

## Fracturamiento hidráulico mediante disparos y redisparos

Xenia Judit Berttolini Villagómez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Ingeniera geofísica. Gerencia de Innovación Tecnológica Titanium Integral – Blvd. Manuel Ávila Camacho 1903 int. 600-A, Ciudad Satélite, Naucalpan de Juárez, Estado de México C. P. 53100. Correo electrónico: berta\_11097@hotmail.com.*

### RESUMEN

En el sector energético, la industria petrolera lleva a cabo diferentes procesos que permiten la extracción eficaz y eficiente de los hidrocarburos en el subsuelo, entre los más importantes se encuentran las operaciones de perforación que superan los 7000 metros de profundidad con tuberías de diferentes características sometidas a condiciones adversas como altas temperaturas, esfuerzos compresivos, longitudinales, axiales, entre otros. Este caso de estudio se basa en el comportamiento registrado del pozo B11 ubicado al sureste de México, en el estado de Tabasco, dentro de la cuenca salina de istmo, limitada por la cuenca de Comalcalco y los plegamientos de Chiapas; el pozo presentaba una baja en la producción comercial de hidrocarburos con una medición inicial de 21 bls de aceite sin presencia de agua, por lo que se realizó una reparación mayor sin equipo a través de la ampliación y disparos de nuevos intervalos en el pozo mediante el fracturamiento hidráulico, una técnica de estimulación de pozos con baja producción para aumentar la extracción de hidrocarburos almacenados en las distintas formaciones geológicas del subsuelo. Durante la

operación, el agua a presión es mezclada con productos químicos y un material apuntalante para ampliar las fracturas existentes, la mayor parte de los productos químicos inyectados al pozo permanecen en la formación mientras que una pequeña parte se pierde al extraer el hidrocarburo.

### ABSTRACT

In the energy sector, the oil industry carries out different processes that allow the effective and efficient extraction of hydrocarbons in the subsurface, the most important of which are drilling operations that exceed 7000 meters in depth with pipes of different characteristics, which are subjected to adverse conditions such as high temperatures, compressive, longitudinal, axial forces, among others. This study case is based on the recorded behavior of well B11 located in the southeast of Mexico, in the state of Tabasco, into the Salina de Istmo basin, limited by the Comalcalco basin and the Chiapas folds; the well had a drop in commercial hydrocarbon production with an initial measurement of 21 bls of oil without the presence of water, so a major repair was carried out without equipment through expan-

sion and shots of new intervals in the well through hydraulic fracturing, which is a technique for stimulating wells with low production to increase the extraction of hydrocarbons stored in the different geological formations of the subsurface. This technique consists of the injection of water, sand and chemical additives under pressure, to the point of overcoming the resistance of the rock and the minimum in situ stress of the formation of interest to the point of opening a controlled fracture in the hole bottom. During operation, pressurized water is mixed with chemicals and a proppant material in order to expand the existing fractures, most of the chemicals injected into the well remain in the formation while a small part is lost when the hydrocarbon is extracted.

**Key words:** fracking, refracturing, stimulation, extraction of hydrocarbons.

## RESUMO

No sector da energia, a indústria petrolífera realiza diferentes processos que permitem a extração eficaz e eficiente dos hidrocarbonetos do subsolo, sendo o mais importante as perfurações que ultrapassam os 7.000 metros de profundidade com tubos de diferentes características. condições como altas temperaturas, forças compressivas, longitudinais, axiais, entre outras. Este estudo de caso é baseado no comportamento registrado do poço B11 localizado no sudeste do México, no estado de Tabasco, na Bacia Salina de Istmo, limitado pela Bacia Comalcalco e as dobras de Chiapas; O poço teve uma queda na produção comercial de hidrocarbonetos com uma medição inicial de 21 bls de óleo sem a presença de água, para o qual foi realizado um grande reparo sem equipamentos através da ampliação e perfuração de novos intervalos no poço por meio de fraturamento. é uma técnica de estimulação de poços com baixa produção para aumentar a extração de hidrocarbonetos armazenados nas di-

ferentes formações geológicas do subsolo. Esta técnica consiste na injeção de água, areia e aditivos químicos sob pressão, a ponto de superar a resistência da rocha e as tensões mínimas in situ da formação de interesse a ponto de abrir uma fratura controlada no furo de fundo. Durante a operação, a água pressurizada é misturada com produtos químicos e um material propante para ser capaz de ampliar as fraturas existentes, a maioria dos produtos químicos injetados no poço permanecem na formação enquanto uma pequena parte é perdida quando o hidrocarboneto é extraído.

**Palavras-chave:** fraturamento hidráulico, refraturamento, estimulação, extração de hidrocarbonetos.

## INTRODUCCIÓN

El uso del fracturamiento hidráulico como una técnica de recuperación de hidrocarburos es muy controvertida debido a la falta de información del proceso y al riesgo geológico que conlleva su mala práctica, sin embargo, esta técnica ha permitido el aumento en la producción de muchos pozos. Un factor importante es el determinar las características que cumplirá un pozo para ser candidato al proceso, así como el constante monitoreo durante la operación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los métodos están en función de los registros de pozo, los resultados del monitoreo de las presiones y el resumen ejecutivo.

## Proceso

El proceso consiste en bombear un fluido fracturante a presión en la formación hasta producir o inducir una falla o fractura. Una vez producida la rotura, se continúa la aplicación de presión para ir más allá del punto de falla y crear un canal de flujo de mayor tamaño que conecte las fracturas naturales y produzca una gran área que drene los

fluidos del yacimiento. A continuidad se inyecta el fluido de fractura cargado de apuntalante, el cual actúa como sostén de las paredes abiertas de la fractura.

Durante la operación, el bombeo del fluido se realiza de forma secuencial, primero se bombea un precolchón de gelatina lineal o salmuera, con el fin de obtener parámetros y optimizar el diseño propuesto. Luego se bombea un colchón de gelatina como fluido, se ingresa el agente de sostén y se realiza el bombeo de tratamiento de acuerdo con una cédula de bombeo optimizada y corregida durante el precolchón.

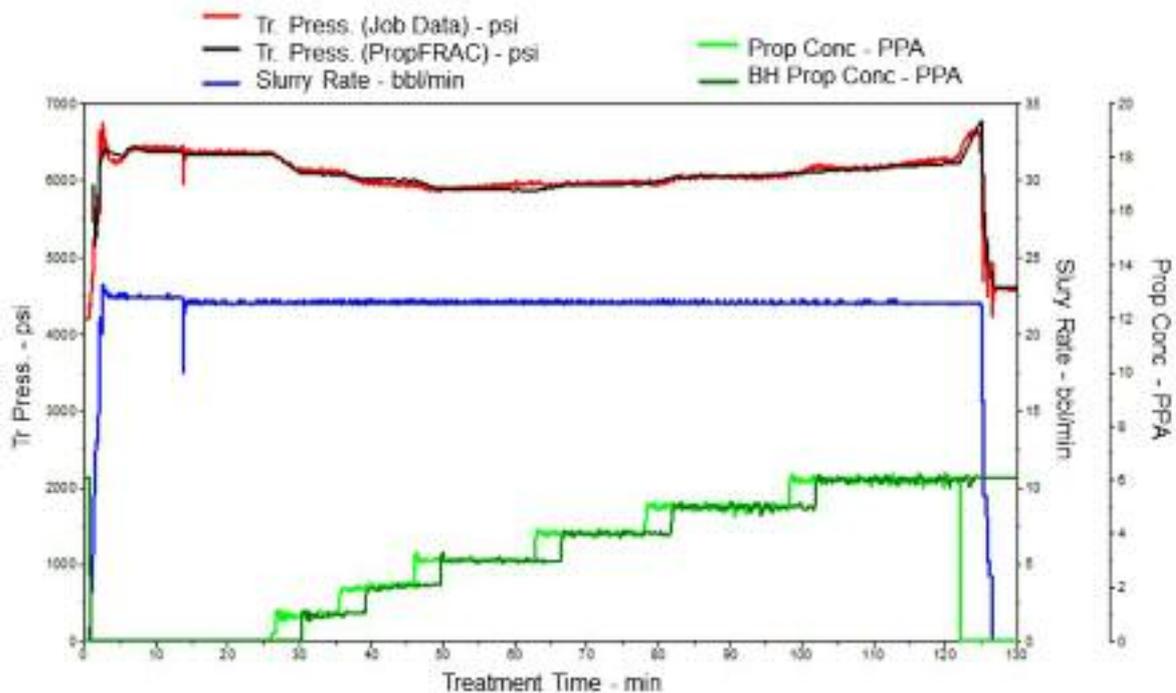
- Presión (Pwh, presión de cabeza), PTR (presión en la tubería de revestimiento), PBomba, (Presión en el fondo del pozo o en los disparos).
- Gasto.
- Dosificación del apuntalante de acuerdo con la etapa en la que se encuentre y a la presión neta.
- Dosificación de aditivos de acuerdo con la etapa en la que se encuentre y a la presión neta.
- Condiciones del fluido fracturante (control calidad).

