Testificación geofísica en granitos

Logging in granites

E. Aracil Avila

CGS. Corazón de María, 15. 28002-Madrid

ABSTRACT

In this paper we analyze fractures with logs performed in deep wells in granitic rocks. We explain the methodology followed for determining these fractures and their characteristics: clay content, fluid content, closed or open fractures, etc.

Key words: *log, granite, fracture.*

Geogaceta, 16 (1994), 58-60
ISSN: 0213683X

Introducción

Las formaciones permeables, por su interés hidrogeológico y petrolero se han estudiado mucho a partir de los registros geofísicos. Sin embargo, el conocimiento que se tiene de las formaciones cristalinas con estas herramientas, al no constituir acuíferos o almacenes de petróleo, es mucho menor, ya que las perforaciones y la testificación geofísica son menos frecuentes.

La posibilidad de contar con registros geofísicos realizados en sondeos muy próximos (con profundidades comprendidas entre los 250 y 600 m) perforados en formaciones graníticas en el centro de la Península ha facilitado el análisis de las fracturas desde el punto de vista geofísico.

Para ello se ha empleado el equipo digital de testificación geofísica CENTURY COMPULOG III dotado de un programa de tratamiento de diagrafías denominado PCL. Con este programa, junto con el de gabinete (denominado ACL), se han realizado análisis y cálculos multinuméricos que han permitido distinguir tramos de fracturas de tramos de granito sano y, también, determinar una serie características para diferenciar individualmente las fracturas. Los resultados obtenidos permiten caracterizar las fracturas tanto por tramos como de manera individual. Este trabajo constituye una presentación resumida de los trabajos que se están desarrollando durante los dos últimos años.

Identificación de fracturas en los Logs

Las fracturas identificadas en las diagrafías han sido comprobadas con los testigos continuos que se han extraido. La correspondencia entre las fracturas de los testigos y las interpretadas en las diagrafías da una gran fiabilidad al tratamiento de los datos que aquí se expone.

Las fracturas se presentan de diversa manera: anchas y estrechas, aisladas y agrupadas, selladas y abiertas, con contenido en arcillas y limpias. Mediante los registros se han tratado de discernir unas de otras empleando para ello los registros geofísicos más adecuados para cada caso en particular.

Los registros empleados en la identificación y análisis de las fracturas se detallan a continuación junto con el comportamiento que experimentan ante la presencia de fracturas: Radiactividad Natural (aumenta por el contenido en arcillas), Resistividad Focalizada MG, Resistividad Normal 16" y 64" y Resistencia Monoelectródica (disminuyen estos cuatro registros), Potencial Espontáneo (el fluido dulce de las fracturas provoca una deflexión de la curva hacia la derecha), Resistividad del

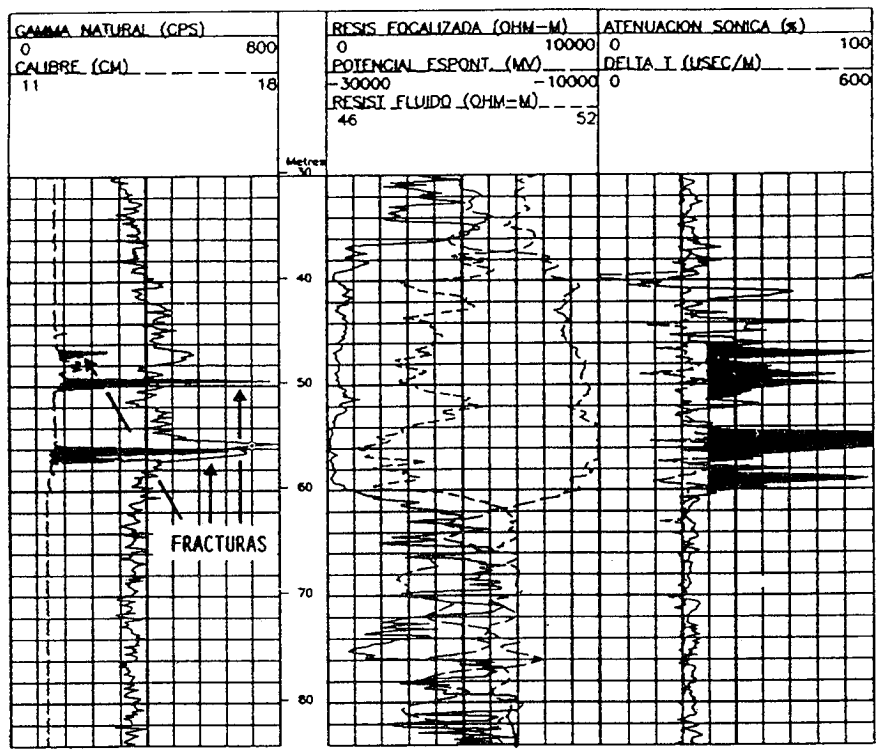

Fig. 1.— Determinación de fracturas mediante la combinación de registros geofísicos.

