado con agua, caso en el que las cuentas del detector 1 son mayores que las del 5 debido a que los neutrones son termalizados más eficientemente por el agua. Es así como se construye la envolvente teórica de la **figura 3** donde se observa una línea 100% saturada en gas (línea roja) y otra 100% saturada en agua (línea azul). Al mismo tiempo, modelando las características del sondeo (litología, cañería, fluido en el hueco, etc.) se pueden obtener datos similares a los registros de pozo abierto.

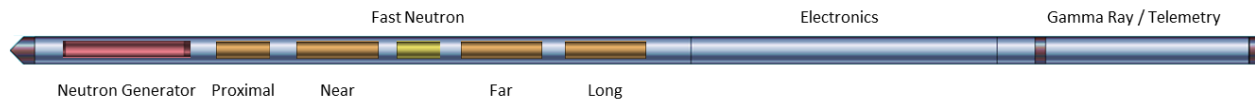


Figura 2, esquema de la herramienta NPMD

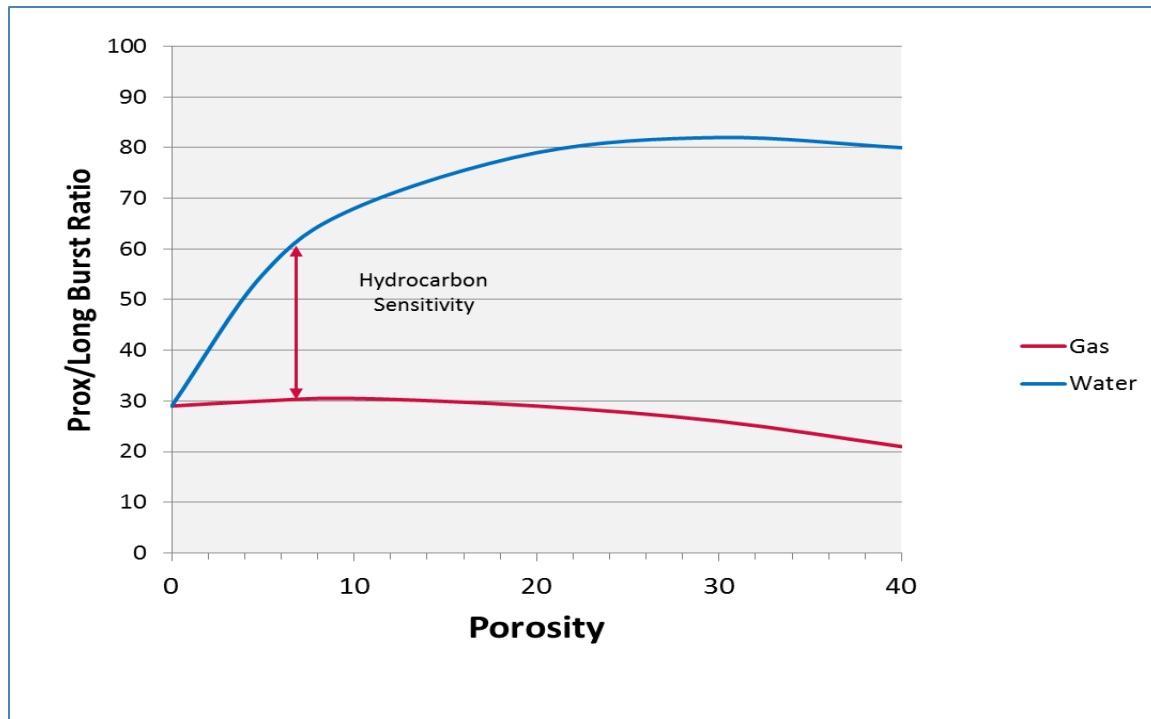


Figura 3, relación de cuentas entre el detector proximal/long vs. Porosidad

Ubicación del yacimiento

El yacimiento en cuestión se ubica en la cuenca Austral que comprende la provincia de Tierra del Fuego, Este campo de gas, se halla unos kilómetros al sur de la ciudad de Río Grande como se puede observar en el mapa de la **figura 4**.