(Veatch Jr. *et al.*, 1986)

### Valores a registrar

Para lograr un buen control durante la operación se registran de manera continua los valores de:

Mientras que en superficie se monitorea las presiones:



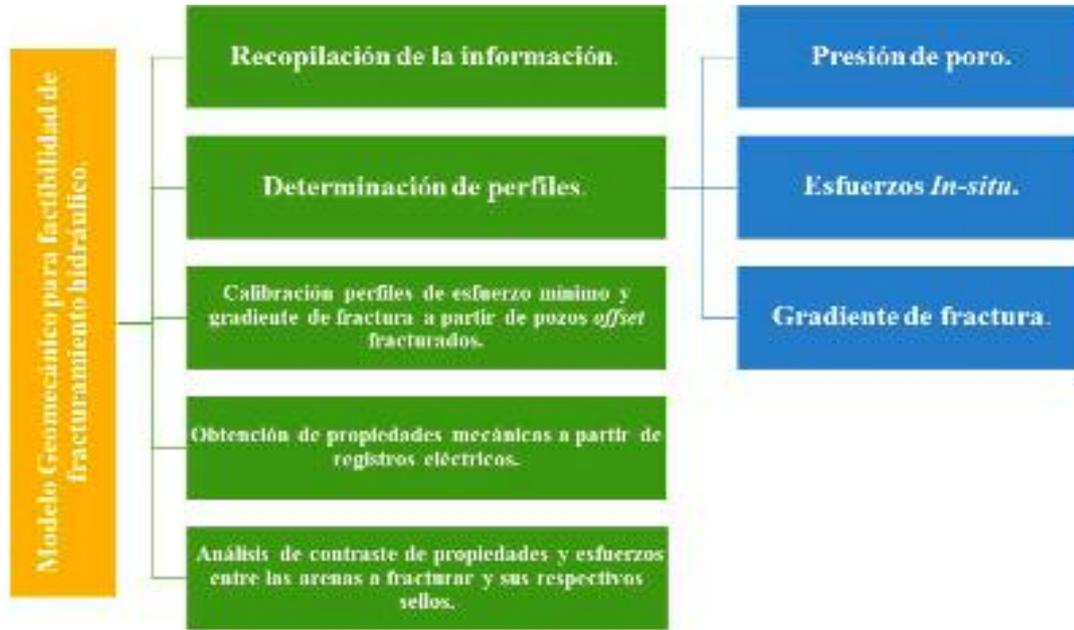
**Figura 1.** Gráfica de fracturamiento hidráulico en el que se muestra la concentración de arena que se mete al yacimiento, con un pequeño desfase, representado por dos tonos de color verde. La línea azul es el gasto, la línea negra y roja indican la presión de la TR. Press o el espacio anular

- Presión bombeo: extiende la fractura y mantiene el gasto constante.
- Presión de rotura: es el punto en que la formación se fractura y se rompe.

- Presión de cierre instantánea (ISIP): se registra al parar el bombeo, cuando desaparecen todas las presiones de fricción, y solo permanecen las presiones internas de la fractura y la hidrostática del pozo.
- Presión de fractura (PEF): mantiene abierta la fisura y propaga más allá del punto de falla.

**Análisis de operación**

La metodología utilizada en el análisis de opera-



**Figura 2.** Metodología general para modelado geomecánico aplicado al fracturamiento hidráulico

ciones de fracturamiento hidráulico consiste en obtener la información del pozo, seguido de la interpretación petrofísica y la creación del modelo geomecánico, este se basa en la información disponible; y se continúa realizando la calibración del modelo con los pozos vecinos.

Para realizar un modelo geomecánico se necesitan los siguientes datos: historias finales de perforación, registros corridos en hueco abierto (registro sísmico, registros de imágenes, FEL-Formation Evaluation Log, información de presión actual de los intervalos de interés, pruebas que permitan tener un dato aproximado de esfuerzos mínimo en la zona). Al tener esta información se realiza un control de calidad y se continúa con un estudio del pozo a fracturar.