Fig. 1.— Fracture determination from logs.

Fluido (aumenta por entrada de agua al pozo), Calibre (aumenta), Atenuación de las ondas sonoras (aumenta), Sónico (disminuye la velocidad de las ondas sonoras).

Análisis de fracturas

El análisis realizado a las fracturas en las diagrafías se puede describir en tres apartados: análisis puntual, análisis bidimensional y análisis tridimensional.

Análisis Puntual: Se refiere al estudio de las fracturas a partir se su «lectura» en las diagrafías. Para ello se han combinado los registros correspondientes de cada sondeo con el fin de conocer con el mayor número de parámetros posible, las respuestas que dan las fracturas de los granitos (Figura 1).

Dentro de este tipo de análisis, en primer lugar, destaca la determinación del contenido en fluidos: al analizar las fracturas en las diagrafías se aprecia un aumento en la Resistividad del Fluido y una deflexión en el Potencial Espontáneo hacia la derecha. En segundo lugar, el contenido en arcillas: la radiactividad natural experimenta un aumento localizado e importante en la cotas donde se identifican fracturas con relleno arcilloso.

Análisis Bidimensional: Se refiere al estudio de las fracturas mediante la realización de «cross-plots», para fracturas individuales, y de croscorrelaciones, para tramos de fracturas y de granito sano.

Por lo que respecta al análisis por «cross-plots», es decir, a partir de las correlaciones entre los valores de todas las cotas de dos registros determinados (diferentes según el caso a analizar), se ha hecho diferenciando las cotas correspondientes a fracturas y a granito sano y el gráfico que se obtiene refleja las relaciones entre los dos parámetros según se trate de un caso u otro.

Una de las características diferenciadoras de las fracturas individuales consiste en determinar el contenido en arcillas. En los «cross-plots», aparte de con el análisis puntual, se diferencian con el calibre las fracturas que contienen arcilla (valores altos de Radiactividad Natural) de las que no contienen (valores de Radiactividad Natural similares a los del granito sano).

Otra característica se refiere a fracturas abiertas y cerradas. En los «cross-plots» entre Radiactividad Natural y Atenuación Sónica se distinguen las fracturas abiertas (valores altos de Atenuación Sónica) de las cerradas (valores de Atenuación Sónica similares a los del granito sano).

Cuando se trata de analizar el comportamiento del granito en los tramos fracturados y su comparación con los tramos del sondeo que atraviesa granito sano, se ha seguido otra metodología: el análisis bidimensional de fracturas con croscorrelaciones realizadas entre todos los registros de un mismo sondeo de manera automática a partir de los registros en formato de fichero ascii. Con ello se obtienen gráficos de barras que reflejan el grado de correlación o correspondencia entre cada uno de los registros consigo mismo y con los demás.

Con esta metodología se obtienen matrices de correlación en las cuales el valor 1 es correlación total (cuando se correlaciona un registro consigo mismo) y el valor 0 es no correlación (cuando un

