

¿Cuáles serían los pasos a seguir para la exploración y explotación de Yacimientos No Convencionales de lutitas?

Julián Andrés Salazar Velásquez

Condensado de mi libro **Gerencia integrada de campos de hidrocarburos**.
Disponible para su adquisición en digital y papel en Amazon en:
<http://bit.ly/GerenciaIntegradaCamposdeHidrocarburos>

Estimados lectores,

En esta oportunidad, continuamos con nuestro tópico del artículo anterior acerca de los **Yacimientos No Convencionales**, en el cual trataré sobre los pasos a seguir para estudiar este tipo de acumulaciones de petróleo y gas, que servirán de soporte para el conocimiento, licitaciones y diseño del plan de desarrollo.

En este caso en particular, los estudios para yacimientos no convencionales de lutitas, comprenden ocho (8) pasos, los cuales podemos visualizar en el flujograma anexo:

1. Elaboración del **Modelo Geológico**, que incluye el estudio regional de la cuenca y plays exploratorios de lutitas hidrocarburíferas. Se seleccionan el número de cuencas,

las formaciones de lutitas con prospectividad por su alto contenido de materia orgánica, aptas para producir hidrocarburos y la cantidad de prospectos a identificar.

Estos estudios deben orientarse a la generación de los datos que sirvan de entrada para la estimación de recursos, los modelos sedimentológicos, estratigráficos y estructurales, mediante los cuales se delimita el área, el espesor, el ambiente de depositación de las lutitas y modelo estructural.

Un factor clave en estos estudios son los análisis geoquímicos de las lutitas o calizas, con el fin de determinar la riqueza orgánica, representada por el contenido de Carbono Orgánico Total (COT) y Madurez Térmica (Ro), indicativos de roca generadora de hidrocarburo y capaz de ser convertida en productora mediante las tecnologías de fracturamiento hidráulico. Adicionalmente, es vital



el aporte de los estudios petrofísicos y geomecánicos, para determinar sus características de porosidad, permeabilidad, composición mineralógica y sus propiedades de dureza, perforabilidad, ductilidad, fragilidad, fracturabilidad y presencia

- de fracturas naturales que permitan ampliar las vías de expansión de las fracturas hidráulicas como canales de producción.
2. Estos estudios se deben ejecutar en simultáneo y multidisciplinariamente con la etapa de generación del **Modelo de Ingeniería de Yacimientos**, que incluyen los análisis de caracterización del petróleo y gas, riqueza de contenido de condensado y licuables; así como la presión de yacimiento, simulaciones de productividad de pozos horizontales multifracturados, el Factor de Recobro (Fr) y Volumétrico del gas y petróleo (Bg, Bo), la declinación inicial y estabilizada y área de drenaje.
 3. Con los resultados de los estudios geológicos y de ingeniería de yacimientos, como: área y espesor de los prospectos lutíticos, porosidad, permeabilidad, saturación de agua, factores de recobro y volumétrico, declinación, riqueza del gas y probabilidad de éxito geológico, pasamos a la elaboración del **Modelo de Estimación de Recursos Recuperables**. Debido a que estos yacimientos son de muy baja permeabilidad, sus factores de recobro también son muy bajos y las declinaciones son extremadamente altas, especialmente en la fase inicial de producción; por lo tanto, los parámetros que compensarían la mayor cantidad de recursos en el subsuelo serían el área del prospecto y el espesor, por lo que la visualización preliminar estaría enfocada a la búsqueda y estudio de plays y prospectos de alto espesor y con extensión areal a nivel regional. Es importante destacar que estos Recursos Recuperables deben ser estimados aplicándoles un Factor de Riesgo, que está en función de la Probabilidad de Éxito Geológico (Pg).
 4. Como ya contamos con los parámetros de subsuelo, también es vital la ejecución de los **Estudios de Superficie**, en que se estima la infraestructura necesaria para la exploración y el desarrollo de los futuros campos, los estudios iniciales de impacto ambiental de las operaciones y características del entorno social y opinión pública. En esta etapa también se hacen los estudios de geología superficial que incluyen aspectos geotécnicos y análisis de acuíferos superficiales de agua potable y futuros suministros de agua para insumos en las operaciones de perforación y fracturamiento hidráulico.
 5. Al integrar la data de subsuelo que nos permitió conocer los recursos con que contamos, pasamos a la parte fundamental del negocio como lo es el diseño del **Plan de Exploración y Explotación**, en donde definimos tres aspectos primordiales:
 - i. Número de pozos exploratorios a perforar para transformar, una vez salgan exitosos, los prospectos y sus recursos en nuevos campos con sus reservas recuperables. Se define el número de pozos de desarrollo; así como el diseño de los pozos horizontales, su ubicación en superficie y subsuelo, espaciamiento de trayectorias y el número de multifracturamientos hidráulicos (MFH) a ejecutar.
 - ii. Infraestructura necesaria para la etapa de explotación y para el manejo de la producción, que va desde las plataformas de pozos, líneas y estaciones de recolección, estaciones de almacenamiento, manejo de agua y transporte, hasta los puntos de entrega de los hidrocarburos.
 - iii. Producción estimada inicial y estabilizada de petróleo, gas, condensado y agua y pronóstico de producción por años y su acumulado en la vida útil de los pozos y del nuevo campo. Aquí se determinan los parámetros de ingresos y egresos monetarios vitales para el próximo paso a realizar.
 6. Con los insumos de los cinco pasos anteriores, pasamos al **Análisis Económico**, que consta de la integración de las Inversiones (CAPEX) más los Gastos Operacionales (OPEX) desde su inicio hasta el último año de vida útil, junto con los desembolsos de regalías, impuestos, pagos a propietarios de la tierra y otros costos que, unidos a los