Hay pozos que no cuentan con la información del registro sísmico real, en este caso el modelado del mismo es una opción en el cual se utiliza la siguiente fórmula:

$$Dt_{NPHI} = Dt_{ma} + (PHIA * (Dt_f - Dt_{ma})) \tag{1}$$

donde

$Dt_{ma}$  = Tiempo de tránsito de la matriz

$Dt_f$  = Tiempo de tránsito del fluido

$PHIA$  = Porosidad obtenida del registro neutrón

La mayoría de las correlaciones existentes en la literatura con respecto a las predicciones de valores de propiedades mecánicas de la roca están en función del tipo de litología en el que es necesario realizar el cálculo del índice de arcillosidad o  $V_{shale}$  (Fjaer *et al.*, 2008). Este es una línea dibujada a través de un mínimo de deflexiones características de la cantidad de arcilla presente en la formación, el cual se obtiene mediante el registro de Gamma Ray o el SP en diversos intervalos. Para el caso de Gamma Ray se utiliza la ecuación 18, donde GR, es el valor leído por el registro

$$V_{sh} = \frac{GR - GR_{arena\ limpia}}{GR_{arcilla} - GR_{arena\ limpia}} \quad (2)$$

Para integrar la caracterización litológica de la corrida de registros con el análisis de las muestras de corte en superficie, se realiza una comparación entre el índice de arcillosidad, el registro litológico y el registro de evaluación de formaciones. Se verifica que los registros muestran cambios de litología apropiadamente.

### Selección de los candidatos

El éxito o el fracaso de un fracturamiento hidráulico depende por lo regular de la adecuada selección de un pozo óptimo para dicho procedimiento. Obtener buenos candidatos para la estimulación a menudo asegura el éxito, al tener candidatos pobres es normal que resulte en un fracaso económico. Para seleccionar al mejor candidato para la estimulación, el ingeniero de diseño considerará muchas variables. Entre los parámetros más críticos se encuentran:

- Permeabilidad de la formación.
- La distribución de tensiones *in situ*.
- Viscosidad del fluido del yacimiento.
- Factor de daño.
- Presión de yacimiento.

- Profundidad del yacimiento.
- La condición del pozo.

(Britt,1985)

### Factor daño (*skin*)

El factor daño o factor skin es adimensional, se representa por la caída de presión adicional causada por la resistencia de flujo del yacimiento hacia la cara de la arena (Economides, *et al.*, 2000). Es el efecto negativo o positivo que abarca un pozo a producir, en otras palabras, es la medida de qué tan dañado o estimulado se encuentra un yacimiento, el cual se mide en números enteros, basado en información general de las condiciones de los parámetros de un yacimiento inalterado (sin daño), como es la permeabilidad, porosidad, espesor y saturación, etc. Si el factor daño es positivo, se refiere a que le cuesta aportar, es decir, está dañado, pero si el factor daño es negativo indica que aporta de más, es decir, es un pozo ideal.

Cuando un pozo presenta un daño alto se clasifica la naturaleza del daño de acuerdo con los procesos u operaciones que provocaron tal daño.

## RESULTADOS

Antes del refracturamiento el pozo B11 presentaba un gasto de 21bl de aceite, sin presencia de agua, una caída de presión de alrededor de 30.47 kg/cm<sup>2</sup>.

Se realizó una reparación mayor sin equipo a través de la ampliación y disparos de nuevos intervalos del pozo B11 con el objetivo de restablecer e incrementar el hidrocarburo, el pozo se encontraba activo, presentó un comportamiento de baja recuperación en la producción.

### Evaluación petrofísica

Los objetivos de interés de intervención de la formación fueron 3 (2612 - 2618 m, 2532 - 2538 m y 2500 - 2505 m), las cuales se observan prospectivas de acuerdo con los resultados analizados por petrofísica.

