Interpretación Litológica del Pozo Centenera 1 mediante "Cross-Plot" Sónico- Neutrón

Jorge Andrés Guarochico Moreira[1], Jesús María Díaz Curiel[2]
Departamento de Ingeniería Geológica
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid
C. / Cristóbal Bordiú 32 y Alenza 2, 28003, Madrid, España
[1]Ingeniero en Geología 2009; email:joanguar@gmail.com
[2]Director de Proyecto Fin de Carrera, Doctor en Ciencias Físicas, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid, email: j.diazcuriel@upm.es

Resumen

El objetivo del presente proyecto es el de en lo posible optimizar la información que se tiene de un pozo cerrado antiguo llamado Centenera 1, a partir del estudio de los registros que se realizaron en el mismo. Para ello se consideran distintas fases de optimización, mejorando el formato analógico de los registros, para mediante este y de los valores digitales mejorar la información geológica de todo el pozo, realizando una columna litológica, la que permitirá elegir la zona con interesante contenido de hidrocarburos; dentro de esta zona de interés se asigna una litología a los diferentes paquetes interpretados, y de los valores de neutrón y sónico se realiza un crossplot o gráfico cruzado neutrón sónico, del cual se obtienen la distinción de cuatro grupos de litologías, de tal manera que es un aporte a la información ya existente del pozo, es esta crossplot de la zona que se definió como interesante **.**

Palabras Claves: optimizar información antigua, estudio de diagrafías, crossplot neutrón-sónico

Abstract

The aim of this project is to optimize as much as possible the information you have closed a well known former Centenera 1, through the study of loggs that were in it. This will consider various stages of optimization, improving the format of the analog loggs for using this digital values and improve the geological information from around the hole, making a lithological column, which will choose the area of interest hydrocarbon content ; within this area of interest is assigned a lithology interpreted in different packages, and the values of neutron and sonic is a crossplot neutron or sonic crossover chart, which are obtained the distinction of four groups of lithologies, so that contribute to existing information from the well, this is crossplot of the area was defined as interesting.

1. Introducción

El presente trabajo se referirá a los análisis cualitativos y cuantitativos que se realizaron en conjunto, a los distintos registros que se efectuaron en el pozo de estudio; el cual está situado al noreste de la provincia de Huesca – España. Geológicamente este pozo fue implantado en la culminación de una anticlinal defino por sísmica de reflexión y la región a la que pertenece está encerrada en la Cuenca Graus-Tremp (Cuenca tipo "piggy-back"), y esencialmente esta zona posee una sedimentación de facies detríticas y carbonaticas. Este pozo alcanzo una profundidad de 4355 m, pero solo se logro obtener 4325 m de registro, se perforo el sondeo con un lodo bentonítico a circulación directa a tricono, los registros que se efectuaron y que fueron objeto de estudio son: Radiación Gamma Natural, Neutrón, Sónico, Calibre, Resistividad LL3 y Potencial Espontáneo.

Con la ejecución del sondeo se obtuvo un reconocimiento geológico de toda la depositación de la Cuenca y de sobre todo de la secuencia de las series Terciarias y Cretácicas, que fueron en las que se esperaba contenido de hidrocarburos. Finalmente al terminar la perforación y posterior de realizar varias pruebas de producción de la zona de mayor interés, el contenido de gas seco no era rentable, por lo que el pozo fue abandonado.

2. Tratamiento y elaboración de los datos

Las diagrafías que fueron objeto de este trabajo se las obtuvo en registro analógico, las cuales reposan en el Archivo Técnico de Hidrocarburos de España en formato papel. Para el desarrollo de este proyecto las diagrafías escaneadas y en formato imagen jpg, se las obtuvo del Instituto Geológico y Minero de España.

A partir de estas diagrafías, escaneadas de los registros originales en papel, y después de a estas imágenes hacerlas pasar por una serie de procesos tales como el de digitalización, corrección, entre otras, que se explicaran adelante, permiten finalmente realizar análisis cuantitativos y cualitativos.

2.1. Digitalización

El primer paso a realizar es la conversión de los registros analógicos a registros digitales, que pueden ser almacenados en un computador. De esta manera introduzco el término digitalizar, que consiste en convertir cualquier señal de entrada continua (analógica) en una serie de valores numéricos o de códigos binarios que representan cada uno de los puntos de su estructura, está es la única información que puede procesar una computadora, generalmente en el sistema binario, es decir unos (1) y ceros (0). De esta manera la digitalización es el proceso de digitalizar (pasar de registro analógico a digital). La digitalización de diagrafías tiene importantes diferencias con la digitalización de documentos, planos, imágenes, etc, y estas diferencias nacen del hecho de que los datos obtenidos de la digitalización se los utiliza en cálculos matemáticos, por esto se debe de considerar ciertas reglas de digitalización en una diagrafía: Se considera a la curva de cualquier diagrafía, como una función continua, cuya variable independiente es la profundidad y cuya variable dependiente es el parámetro medido, la digitalización de dicha curva debe satisfacer las propiedades, teoremas y condiciones de una función continua, es decir que debe ser continua en todo su dominio de profundidad, no debe tener puntos singulares (pendientes infinita), y dos puntos distintos, con distinto valor del parámetro no pueden tener el mismo valor de profundidad.

Se pretende digitalizar una cantidad de puntos, que sean lo suficientemente necesaria para restituir la curva de la diagrafía a una escala media a detallada, es decir no se pretende digitalizar una cantidad excesiva ni una cantidad insuficiente de puntos. La escala utilizada en la digitalización es de 1:200. De esta manera una vez digitalizado el registro y su respectivo margen, el siguiente paso era realizar la conversión de los puntos discretos a una curva continua que restituya la curva del registro en la que la distancia entre puntos fuera constante, es decir obtener puntos equidistantes, ya que esta característica es fundamental para el tratamiento matemático de los registros, este proceso así como se lo realizo para la curva también se lo realizo para el margen de cada imagen de cada registro, vale no olvidar que el objeto de digitalizar el margen y de pasar de estos puntos discretos a una línea continua, es para realizar las correcciones de los errores por escaneo de los registros. Este proceso implicaba realizar al mismo tiempo la eliminación de puntos erróneos de digitalización y posteriormente un suavizado de los ángulos mal descritos. El valor de la equidistancia debía ser suficientemente pequeño para no producir “aliasing” (generación de frecuencias ficticias) y para perder el mínimo posible de información, pero limitado para optimizar los procesos de cálculo. El valor elegido fue de un punto cada 20 centímetros, lo que quiere decir que para un registro de 500 metros, supone un total de 2500 puntos discretos por cada parámetro. Para la realización de este proceso se diseñaron dos tipos de interpolación de puntos, interpolación lineal (para la interpolación de los puntos del margen) y la interpolación cuadrática (para la interpolación de los puntos de la curva). Cada tipo tiene unas características distintas:

INTERPOLACIÓN LINEAL: representa el método más rápido, pero refleja excesivamente los errores de digitalización, por esa razón este proceso de interpolación es utilizado para la interpolación del margen.

INTERPOLACIÓN CUADRÁTICA: esta interpolación nos asegura que la función que se genere va a ser continua, ya que se lo realiza a todos los puntos situados a una semi-distancia de un punto digitalizado, respecto al anterior y al siguiente. Presenta una exageración en la curvatura en el caso de zonas con digitalización escasa.

2.2. Corrección de los errores del escaneado

Son errores fortuitos, ya que son provocados por la persona que realizo el escaneado. Estos errores son los siguientes: 1) La imagen no mantiene una longitud constante en ancho y largo. 2) La imagen no mantiene una horizontalidad y verticalidad.

El primer error se refiere que para ciertas secciones de una misma imagen, esta se extiende o se encoje en vertical, produciendo errores en profundidad, ya que no existe una equidistancia entre tramos de registro, ahora en lo que respecta al ancho de la imagen, esta tampoco era homogénea, en sectores de una misma imagen esta se ensanchaba o se volvía angosta, pero debido que esta diferencia era muy despreciable entre tramos de registro, no revestía de importancia su corrección, por lo que los valores del parámetro no se vieron afectados mayormente por este error de escaneo. El segundo error se refiere que para una misma imagen, esta se encontraba deformada, es decir que al momento de su escaneo esta no se encontraba debidamente centrada, verificando que se encontrase el papel recto, y consecuencia de esto la imagen se encontraba irregular, perdiendo su verticalidad y horizontalidad.

2.3. Corrección de las escalas

Todas las diagrafías presentan dos escalas diferentes, esto se refiere a que la escala del parámetro medido es diferente a la escala de la profundidad, y debido a que el Autocad solo maneja una sola escala tanto para la coordenada X como para la coordenada Y, una corrección que se hizo a los valores de los parámetros es de llevarlos a su escala original, dado que se digitalizo en la escala de la profundidad. Para realizar el ajuste de los valores a su escala original se desarrollo, tres algoritmos, ya que en las diagrafías se tenía tres tipos distintos de escalas, las cuales son: escala lineal, escala logarítmica y la escala hibrida. La escala lineal para los registros de Gamma Natural, Neutrón, Sónico, Calibre, Potencial Espontáneo y de Temperatura. La escala logarítmica para el registro Microlaterolog. La escala hibrida para el registro Laterolog 3.

La escala lineal recordemos que es una escala en la que la longitud y el valor de cada división están relacionados por un coeficiente de proporcionalidad constante a lo largo de la escala.

La escala logarítmica de base 10 recordemos que significa que cada paso o longitud en la escala representa una multiplicación de 10, esto quiere decir que un incremento de longitud de la escala no se corresponde con un incremento del valor de la magnitud sino de su logaritmo. Un problema común de todos los dispositivos de resistividad y conductividad es una escala en que se pueden leer con precesión en toda la gama de repuesta. Por un tiempo, la escala hibrida, utilizada por primera vez en la herramienta LL3, fue empleada. Esta presentaba la resistividad lineal en la primera mitad de la grilla, y la conductividad lineal sobre la última mitad. Por lo tanto, un galvanómetro puede registrar todas las resistividades de cero al infinito. Aunque un poco incómodo de usar la escala debido a las divisiones impares, la escala hibrida que proporciona aceptable sensibilidad en formaciones de baja resistividad y baja conductividad. Hoy en día, la escala logarítmica es la escala más aceptable para el registro de las curvas de resistividad. Su forma normal es un ciclo de cuatro, dividiendo la grilla tal que cubra un rango de 0.2 a 2000 ohm-m. Incluso esta serie a veces no es suficiente para que las mediciones del DLL-Rxo. Ahora estos tres algoritmos que se desarrollaron se fundamentan básicamente en ajustar los valores a una nueva escala, en donde lo que se requiere es conocer el valor máximo y el valor mínimo de los valores del parámetro para luego estos valores ajustarlos a su correspondiente valor máximo y valor mínimo de la escala original a la que se desea llevar. Para la escala lineal, se utilizaba una regla de tres simple para ajustar los valores, para la escala logarítmica se multiplica el valor por diez elevado a la relación de los valores de la escala a la cual se desea llevar por el logaritmo de la relación de estos valores. Para la escala hibrida básicamente se empleo un ajuste lineal para la sección lineal de la escala, y para la segunda sección se ajusto tomando un valor muy grande (valor que llegue al infinito) que para este caso fue 10000, de tal manera que el algoritmo pidiera un valor de cambio entre la escala lineal al paso a la escala hibrida.

Los valores de algunos registros fueron corregidos por efectos relacionados o ligados a la perforación propiamente dicha, estos efectos son muy distintos a los que se explican en el apartado 2.2., ya que no son de carácter fortuito, sino, son de carácter sistemático, vinculados al tiempo de perforación, al tipo de fluido de perforación, a la resistividad del lodo de perforación, a la configuración de la herramienta, entre otros.

2.4. Corrección del registro radiación gamma natural

La corrección consistió en encontrar el valor I_0, para esto se utilizo una ecuación cuyos parámetros se explican a continuación.

Se conocían las siguientes incógnitas,

Coeficiente de absorción másico $\mu = 0,057\ cm^{-1}$

Densidad de los distintos tipos de lodo δ, para este registro se tienen $\delta1$, $\delta2$ y $\delta3$.

Intensidad medida de radiación gamma Imedido = a los valores de la curva de radiación gamma natural.

Diámetro de la sonda d = 9.2075 cm.

Diámetro del sondeo D = a los distintos valores de diámetro del pozo tomados del calibre.

Este registro se corrió en los siguientes tipos de lodo y en los siguientes intervalos de profundidades:

$\delta_1 = 1.05\ gr/cm^3$, lodo bentonítico, desde 2 m a 2514.4 m de profundidad.

$\delta_2 = 1.09\ gr/cm^3$, lodo bentonítico, desde 2514.4 m a 3121.5 m de profundidad.