flujos de caja provenientes de los ingresos por ventas de hidrocarburos, menos las inversiones y gastos anteriormente nombrados, nos permiten conocer los indicadores económicos de Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Tiempo de Pago (TP), cuyos valores nos dirán la rentabilidad del negocio.

7. Una vez determinados los parámetros económicos del proyecto, estos sirven para la emisión de la **oferta de licitación**, bien soportada para ganar y posteriormente firmar los contratos, convenios o concesiones para explorar y explotar los prospectos y futuros campos de yacimientos no convencionales.
8. Realizados todos los pasos anteriores, iniciamos las **operaciones y arranque del proyecto**, que tiene como plataforma de sustento los estudios iniciales desarrollados en la etapa de prelicitación. A partir de aquí debemos continuar con la actualización y análisis detallados en cada una de las disciplinas para la consolidación de las actividades exploratorias y de explotación subsiguientes.

Cubiertas ya las etapas previas y logrado el reto de ganar una licitación o comprar a un tercero un área determinada para explorar y operar recursos prospectivos de hidrocarburos en *Yacimientos No Convencionales* de lutitas, pasamos a la implantación del plan inicial prelicitación y revisado postlicitación, en lo que tenemos:

- i. Inicio de actividades con adquisición de nueva información sísmica 3D o reprocesamiento de la existente para mejorar su calidad.
- ii. Consolidación de equipo multidisciplinario de estudios de subsuelo y superficie.
- iii. Revisión final de los modelos estáticos, de ingeniería de yacimientos y actualización de los planes de exploración y explotación, que en este caso contemplarían:
 - a. Cuantificación final de recursos existentes.
 - b. Plan y secuencia de perforación de pozos estratégicos o exploratorios en sus etapas inicial y consolidada.
 - c. Análisis de las lecciones aprendidas e información obtenida en los pozos nuevos, como: características de la roca yacimiento, producción inicial y estabilizada, declinación inicial y estimada durante la vida del pozo, diseño de los pozos horizontales y sus respectivas multietapas de fracturamiento.

Con los resultados generados en estos tres puntos anteriores, se corren nuevamente los modelos de pronósticos de producción junto con sus economías, con el fin de determinar la viabilidad de continuar o no con el plan de explotación.

Si la decisión es continuar con los proyectos de exploración y desarrollo de esos Yacimientos No Convencionales, ¿cuáles serían los puntos de acción en cuanto a tecnologías a emplear?