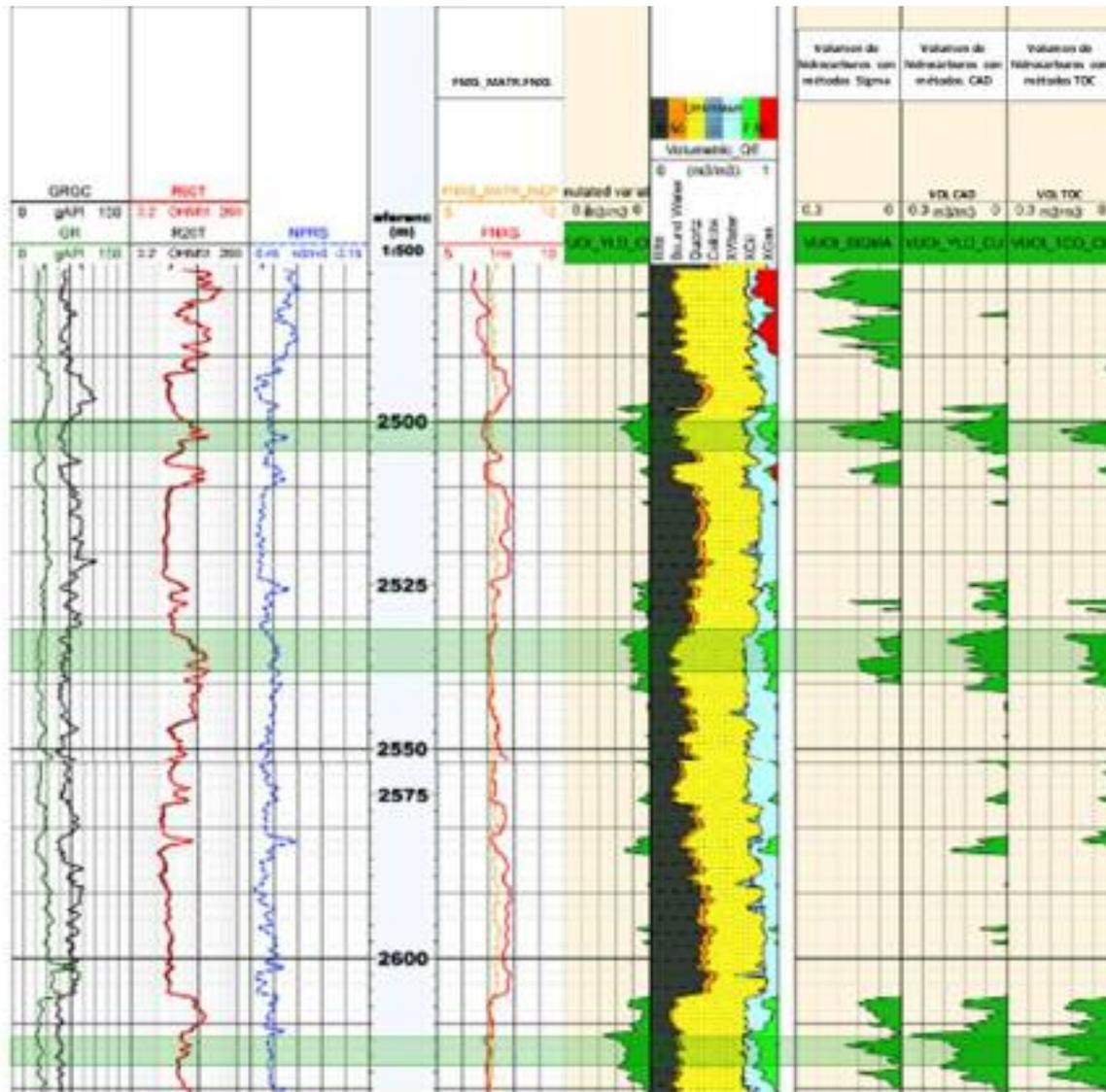


Figura 3. Registro del pozo B11

### Comportamiento de producción

En el pozo B11 se obtuvieron las siguientes producciones acumuladas:  $N_p = 0.219$  MMbbl,  $G_p = 0.799$  Bcf y  $W_p = 0.024$  MMbbl. En la gráfica de producción se puede observar una caída abrupta en la producción de aceite durante las primeras etapas, el pozo continuó manteniendo una producción baja de acuerdo con su producción final.

### Presiones

Las reservas originales fueron calculadas de manera volumétrica con base en sus características

petrofísicas y en la producción acumulada reportada por las arenas saturadas, los resultados para los intervalos prospectivos de arenas saturadas suman una reserva conjunta de 1 203 Mbbl. El último registro mostró una presión fluyente promedio de  $80 \text{ kg/cm}^2$ , lo cual refiere a una presión estática mayor a lo observado.

### CONCLUSIONES

El pozo seleccionado presenta la importancia de un refracturamiento hidráulico, donde la producción aumenta mediante disparos y redisparos.