$\delta_3 = 1.23\ gr/cm^3$, lodo salado, desde 3121.5 m a 4350 m de profundidad.

Y lo que se quiere determinar es la intensidad natural de radiación I_0, por lo que de la ecuación se puede encontrar dicho valor para cada profundidad de registro, y estos son los valores finales del Gamma Natural, es decir mediante la corrección descrita los valores de radiación gamma corregidos son independientes tanto del diámetro del sondeo, como del lodo utilizado, que son los valores que finalmente se desean obtener para la interpretación cuantitativa.

2.5. Corrección del registro resistividad laterolog 3

Las medidas de resistividad en los dispositivos laterolog, al igual que en la mayoría de sondas eléctricas, se encuentran influenciadas por la resistividad del lodo, por el diámetro del sondeo, por la resistividad de las capas adyacentes y por resistividad de la zona invadida. Para la corrección de los valores por estos efectos, se han diseñado ábacos a partir de una serie de simulaciones matemáticas y análisis empíricos. La corrección que se realizo fue por efectos del sondeo. La señal en el sondeo es mayor mientras más grande sea el diámetro del sondeo y mientras más resistente sea el lodo de perforación. Los dispositivos laterolog no se los utiliza con lodos gaseosos o lodos de base de aceite los cuales tienen resistividad infinita. Cuando se presentan lodos conductivos, en la figura 1 se observa que la medida varía con la relación Resistividad laterolog 3/Resistividad del lodo (R_{LL3}/Rm), también se observa que el factor de corrección es la relación del $[(R_{LL3})_{CORR}/R_{LL3}]$, vale recalcar que la figura 1 se remite al ábaco de corrección por efecto del sondeo para un dispositivo laterolog 3.

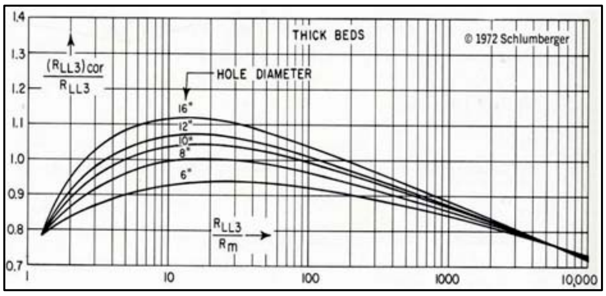

Figura 1. Ábaco para la corrección por efectos del sondeo.

2.6 Corrección del registro potencial espontáneo

La corrección de este registro se la realizo mediante la determinación de la Línea base de arcillas o Línea base de impermeables. El proceso consiste en determinar las capas impermeables, en definir el signo de la anomalía, para lo cual si $Rmf < Rw$, la anomalía es positiva, caso contrario la anomalía es negativa, finalmente al registro potencial espontáneo se resta la línea base de impermeables.

2.7 Corrección del registro de neutrones

El registro de neutrones fue corregido por diámetro del sondeo y distancia sonda-formación, mediante la ayuda del ábaco de corrección para la herramienta del GNAM de Schlumberger, que se muestra en la figura 2.

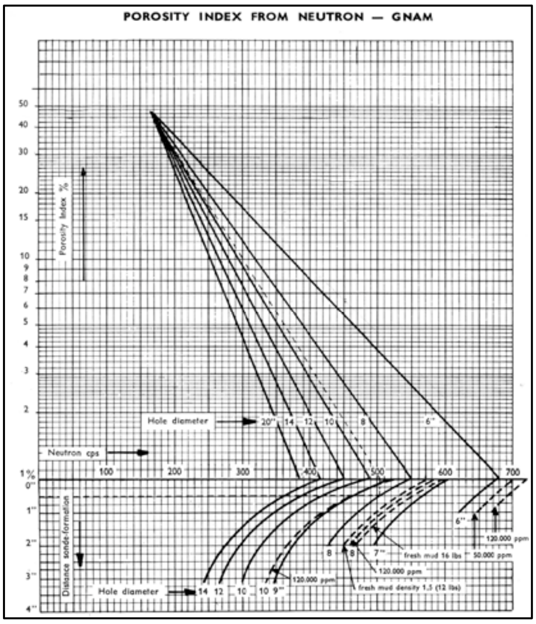

Figura 2. Ábaco de corrección para la herramienta GNAM.