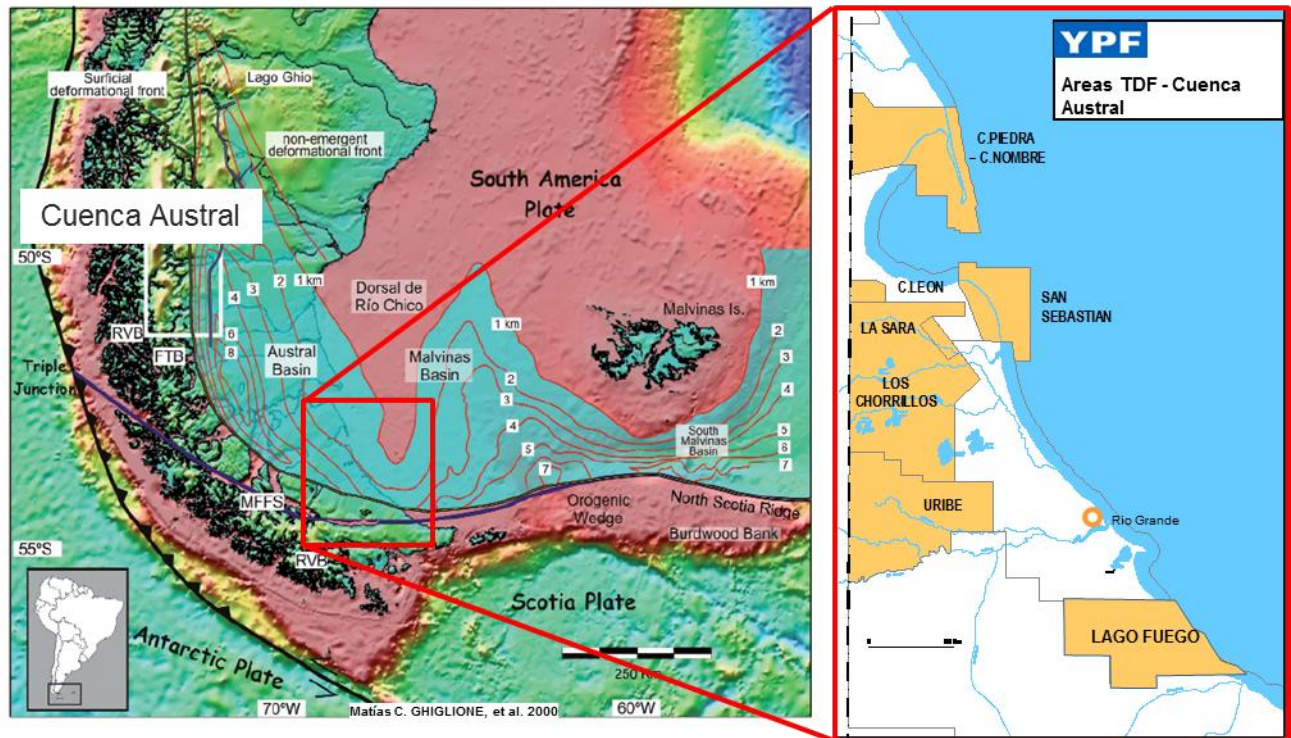


Figura 4, mapa de ubicación

Flujo de trabajo

La utilización de este tipo de tecnologías requiere una normalización de las curvas generadas con datos de pozo abierto para reducir la incertidumbre. Al mismo tiempo, para que las curvas le den sentido a la interpretación se debe caracterizar cada pozo en particular para modelar el comportamiento y las reacciones de los neutrones en cada caso. Para esto se crea un modelo en Montecarlo en el cual se tiene en cuenta el tamaño del hueco, el diámetro y densidad del casing, diámetro y densidad del tubing, litología y demás detalles que afectarán de diferente manera a los neutrones emitidos por la herramienta.

Es por esta razón que se realizó un planeamiento previo entre la operadora y la empresa de servicio. En consecuencia, primero se corrió la herramienta en un pozo aledaño que contaba con perfiles de open hole con el objetivo de armar un modelo petrofísico robusto para aplicar en el sondeo sin información. Esta locación poseía con un set completo de registros de porosidad y resistivos con los que se calcularon porosidad, volumen de arcilla y saturación. Estos datos fueron utilizados como referencia para ajustar las curvas generadas con NPMD. En la **figura 5** se comparan las curvas de pozo abierto con las curvas generadas por el intérprete a partir de la data obtenida a través de la cañería. El track número 1 contiene el calibre del pozo, lo GR de pozo abierto y entubado para correlación de ambos datos, el volumen de arcilla y la porosidad efectiva calculada con el NPMD. El track número 3 hace referencia a la envolvente con la cual se obtiene la saturación de gas siendo el extremo derecho correspondiente al 100% de gas y el izquierdo a una saturación de agua del 100%. En el track número 4 se comparan las saturaciones de open hole (curva azul) con la de cased hole (curva roja), las diferencias en ambas curvas están relacionadas a la porosidad con la que se calculó cada una. Estas porosidades efectivas están desplegadas en el track 5 siendo la verde calculada con Den-Neu y la negra a partir del NPMD.

Esta herramienta genera curvas similares a las de Densidad-Neutrón como se puede ver en los tracks 6 y 7 en los que se pueden comparar DEN-NPHI vs. NPOR-CPORC. Estas últimas dos corresponden a una

porosidad no lineal (NPOR) que se comporta similar a la densidad y a la porosidad caracterizada para este pozo (CPORC) que equivale a NPHI de pozo abierto.

El último track presenta la relación de las cuentas entre el detector 1 y 5 (curva negra VB15) con el gas total proveniente del control geológico. Como se puede observar la coherencia de los datos es muy buena.

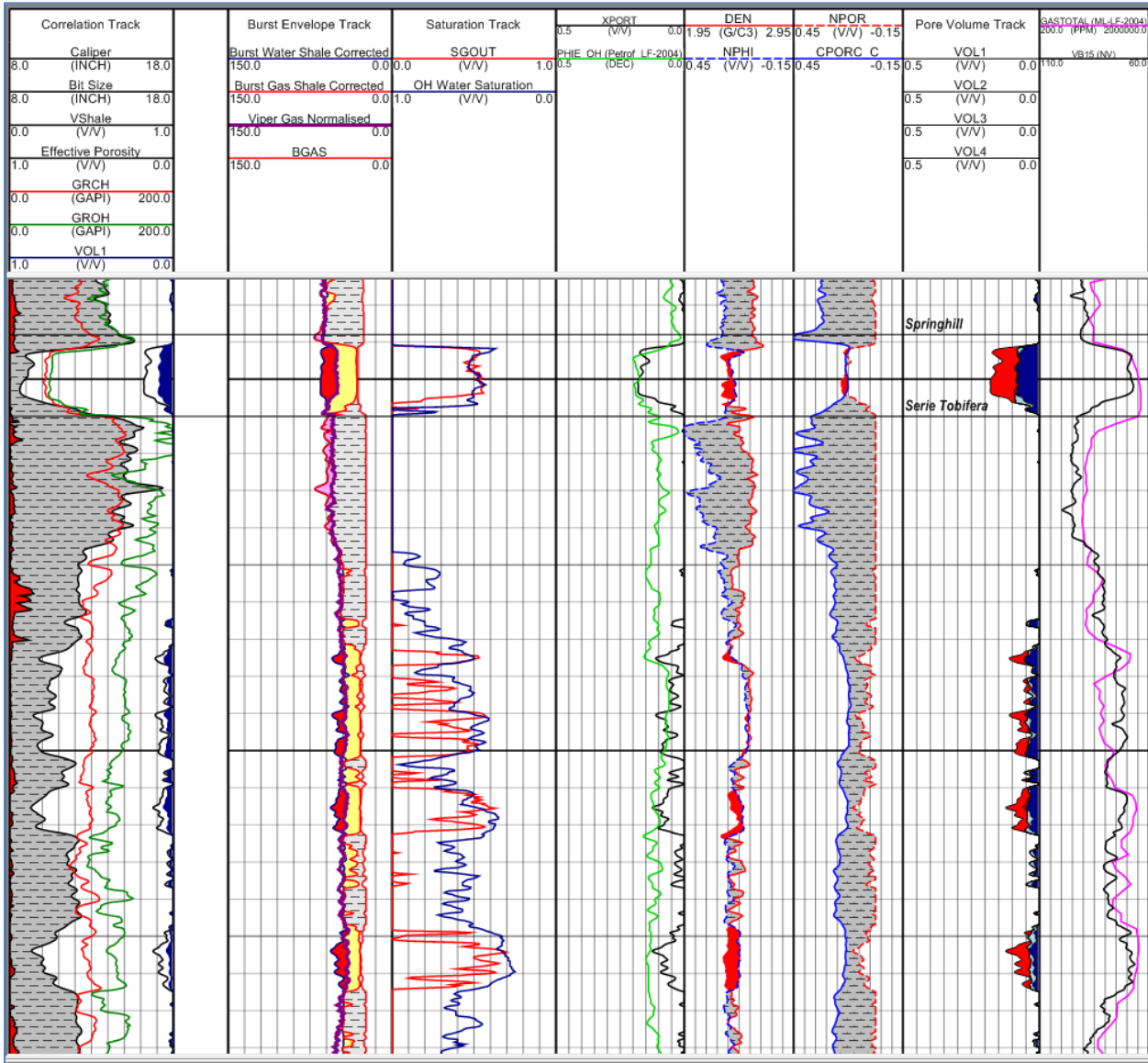


Figura 5, comparación de las curvas generadas a partir de los datos obtenidos a través de la cañería respecto de los obtenidos con registros de pozo abierto.

Luego de validada esta data, se aplicaron los mismos parámetros petrofísicos al sondeo que sólo contaba con data a través de pozo entubado. La **figura 6** resume los resultados de la interpretación en los que se resaltan las zonas de interés y las evaluadas por la operadora. Estos segmentos fueron estimulados hidráulicamente comprobando gas sin aportes de agua.

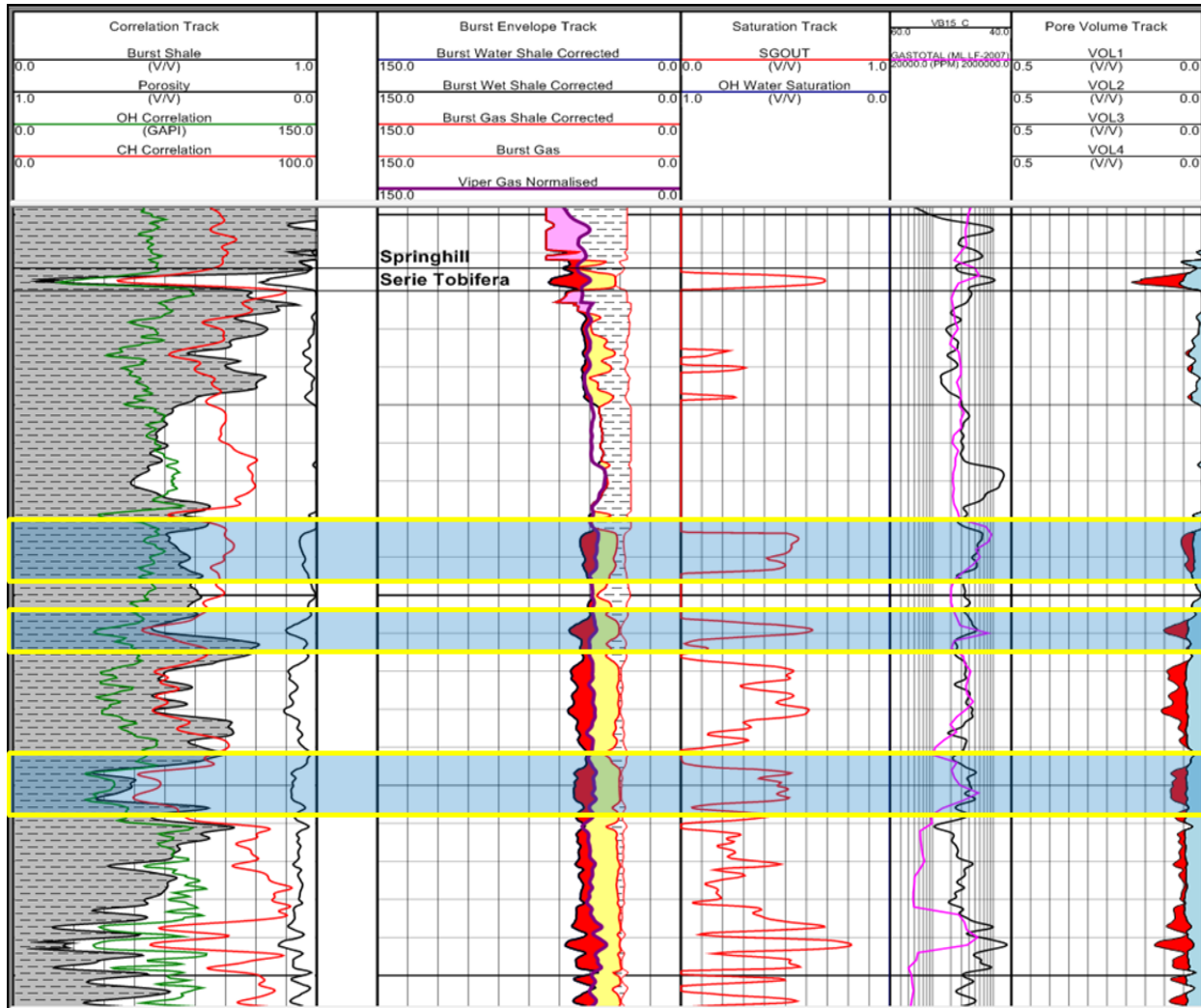


Figura 6, zonas evaluadas por durante la terminación.

Conclusiones

- La evolución de los instrumentos de Neutrones Pulsantes Multi Detectores genera más opciones a la hora de caracterizar reservorios en los que se cuenta con poca información.
- La normalización de las curvas generadas con el NPMD es necesaria para darle sentido a la interpretación.
- La integración de datos no sólo de un pozo en particular sino de los demás sondeos, hace que se reduzcan las incertidumbres respecto del diseño de terminación.

- La interacción de las partes involucradas a lo largo de la evaluación y diseño de la estrategia de completación del sondeo es fundamental para optimizar los recursos y datos disponibles.

Agradecimientos

Muchas gracias YPF S.A. y a Weatherford International por permitirnos presentar este trabajo y darnos el apoyo necesario para invertir esfuerzo y tiempo en esta publicación.

Bibliografía

- Zett A., Webster M., Spain D., Surles D., Colbert C., Application of New Generation Multi Detector Pulsed Neutron Technology in Petrophysical Surveillance, SPWLA 53rd Annual Logging Symposium, June 2012.
- Fondyga T., Han X., Webster M., Zett A., Riley S., Trcka D., Boyce L., Extending the range of Multidetector pulsed neutron logging and nuclear modelling applications for reservoir surveillance in the Columbus basin, SPWLA 57th Annual Logging Symposium, June 2016.
- Bertoli S., Borghi M., Galli G., Oprescue A., Riley S., Field trials of new array pulsed neutron formation gas measurement in complex completions, 11th Offshore Mediterranean conference and exhibition, March 2013.
- Mamdouh N., Al-Nasser, Mark M., Al-Mushrafi N., Al-Muthana A., Riley S., Geevarghese A., Quantifying Gas saturation with Pulsed Neutron Logging – An innovative approach, SPE 166025-MS.
- Zett A., Webster M., Rose H., Riley S., Trcka D., Kadam N., Surveillance of Complex Displacement Mechanism in mature reservoirs to maximize recovery, SPE 159185
- Leandro Venara, Gloria Bahl Chambi, Andrés Cremonini, Marcelo Limeres; ESTANCIA DOS LAGUNAS: PRODUCING GAS AND CONDENSATE FROM A VOLCANIC ROCK IN THE ARGENTINEAN AUSTRAL BASIN 2009
- Llambías, E. J., 2003, Geología de los cuerpos ígneos: Buenos Aires, Asociación Geológica Argentina - Serie B - Didáctica y Complementaria no. 27, Instituto Superior de Correlación Geológica – Serie Correlación Geológica no. 15, 182 p.
- BRAVO PATRICIO y CARLOS HERRERO, Empresa Nacional del Petróleo, Santiago, Chile. RESERVORIOS NATURALMENTE FRACTURADOS EN ROCAS VOLCÁNICAS JURÁSICAS, CUENCA DE MAGALLANES, CHILE *VI Simposio Bolivariano Sep- 1997
- Richard Odom, Tim Dahlin, Darrell Dolliver, Enrique Elizondo, Erika Seeds, Jimmy Starnes, Robert Wilson, DESIGN AND INITIAL FIELD-TEST RESULTS OF A NEW PULSED NEUTRON LOGGING SYSTEM FOR CASED RESERVOIR CHARACTERIZATION. SPWLA 49th Annual Logging Symposium, May 25-28, 2008
- W.A. Gilchrist, Jr., SPE, E. Prati, R. Pemper, SPE, M.W. Mickael, and D. Trcka, SPE, Baker Atlas; Introduction of a New Through-Tubing Multifunction Pulsed Neutron Instrument; SPE 56803
- Larry A. Jacobson, Halliburton Energy Services, Inc. CARBON/OXYGEN TOOL RESPONSE IN OPEN HOLE; SPWLA 46th Annual Logging Symposium, June 26-29, 2005