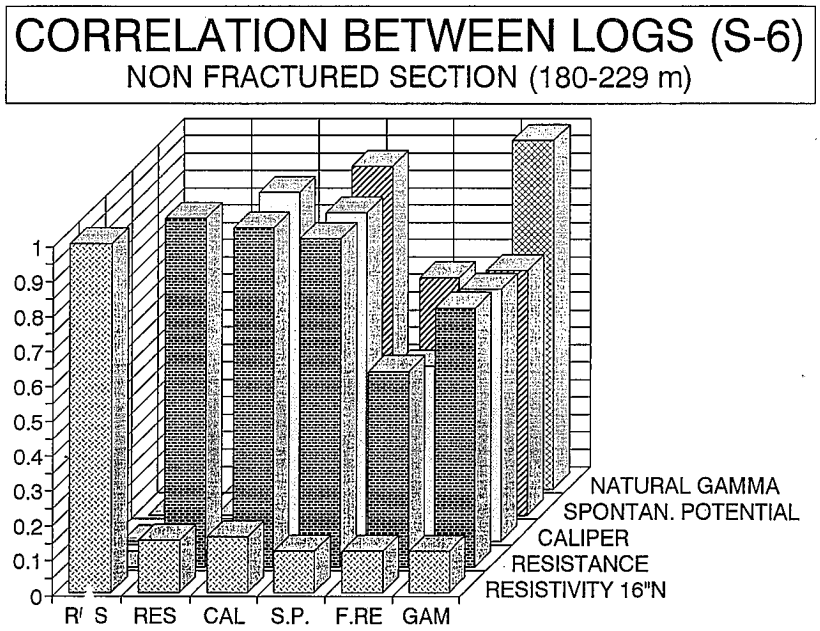

Fig. 2.— Correlación entre registros. Tramo de granito sano.

Fig. 2.— Correlation between logs. Non fractured section.

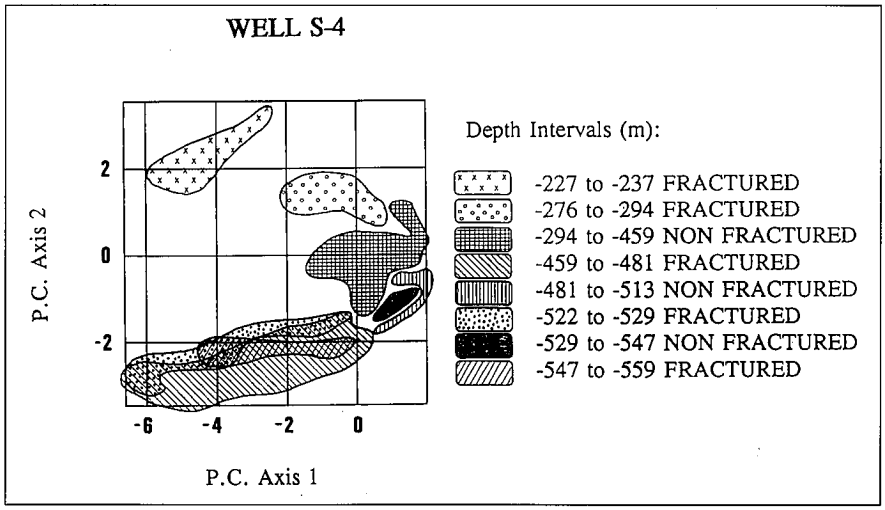

Fig. 3.— Análisis de Componentes Principales.

Fig. 3.— Principal Components Analysis.

registro no guarda relación con otro en ningún momento).

Cuando se trata de tramos de granito sano (Figura 2), más frecuentes a mayores profundidades, las correlaciones entre registros suelen presentar valores altos de correlación debido a que todos estos registros están respondiendo a los mismos factores (granito sano). Cuando son tramos de granito fracturado, más frecuentes hacia superficie, los valores de correlación son sensiblemente menores debido a que entran a formar parte factores diversos: presencia o no de fluidos, contenido en arcillas, sellado o no de fracturas, etc y éstos múltiples factores se reflejan en los distintos registros.

Análisis Tridimensional: Se ha definido así al Análisis de Componentes Principales (PCA). Muchos registros diferentes realizados en un sondeo definen una matriz de datos multivariantes. El PCA se ha empleado para diferenciar las dos «texturas» del granito analizadas en este trabajo: fracturado y sano. Esto permite determinar qué registros definen los ejes principales de distribución de los tramos de granito fracturados y de granito sano y cómo estos tramos se distribuyen en función de estos ejes.

Los análisis realizados en un sondeo presentan un Eje 1 definido por un gradiente de Potencial Espontáneo-Resistividad. Los tramos de granito sano aparecen concentrados y hacia la derecha (alta resistividad y bajo potencial espontáneo). Los tramos de granito fracturado se presentan dispersos y hacia la izquierda debido a varios factores: presencia o no de fluidos, de arcillas, etc. El Eje 2 indica cambios en la Resistividad del Fluido con la profundidad: alta resistividad en los tramos fracturados superficiales (indicando circulación de aguas meteóricas) y baja resistividad en los profundos (aguas más «viejas», más mineralizadas) (Figura 3).

El mismo tipo de análisis se ha aplicado en otros sondeos y se han obtenido resultados muy parecidos.

Conclusiones

Las fracturas pueden ser identificadas en los registros de sondeos perforados en granitos de manera feaciente y contrastada. Su caracterización de manera individual y/o agrupadas en tramos puede hacerse de varias maneras con el empleo de estos registros y mediante croscorrelaciones y Análisis de Componentes Principales.