3. Tramificación Litológica "Pozo Centenera 1"

De manera general a todo el sondeo se lo ha dividido en once tramos tal como se muestra en la figura 3, vale recalcar que esta asignación de tramos tiene un carácter relativo, pero la zonación hecha tiene corroboración con la geología de la zona y con los informes hechos en el cierre de este pozo.

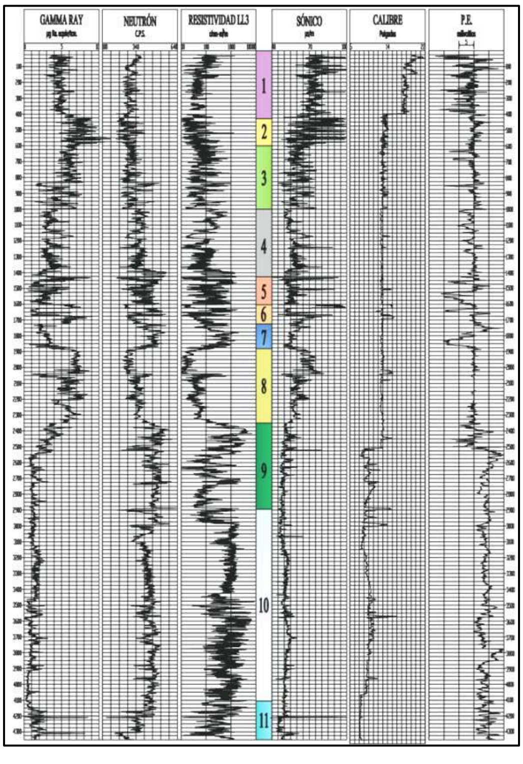

Figura 3. Zonación litológica.

Tramo 1 (25 - 430m): presenta de manera general intercalaciones de origen detrítico, básicamente arcillo-arenosas, con pasadas de litologías de origen bioquímico, y a su vez también una litología mixta (detrítico y químico), que de acuerdo a la geología dentro de este primer tramo se tiene intercalaciones de arenisca y arena media a gruesa, conglomerados de clastos de caliza, areniscas de grano fino, margas finas, calizas arcillosas y entre otros.

Tramo 2 (430 – 600 m): esencialmente es arcilloso, pero evidentemente presenta intercalaciones detríticas y mixtas, es decir presencia de arenas, margas y calizas arcillosas, según la geología.

Tramo 3 (600 – 1000 m): tramo de origen detrítico, con intercalaciones mixtas, como arcillo-arenoso, margoso y calcáreo detrítico, litológicamente se tratan de intercalaciones de arenisca de grano medio a grueso de cemento calcáreo, calizas, margas, arcilla calcárea arenosa, arenisca arcillosa, caliza arcilla arenosa.

Tramo 4 (1000 - 1431 m): se trata de litologías bioquímicas a detríticas, pero lo detrítico en más baja proporción, litológicamente se distinguen dos litologías generales una arcillo-calcáreo y netamente calcárea, que según la geología dentro de este tramo se tiene intercalaciones de caliza arenosa, marga calcárea, caliza arcillosa, caliza.

Tramo 5 (1431 – 1604 m): este tramo es menos arcilloso que el tramo anterior, por lo que la proporción de material detrítico es bajo en relación al bioquímico, y este análisis concuerda con la información geológica. Este tramo presenta horizontes margosos, caliza arenosa y dolomía.

Tramo 6 (1604 – 1725 m): este tramo tiene todas las características para ser considerada como sello o cobertera, aquí se tiene un porcentaje de arcillas del 50% aproximadamente, y presenta hacia el tope, litologías netamente impermeables y no existe fracturas, o algún tipo de estructura geológica posterior a la sedimentación que provoque permeabilidad, litológicamente se trata de materiales bioquímicos y mixtos, como margas y calizas, pero hacia la base de acuerdo a la interpretación de las digrafías se trata de un material detrítico, duro y compacto, que de acuerdo a la geología se trata de arenisca de granos fino con cemento calcáreo.

Tramo 7 (1725 - 1882 m): en este tramo se observa hacia el tope una serie detrítica, y hacia la base una serie química, que de acuerdo a la geología de la zona se trata de una serie areniscosa y una caliza respectivamente. Las zonas donde se dan las resistividades más elevadas son aquellas en que la formación es productora de agua dulce, acorde a lo que la literatura indica.

Tramo 8 (1882 – 2350 m): este tramo es claramente una zona en donde la sedimentación detrítica se encuentra en mayor proporción que la química; Este tramo se lo puede interpretar como una serie margo-arenosa, por lo que constituye una buena cobertera impermeable, esta sedimentación detrítica no ha sido favorable para el desarrollo de seres vivos, no pudiendo pues haber generado hidrocarburos.

Tramo 9 (2350 - 2896 m): se trata de manera general de una caliza con zonas fracturadas, y en los primeros 105 m en el intervalo de 2350 a 2458 m se trata de serie areniscosa con fisuración vertical, evidentemente en concordancia con la geología de la zona. La serie areniscosa (2350-2458 m) es generalmente compacta, pero en ciertas zonas no lo es, presenta fisuración vertical. Un segundo sector dentro de este noveno tramo es el comprendido de 2458 a 2896 m, que junto con el sector que se explica en el párrafo anterior no pueden ser separados, por poseer características muy parecidas.

Tramo 10 (2896 - 4105 m): muestra litológicamente la presencia impermeables, que de acuerdo a la geología se trata de caliza grumosa a guijosa, cuarzos esparcidos a finamente arenosa, silicificación parcial, nódulos de sílex, caliza guijosa a gruesamente guijosa, organógena, caliza arcillosa, cuarzos esparcidos o finamente arenosa, caliza ferruginosa.

Tramo 11 (4105 - 4350 m): litológicamente se trata de materiales impermeables tanto detríticos como también químicos, constituye hacia el tope intercalaciones de caliza, arcillas y arenas finas, una zona puntual es dolomía, y en la base corresponde a un conjunto compacto pero fisurado de ofitas con sedimentos más o menos metamorfizados con fracturas rellenas de dolomías y anhidrita, y en la base se tiene ofitas masivas.

4. Asignación litológica e interpretación de paquetes

Este primer análisis cuantitativo básicamente consistió en determinar el valor de cada parámetro medido por la sonda respectiva a cada paquete interpretado, para con estos valores asignarles una litología a cada paquete. Es importante mencionar que el tope y muro de cada paquete fue interpretado cualitativamente, correlacionando el comportamiento y tendencias de los registros.

La figura 4 muestra la interpretación de los paquetes en el tramo 9, siendo este el de mayor interés hidrocarburífero.

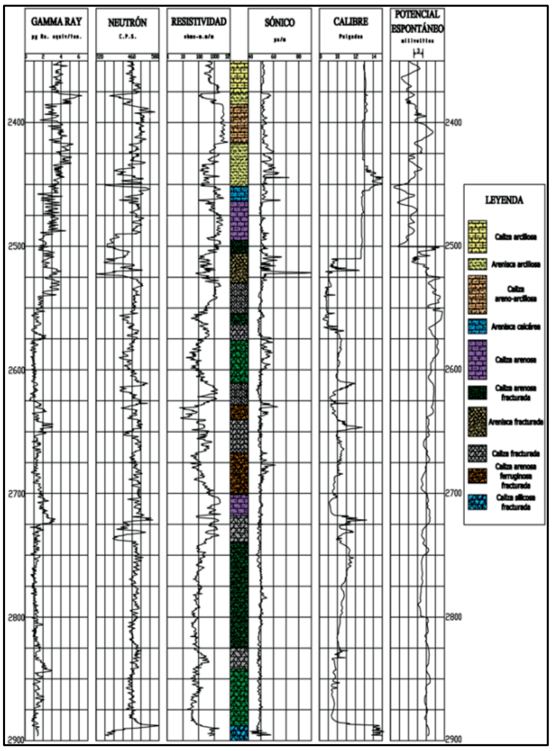

Figura 4. Paquetes litológicos.

5. Crossplot sónico-neutrón

El objeto de realizar el crossplot sónico-neutrón, es para determinar y distinguir las diferentes litologías que se encuentran en la zona de análisis (tramo 9), pero si se quiere ser más preciso en la definición del objetivo, sería para determinar la litología y la porosidad.

El proceso para realizar el crossplot fue el siguiente:

Tomando las diagrafías de la zona, se interpreta la mayor cantidad capas, de tal manera que sea pueda obtener una nube de puntos lo suficientemente necesaria para distinguir los distintos grupos correspondientes a las distintas litologías, se debe cuidar de tomar la siguiente combinación de valores de tiempo de tránsito y de índice de neutrones, es decir buscar capas que cumplan:

Sónico alto con Neutrón alto; Sónico bajo con Neutrón bajo; Sónico alto con Neutrón bajo; Sónico bajo con Neutrón alto.

Para este caso, para este análisis se interpretaron 162 capas, por lo que se obtuvo 162 puntos, y de esto 4 grupos bien definidos, correspondientes a 4 distintas litologías.

6. Resultados obtenidos

La figura 5 muestra el crossplot sónico-neutrón, en donde se observa los cuatro grupos litológicos, correspondientes a: Caliza fracturada, Arenisca arcillosa, Caliza arcillo-arenosas y Arenisca fracturada.

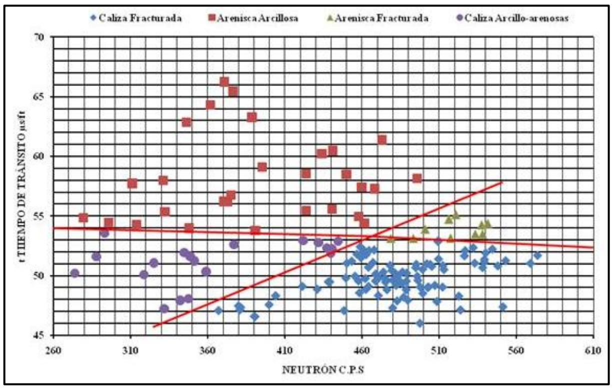

Figura 5. Gráfico cruzado sónico-neutrón.

7. Discusión de los resultados

De acuerdo a lo que se ha expuesto los resultados que se han obtenido, surgen del tratamiento de los datos de las diagrafías que se han obtenido, el hecho de partir este trabajo con unos registros muy mal escaneados y de ellos llegar mediante las distintas correcciones a obtener unas diagrafías útiles para un trabajo de magnitudes importantes, ya es un gran resultado y logro, como sobre todo que es un aporte nuevo y bueno a la investigación, y a la renovación de información antigua.

Por otro lado la propuesta de un tramo litológico de interés hidrocarburífero, que se llego a esa conclusión por las razones ya expuestas, pero que ameritan en este capítulo un nuevo análisis. Se tomo este tramo como el más interesante, ya que allí se tenía rocas con porosidad y permeabilidad secundaria, determinadas por el análisis del registro del calibre, se trata de un tramo detrítico con características bioquímicas, sobre dicho tramo se encontraba un tramo definido que presenta características de impermeabilidad por lo que se puede pensar que dicho tramo puede servir de cobertera o sello, además por información de los estudios pasados, se tenía referencia que las zonas de indicios de gaseosos, se encontraban en zonas de fracturación y fisuración, esto alentaba a proponer este tramo como de interés. Con un análisis cuantitativo se supo que este tramo tenía un porcentaje de arcillas de un 15% a 17%, este fue otro muy fuerte motivo para ver dicho tramo más atractivo que los demás, por todas razones se tomo como resultado del tramo de mayor interés al tramo 9.

Como parte del siguiente trabajo se interpreto paquetes litológicos del tramo escogido como interesante, se interpretaron 21 paquetes, la interpretación para definir tope y base de cada paquete fue hecha por correlación y análisis cualitativo de los registros en la zona de interés, pero para la asignación litológica del paquete, se lo hizo con la ayuda de los valores de los parámetros de cada paquete más el comportamiento de las curvas, de tal manera que así se obtuvo la litológica que se muestra en la tabla 9-1, evidentemente con el conocimiento previo de la geología de la zona y de esa profundidad, para así tener una idea de los que se puede esperar, que como ya se menciono en párrafos anteriores, pues que se tratan de materiales detríticos con presencia de calizas. Es importante mencionar que la asignación litológica no fue de ningún modo tarea fácil, por la ambigüedad que se tiene al definir litologías que no son limpias.

Junto a esto también se propuso los paquetes, que a través del análisis del autor, presentaban gas, y que por características litológicas y estructurales, se las definió como rocas reservorios, también a su vez se propuso paquetes que contenían gas, pero que debido a no presentar una litología favorable para ser roca reservorio, no es de mayor importancia de cara a la producción.

Finalmente para concluir este capítulo se debe tratar acerca del crossplot sónico-neutrón (litología-porosidad), con el cual se pretendía distinguir las litologías presentes en el tramo. De las capas que se interpretaron se obtuvieron cuatro grupos, uno más marcados que otros, pudiendo así distinguir cuatro posibles litologías más predominantes en el tramo

8. Conclusiones y recomendaciones

En este trabajo se ha descrito el procesamiento básico que se lleva en un estudio de diagrafías; al mismo tiempo se descrito la situación geológica e hidrocarburífera de la zona en donde se encaja el sondeo y sea propuesta una nueva columna litológica del pozo. De acuerdo al trabajo realizado y a los resultados obtenidos, se puede concluir lo siguiente:

El objetivo general del proyecto se lo ha logrado cumplir, se ha definido cinco paquetes con contenido de hidrocarburo (gas seco), de los cuales tres son muy atractivos por presentar una porosidad y permeabilidad secundaria y un espesor que dependiendo de la situación de ese instante puede ser muy rentable, y los otros dos paquetes no se los considera de mayor atracción por presentar un contenido más elevado de arcilla.

Los objetivos específicos han sido cumplidos a cabalidad, obteniendo unos registros corregidos y útiles para cualquier trabajo que implique su estudio, una columna de zonación litológica con su respectiva leyenda, una columna litológica del tramo hidrocarburífero además de determinar el valor de cada parámetro medido por la sonda respectivo a cada paquete, y finalmente la distinción de cuatro posibles distintas litologías dentro de esta zona, mediante la interpretación de capas para el crossplot sónico-neutrón.

Se concluye que efectivamente el pozo contiene formaciones con contenido gasífero, y que dichas formaciones lo constituyen materiales de la base del Senoniense superior.

Las formaciones reservorios son esencialmente calizas fracturadas, existiendo una correspondencia con el yacimiento gasífero de Aquitania en Francia.

La optimización de las diagrafías.

La comprobación de la zona de interés, la optimización de la columna litológica del pozo.

Este estudio queda abierto a líneas futuras y se ponen en manifiesto las siguientes recomendaciones:

Partir de mejores materiales de los que se utilizaron.

Intentar trabajar con programas exclusivos de digitalización de diagrafías.

Obtener mayor información relacionado al pozo y a la zona.

Obtener mayor información relacionado al tratamiento de ábacos de corrección y en general de tratamiento de diagrafías.

9. Agradecimientos

Deseo expresar mi agradecimiento a todas y cada una de las personas e instituciones, que han colaborado y hecho posible el desarrollo y culminación de este artículo.

A mi Dios Todo Poderoso, por haber estado conmigo en los mejores y más difíciles días que duró este trabajo.

A mi tutor profesor Jesús María Díaz Curiel, por su siempre atenta, valiosa ayuda en el desarrollo de este proyecto, como sus sugerencias e indicaciones que han mejorado el aspecto técnico del texto, con el que ha demostrado una paciencia casi infinita y sapiencia única.

Un agradecimiento muy especial al Dr. Alfonso Maldonado Zamora, quien gracias a su siempre apoyo y gestión se ha podido poner en ejecución el presente trabajo.

A María de Lourdes Lara por su ayuda generosa.

Y no podía faltar mi especial y eterno agradecimiento a mi amada familia; padre, madre y hermanos.

10. Referencias

1. DÍAZ CURIEL, J. M. (1999-2000): Teoría y Práctica de la Prospección Geofísica.

2. FUN-SANG, B. (2004): Estudio del efecto histéresis en el almacén subterráneo de gas gaviota mediante la aplicación del código eclipse-100, ETSI minas-ESPOL (Ecuador), Madrid.

3. INFORME DE ACTIVIDAD DEL POZO CENTENERA 1: Estudio Técnico, Resultados Geológicos y Petrolíferos, Archivo técnico de hidrocarburos.

4. INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA. (1984): Contribución de la exploración petrolífera al conocimiento de la Geología de España.

5. SCHLUMBERGER. (1987): Log Interpretation Principles/Applications.

6. SCHLUMBERGER EDUCATIONAL SERVICES. (1990): Schlumberger Historical Charts. Houston (Texas), USA.

7. SERRA, O. (1972): The Acquisition of Logging Data. Tomo1.

8. SERRA, O. (1972): The Interpretation of Logging Data. Tomo2.