Como mencioné en capítulos anteriores, las dos grandes tecnologías fundamentales que han permitido implantar, consolidar y proyectar este nuevo paradigma de explotación petrolera, están representadas por la **Perforación Horizontal (PH)** y el **Multifracturamiento Hidráulico (MFH)**. Ambas tecnologías se han sustentado en una serie de innovaciones adicionales, entre las cuales tenemos:

- i. Sísmica 3D convencional y su reprocesamiento de alta resolución.
- ii. Caracterización litológica, mineralógica, geoquímica, petrofísica y geomecánica, y configuración con sísmica 3D del marco estratigráfico y estructural de las lutitas.
- iii. Diseño de pozos horizontales simples o multilaterales, tuberías, barrenas, cemento y equipos de perforación.

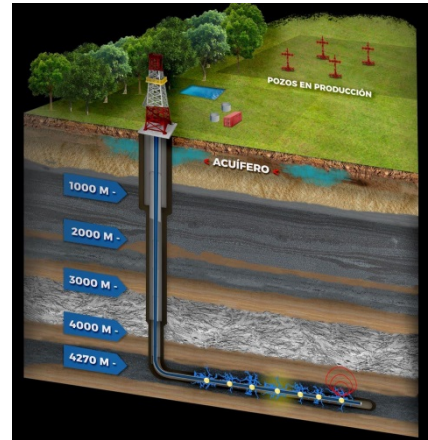
- iv. Sartas de disparos y MFH.
- v. Control de trayectoria y navegación con sísmica 3D de alta resolución y registros en tiempo real.
- vi. Evaluación petrofísica, geoquímica y geomecánica para seleccionar disparos y MFH.
- vii. Fluidos y apuntalantes para el MFH.
- viii. Delimitación geoespacial de las fracturas mediante microsísmica.

Con toda esta cartera de tecnologías disponibles en el mercado, el próximo paso sería el diseño del plan de perforación de los pozos horizontales, cuyos aspectos claves a tomar en cuenta estarían representados por:

- i. Diseño de plataformas o localizaciones y la distribución de pozos por cada una.
- ii. Total de plataformas a necesitar y de pozos a perforar.
- iii. Diseño de pozos horizontales: trayectoria, profundidad vertical y medida, zona de desvío, desplazamiento horizontal, etapas de perforación, tuberías de revestimiento, barrenas, cementación, cabezal, registros direccionales y geofísicos, muestreo litológico, número de fracturamientos hidráulicos y sarta de terminación.
- iv. Pronósticos de producción durante la vida útil del proyecto, discriminados por: petróleo, condensado, gas y agua. Asimismo, total de pozos necesarios para incremento de producción o mantenimiento estable de ésta.
- v. Número de equipos de perforación a necesitar anualmente para cumplir con los planes de perforación y pronósticos de producción establecidos.

Con respecto al punto clave de los MFH, es importante que tengamos presentes los siguientes aspectos de atención especial:

- i. Número de MFH a llevar a cabo en la sección horizontal del pozo.
- ii. Diseño de los MFH, para lo cual se necesita determinar el pronóstico de crecimiento vertical y horizontal de las fracturas, volumen de fluidos necesarios para inyectar durante la operación y de apuntalante para evitar su cierre.
- iii. Decisión de toma de registros microsísmicos para caracterización de fracturas.
- iv. Estimado de producción de petróleo, gas y condensado por cada etapa de los MFH y el total con la integración de todas éstas produciendo en conjunto.
- v. Logística de suministro de volúmenes de agua para la inyección durante los MFH.
- vi. Análisis de puntos susceptibles ambientalmente durante la PH y MFH, tales como: acuíferos superficiales y profundos de agua potable; superficie de construcción de plataformas de localizaciones, vías de acceso, líneas de recolección e instalaciones de producción y almacenamiento y uso de la tierra en área sujeta a explotación.
- vii. Estudio de reacción de la población y propietarios ante la actividad en la zona.



Con todo este conocimiento detallado de los pasos a seguir y las tecnologías a utilizar para la perforación y explotación de los Yacimientos No Convencionales, ¿cómo deberíamos gerenciar el punto de atención especial del posible impacto ambiental y la reacción de la población y opinión pública ante esta nueva actividad en el área?

(Continuaremos en el próximo artículo)