

Tecnologías de tapones solubles y tecnologías de fibra óptica combinada con *coiled tubing*



Este trabajo realizado por una empresa de servicios con soluciones para la terminación de pozos fue presentado en el *Workshop* de técnicas de completaciones no convencionales, la exitosa jornada realizado en el marco de la AOG Patagonia 2018.

Por *José Vielma, Alejandro Chacón*
y *Esteban Ariel Pach* (Halliburton)

Un pantallazo sobre los tapones solubles

En los sistemas de terminaciones multifracturas de pozos horizontales no convencionales denominados *Plug & