

# MODELAMIENTO PETROFÍSICO DE UN INDICADOR DE HIDROCARBUROS Y LITOLOGÍA

REVISTA  
MUNDO  
DE  
PETRÓLEO

Ing. ARISTOBULO BEJARADO WALLENS  
E-mail: aribwcol@telecom.com.co

## DISCUSIÓN

Los indicadores primarios de hidrocarburos livianos o gas, hidrocarburos corrientes (Hidrocarburos en estado líquido en el yacimiento) y agua (líquida en el yacimiento) son estimulados a partir de las combinaciones de los registros de porosidad Densidad-Neutrón y debe considerarse indicadores de calidad de la adquisición señalando si la medición y computo es confiable de acuerdo con las condiciones ambientales y de hueco presentes durante las operaciones de perforación.

Los registros de pozo presentan normalmente anomalías referidas, entre otras causas, al diámetro verdadero de hueco, a derrumbes o hinchamiento en zonas arcillosas, la mojabilidad de la formación, a la invasión de filtrado de lodo, etc. El efecto de dichas anomalías debe ser determinado y medido.

En este trabajo las anomalías estudiadas corresponden a la presencia de hidrocarburos, arcillosidad y diámetro verdadero de hueco y se propone un indicador para examinar dichos efectos.

En el desarrollo de estos cálculos, se parte de la consideración en la cual se acepta que la zona invadida está lavada por el filtrado de lodo cuya densidad se estima igual a la del agua, para todos los efectos de computación.

En el presente trabajo se diseñó un indicador de hidrocarburos y litología a partir de la combinación de los registros Densidad - Neutrón. El modelo propuesto fue probado con información de pozos colombianos.



Para la evaluación de las porosidades se toma como matriz base y de referencia el cuarzo. Por otro lado, en el ejemplo, el cuarzo es la matriz predominante de acuerdo con la información geológica suministrada (Ver Figura 1). El software usado es el QLA2 de Schlumberger. En la Figura 1 se puede observar las anomalías de hueco en los niveles que presentan radioactividades mayores a 60 UAPI las cuales corresponden a zonas arcillosas y que están por fuera de la solución Densidad-Neutrón propuesta por el gráfico. La anomalía de gas se encuentra en la zona superior izquierda y corresponde a la zona de más baja radioactividad.

De acuerdo con lo anterior, el indicador propuesto puede ser formulado como sigue<sup>2</sup>:

$$IGDN = (PHID - PPND) / (1 - PPND) \quad (1)$$

$$PPND = (PHID + NPHI) / 2 \quad (2)$$

- IGDN: Indicador de gas y litología Densidad-Neutrón  
 PHID: Porosidad del registro de densidad leída, matriz arena  
 NPHI: Porosidad Neutrón leída, matriz arena

El indicador de gas y litología propuesto, bajo condiciones apropiadas del hueco, se interpreta de la siguiente manera:

- 1- Valores iguales a cero deben coincidir con arenas limpias 100% saturadas de agua o hidrocarburos que presentan una densidad cercana a la del agua.

- 2- Valores positivos muestran hidrocarburos livianos o gas o litologías más livianas que el cuarzo. Entre menos denso el hidrocarburo mas positivo el valor. Se pueden presentar valores positivos por efectos de hueco verdadero los cuales pueden identificarse en un crossplot Gamma Ray -IGDN (Ver figura 2).
- 3- Valores menores que cero mostrarían otras litologías tales como calcáreos o un grado de arcillosidad creciente a medida que el valor del indicador es más negativo.

En la Figura 2 se puede observar valores negativos crecientes del Indicador a medida que los niveles son más arcillosos. Por otro lado existen valores positivos del indicador para valores de Rayos Gamma mayores que 60 UAPI lo cual sugiere efectos de hueco y/o litologías porosas de baja densidad. Para valores de baja radioactividad los valores positivos sugieren una alta probabilidad de identificación de zonas gasíferas o de hidrocarburos livianos. Se debe observar que el Indicador igualmente puede medir la arcillosidad, además de servir como herramienta de calibración para corregir las lecturas de porosidad, en zonas arcillosas afectadas por el diámetro del hueco, si el registro de rayos gamma está midiendo adecuadamente la arcillosidad como ocurre normalmente en un buen número de yacimientos corrientes.

En areniscas calcáreas el efecto sería similar al de la arcilla dado que el indicador sería más negativo a medida que el contenido calcáreo se incrementa.

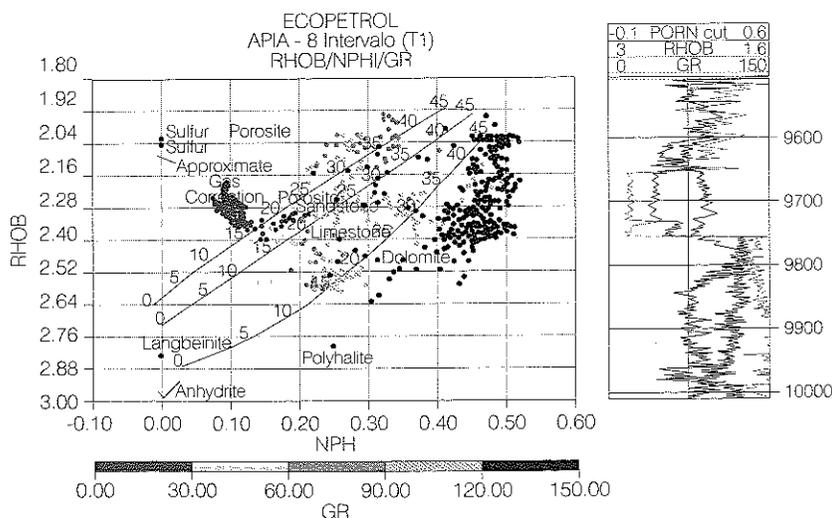


FIGURA 2. Crossplot IGDN - GR de pozo colombiano

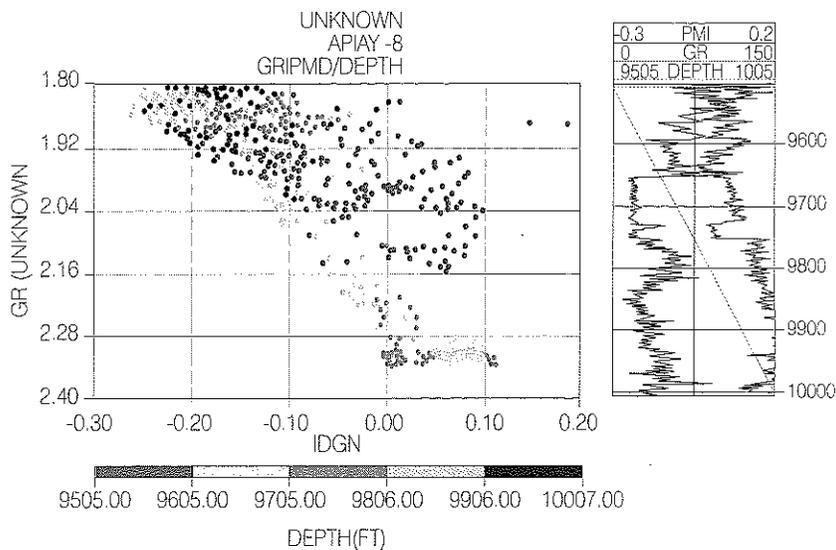


FIGURA 1. Crossplot Densidad - Porosidad Neutrón de pozo colombiano

La diferencia estriba en que el valor mínimo correspondiente al material calcáreo puro de referencia (Caliza, dolomita, etc.) sería mayor que el valor mínimo para arcillas lo cual es consistente con resultados experimentales tal como se muestra en la solución de porosidad y litología de la Figura 1.

Para la formulación de un valor aparente de arcillosidad, luego de la corrección convencional por hidrocarburos, se sugiere el uso de la siguiente ecuación para calcular la fracción de arcillas:

$$XSHA = \frac{IGDNC * (1 - PPND)}{(1 - PPNDsh)} \quad (3)$$

- XSHA: Fracción de arcilla aparente
- IGDNC: Indicador de gas y litología Densidad - Neutrón corregido por efecto de hidrocarburos.
- IGDNCmin: Indicador de gas y litología Densidad-Neutrón más negativo medido en el crossplot IGND vs Rayos Gamma en la zona de alta radioactividad correspondiente a un valor representativo para arcillas.
- PPNDsh: Porosidad total de arcillas usando *ecuación 2*.

Si PPNDsh es igual a PPND, como es usual en algunos modelos de arcillosidad, la *ecuación 3* define la fracción de arcilla aparente como:

$$XSHA = IGDNC / IGDNCmin \quad (4)$$

Las fracciones de arcilla mencionadas son herramientas útiles en la determinación cuantitativa de la litología.

## CONCLUSIONES:

- Los registros de densidad y neutrón son afectados por presencia de hidrocarburos livianos o gas, arcillosidad y efectos de hueco.
- Es posible medir el impacto de tales anomalías utilizando el índice propuesto de acuerdo con la expresión establecida en la *ecuación 2*.
- La graficación del índice en profundidad es una herramienta para examinar el impacto de las anomalías.
- Zonas con presencia de gas se pueden detectar a partir del índice propuesto igual que zonas limpias con presencia de hidrocarburos o agua.
- La fracción de arcilla se puede calcular a partir del índice propuesto mediante las *ecuaciones 3* y *4*.
- El crossplot IGDN vs Gamma Ray permite calibrar los registros de porosidad densidad y neutrón por concepto de arcillosidad, hidrocarburos livianos y efectos de hueco
- Las técnicas propuestas son un aporte innovador a la interpretación y evaluación de registros y sus

aplicaciones se pueden explorar para diversos problemas de caracterización de yacimientos y prospectiva exploratoria.

## REFERENCIAS:

1. TADA Alfredo. ICP, **Bejarano Aristóbulo**, Ariza Eduar-

do - ECOPEPETROL; 2000, *Acerca de la posibilidad de detectar zonas con gas empleando atributos sísmicos: estudio con datos de campo*; IX Congreso Colombiano del Petróleo - ACIPET; Bogotá, Octubre 16-19.

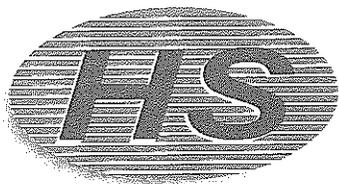
2. Bejarano Aristóbulo; 2000, Formulación del Indicador, Nota Técnica, Diciembre.

## AUTORES



### **Aristobulo Bejarano Wallens**

Ingeniero de Petróleos UIS, Magister en Gestión y Transferencia d Tecnología y Especialista en Filosofía Política Contemporánea. Profesor de Cátedra en Ingeniería de Gas, Petrofísica, Ética para Ingenieros, Gerencia de Tecnología y Gerencia Estratégica. Investigador principal y de apoyo en numerosos trabajos científicos publicados nacional e internacionalmente sobre temas técnicos y de gestión de la industria petrolera. Trabajó para ECOPEPETROL (Empresa Colombiana de Petróleos) y con sus colaboradores en el ICP (Instituto Colombiano del Petróleo) estableció en la década de los noventas los más importantes laboratorios y líneas de I&D en materia de Ingeniería de Petróleos que hay en Colombia. Ha obtenido importantes distinciones como el Primer Premio al mejor Trabajo en Ingeniería de Petróleos en 1997 y el primer premio a la Innovación otorgado por ECOPEPETROL en 1999. Trabajó para SOQUIP (Société Quebecoise D'Initiatives Petrolières) en Quebec, Canadá. Fue Presidente de la Asociación Colombiana de Ingenieros de Petróleos ACIPET y Vicepresidente de la Asociación Andina de Ingenieros de Petróleos SAIP. Radicó ante el Congreso de la República la ley que reglamenta la Profesión de Ingeniería de Petróleos.



## HYDROCARBON SERVICES LTDA.

- ✓ Wireline
- ✓ Well Test
- ✓ Surface Read Out (SRO)
- ✓ Memory Gauge
- ✓ Calibration Equipment
- ✓ OTIS-CAMCO-BAKER, wireline tools
- ✓ Welltest Interpretation, Software
- ✓ Memory Production Logging Tool (MPLT)
- ✓ Permanently Installed Gauge
- ✓ Early Production Facilities

Carrera 6 No. 45-11 Barrio Las Granjas, Neiva (Huila), Colombia  
Telefax (57) 88 - 746686 · Tels.: (57) 88 - 759950 / 759947  
e-mail: [hidroser@multiplhone.net.co](mailto:hidroser@multiplhone.net.co)