



Nuevas capacidades para describir la geometría de las fracturas hidráulicas disponibles en la Argentina

Por **Jorge Souza**
Baker Atlas

Una cantidad muy importante de los reservorios productores de hidrocarburos de la Argentina necesita algún tipo de estimulación para mejorar sus características de productividad. Es por esto que la fracturación hidráulica ocupa un papel fundamental en la puesta en producción de gran cantidad de los pozos que se perforan en las diversas cuencas, incluidos aquellos que tienen como objetivo los niveles de tight gas, en los que están centrando su atención muchas empresas productoras.

La fracturación hidráulica es un tipo de estimulación que mejora las capacidades de flujo de una roca, aumentando así su productividad. Esta técnica es utilizada tanto en rocas cuya capacidad original de flujo es baja, como en aquellas en las cuales la permeabilidad original resultó disminuida durante la perforación y terminación del

pozo, y se necesita remediar los daños causados para obtener una producción económicamente rentable.

El procedimiento típico para una fracturación hidráulica consiste en el bombeo hacia la zona a fracturar de una cierta cantidad de fluido, a un caudal y presión suficientes para vencer la resistencia de la roca y así fracturarla. El fluido consiste habitualmente en algún tipo de gel especialmente formulado, y arrastra un material sólido llamado "proppant" o agente de sostén, cuya función es mantener abiertas las fracturas generadas por el fluido a presión. El agente de sostén es un tipo de arena, o similar, de granos esféricos de tamaño cuidadosamente seleccionado para la dimensión deseada de las fracturas.

El éxito del trabajo de fracturación hidráulica es fundamental para la puesta en producción del pozo; esta técnica, que involucra la utilización de equipos y personal altamente especializados, puede representar la operación de mayor costo en la terminación del pozo y por lo tanto exige una planificación muy detallada, normalmente llevada a cabo en un trabajo conjunto de la compañía productora y la compañía de servicios a cargo de la fracturación.

El conocimiento de la geometría de las fracturas generadas tiene un impacto directo en los programas de desarrollo de un yacimiento, por una parte validando los parámetros con que se diseñó la fractura, y además optimizando el grillado y espaciado de las futuras perforaciones, tanto para producción como para inyección.

Varias operadoras han comenzado a utilizar en la Argentina los servicios de microsísmica, particularmente adecuados para el estudio de la geometría de las fracturas hidráulicas, permitiendo una completa descripción en 3D de su forma, posición y dimensiones, y su desarrollo y crecimiento a través del tiempo. La microsísmica utiliza sensores sísmicos, usualmente geófonos triaxiales, que se bajan a un pozo mediante un cable de perfilaje como cualquier otro servicio de wireline. Los geófonos detectan las perturbaciones generadas por los microsismos provenientes de las operaciones de fracturación. Con un posicionamiento adecuado, y utilizando las técnicas de interpretación especialmente desarrolladas para estos análisis, puede determinarse la ubicación de esos eventos, proporcionando así valiosa información sobre la geometría 3D de la fractura.

Los geófonos pueden disponerse en un pozo de observación vecino al pozo a fracturarse, o incluso en el mismo pozo; sin embargo, y de acuerdo con las características de cada trabajo, puede diseñarse un arreglo de geófonos en pozos testigos de menor profundidad, a una cierta distancia del pozo a estimularse, e incluso puede realizarse un tendido de geófonos en superficie, de modo similar a una adquisición de sísmica 3D.

Planificación y diseño de una adquisición de microsísmica

Los proyectos de microsísmica se preparan y diseñan para optimizar los resultados. El diseño incluye el estudio de los parámetros de la fracturación a realizarse, y el análisis del modelo estructural y el campo de velocidades del área. Con esta información, se seleccionan las alternativas de adquisición que mejor se adecuen a las condiciones

presentes en el yacimiento, y se proponen las opciones que pueden incluir geófonos bajados con cable al pozo a recibir el tratamiento, a un pozo de observación, a un grupo de pozos someros distribuidos en el área, un arreglo de sensores de superficie, o una combinación de varios de estos métodos.

Para el juego de geófonos bajado con cable debe realizarse una serie de comprobaciones para verificar que el experimento puede realizarse con éxito; así, en el caso de pozos desviados, se modelan las carreras de bajada y subida, calculando las tensiones presentes sobre el cable en cada caso. Para el caso de que la sarta de geófonos se baje al mismo pozo a ser fracturado, resulta muy importante determinar la fuerza de arrastre que el alto caudal de fluido, durante la fracturación, generará por rozamiento sobre el cable, y sobre los sensores, si éstos quedan posicionados por encima de los punzados que se usarán para la estimulación.

Asimismo, se debe evitar la erosión que puede causar el fluido, a elevado caudal, impactando en superficie continuamente sobre el mismo punto del cable, inmóvil y con los geófonos ya fijados en la posición seleccionada; a tal fin se utilizan cabezas especialmente diseñadas para este trabajo.

Otras consideraciones de importancia son los dispositivos de control de presión en boca de pozo, y procedimientos especiales a observarse durante el servicio, particularmente el dispositivo de silencio durante el tiempo de registro de los eventos sísmicos, para mejorar la relación señal/ruido de los datos que se tomen, y la coordinación de los trabajos simultáneos con otras compañías de servicio en operación en la locación.