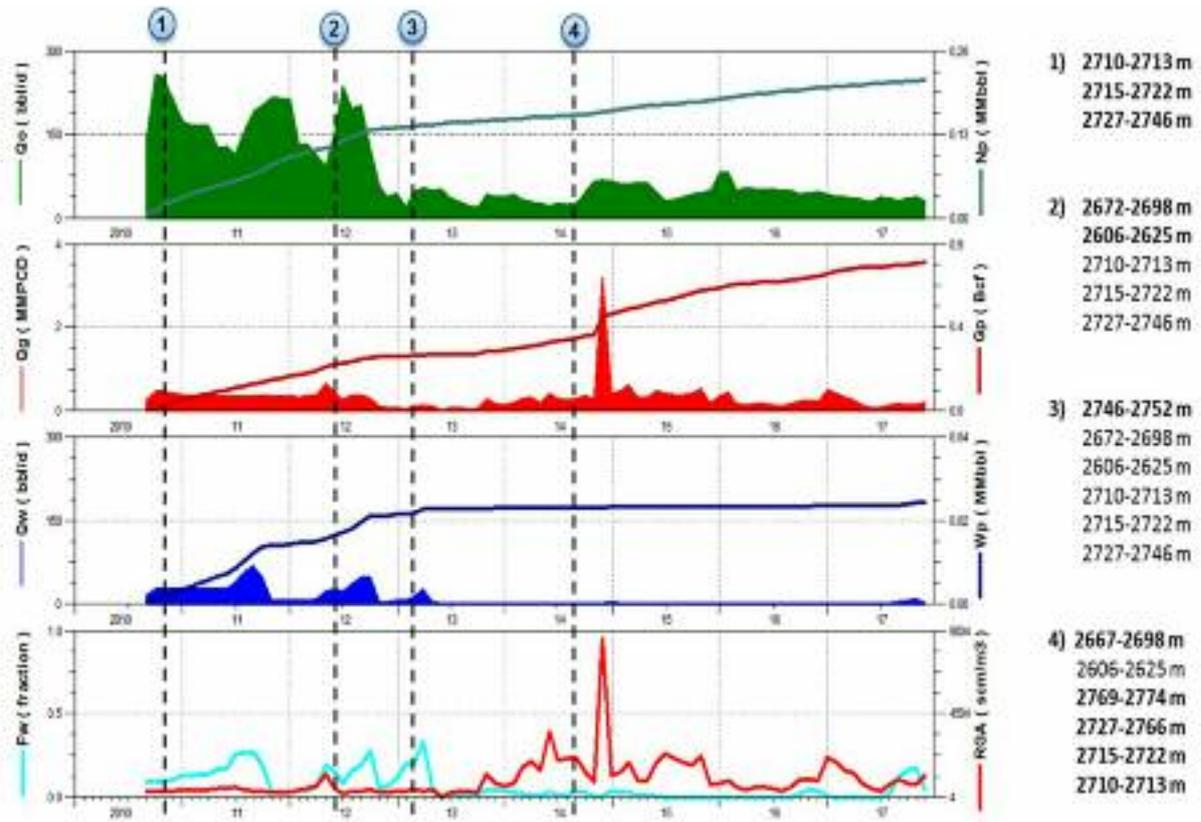


Figura 4. Gráfica de producción del pozo B11

ros. Se muestran los resultados del pozo B11, donde la técnica de estimulación del fracturamiento hidráulico fue exitosa.

Se presentan los aspectos relevantes que se toman en cuenta para la realización del tratamiento del fracturamiento hidráulico.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

**Britt L. K.** (2015). Optimized Oilwell Fracturing of Moderate-Permeability Reservoirs. Las Vegas, Nevada: Society of Petroleum Engineers.

**Economides Michael J. & Nolten Kenneth G.** (2000). Reservoir Stimulation, third edition. New York: John Wiley & Sons.

**Fjaer Erling, Holt R. M., Raaen A. M., Horsrud P.** (2008). Petroleum related rock mechanics, 2nd edition. Amsterdam: Elsevier.

**Veatch Jr. R. W. & Moschovidis Z. A.** (1986). An Overview of Recent Advances in Hydraulic Fracturing Technology. China: Society of Petroleum Engineers.

Recibido: 16 de marzo de 2021  
Aprobado: 15 de junio de 2021.