Como siempre, los procedimientos para garantizar la seguridad son prioritarios, y exigen un análisis de riesgo detallado para cada una de las tareas previstas. La complejidad de los procedimientos de seguridad son debidos no sólo al tipo de trabajos que se realizan, sino también a la necesidad de coordinar las operaciones de las diversas dotaciones de personal de compañías de servicios y de la operadora del campo. No es infrecuente que el supervisor y autoridad máxima de seguridad on-site deba establecer las reglas generales para el accionar de varias decenas de operarios y especialistas de varias compañías de servicio, operando al mismo tiempo cada grupo y siguiendo normas propias previamente consensuadas con el supervisor de seguridad, para un desarrollo armónico y sin riesgo de las maniobras previstas.

La ejecución de los trabajos de microsísmica

La etapa de realización de operaciones de microsísmica puede variar según las características del diseño seleccionado para el trabajo. Describiremos en esta nota una posible alternativa, la de registrar mediante geófonos corridos en un pozo de observación vecino al pozo a fracturar. El distanciamiento entre los dos pozos no debe ser mayor a unos pocos cientos de metros; la limitante es la relación señal/ruido con que se deben tomar los datos.

Una unidad de cable baja un arreglo de geófonos de pequeño diámetro y de respuesta extendida en frecuen-

cia. Típicamente consiste en un grupo de 4 a 12 sensores triaxiales, separados entre sí una distancia adecuada para lograr el largo de "antena" modelado para el caso. Estas herramientas cuentan con un digitalizador que envía las señales a superficie en modo de pulsos.

Los geófonos se bajan a una profundidad similar a la de la zona a fracturarse, siguiendo también las pautas de diseño respectivo, y se fijan sobre el casing del pozo observador. Luego se procede a establecer su orientación, ya que el posicionamiento de los ejes horizontales es fundamental para establecer el origen de los eventos que se detecten. Para orientar los geófonos se usa habitualmente el disparo de los cañones con que se punza la zona a fracturar, en el pozo que recibirá el tratamiento; de todas formas, esta orientación suele ser confirmada mediante fuentes de energía en superficie; normalmente se utilizan vibros en diversas posiciones alrededor de la locación. Asimismo, el disparo del punzado puede utilizarse para refinar el modelo de velocidades en el área de la fractura.

Cuando todo está dispuesto, y una vez iniciado el procedimiento de silencio, es usual el registro del nivel de ruido durante varias horas para verificar que las condiciones son las adecuadas. Se procede entonces al punzado y la orientación de geófonos para dar inicio luego a la fracturación, siempre bajo el operativo de silencio, para mejorar los datos. El registro dura habitualmente un par de horas, mientras se mantiene la presión alcanzada, para luego aliviar ésta y completar la toma de datos digitales.

Al final del registro se vuelve a realizar el procedimiento de orientación de los geófonos, esta vez sólo con vibros para verificar la estabilidad del posicionamiento de las herramientas.

En casos más complejos, en los que se utiliza más de un sistema de monitoreo microsísmico, es necesario sincronizar los registros provenientes de cada uno de ellos. A tal efecto, se utilizan marcas de tiempo generadas por GPS, las que se graban en el encabezamiento de cada archivo de datos sísmicos.

Procesamiento y resultados de los trabajos de microsísmica

En la misma locación, y en tiempo real, se realiza un control de calidad para asegurar la validez del dato obtenido. Se procesan luego los datos en los centros de geociencias más cercanos, y en el plazo de un par de días se entregan resultados preliminares que incluyen no sólo la ubicación espacial 3D alrededor del pozo de los eventos registrados como resultado de la fracturación, sino también la secuencia temporal de microsismos con la ubicación de cada uno de ellos.

En un plazo que varía según el tipo de estudio y análisis solicitado, se obtienen los datos finales, que son discutidos y presentados al cliente por los especialistas de microsísmica.

Este tipo de datos, virtualmente 4D al adicionar la variable tiempo a la geometría de los microsismos analizados, es una información de gran valor para la compañía dueña de los yacimientos, pues representa una imagen real y no modelada de las características de la fractura realizada. Por lo tanto, permite ajustar los parámetros utilizados para el diseño original del trabajo de estimulación, de modo que el diseño represente más fielmente la respuesta real de campo. A su vez esta optimización de los modelos de fracturas permitirá aplicar más eficientemente esas técnicas de estimulación en otras áreas del yacimiento de similares características, con una más precisa utilización de recursos, tanto para ahorro de costos de fracturación, como para un mejor resultado de la estimulación de los pozos.

De este modo, el monitoreo microsísmico resulta un auxiliar fundamental para planificar el desarrollo y posibilitar la mejor producción de yacimientos que requieren fracturación hidráulica; sus ventajas son cada vez más apreciadas por productoras de todo el mundo y ahora, también, de la Argentina. ■

Jorge Souza es Geocientista Senior de Baker Atlas.



The banner features a green curved top border. Below it, there are three distinct images: a row of young trees on the left, a tall drilling rig in the center, and several large white industrial storage tanks on the right. Overlaid on these images are three dark blue rectangular boxes containing the words "Creemos", "Invertimos", and "Crecemos" in white serif font. In the top right corner, there is a small green square logo with a white stylized 'M' shape, and below it, the word "Medanito" in a bold, sans-serif font. At the bottom of the banner, a dark green horizontal bar contains the company's contact information in white text.

Creemos **Invertimos** **Crecemos**

Av. Pasco Colón 439 4to. Piso - (54) 11 5167-0700 - info@medanito.com.ar - www.medanito.com.ar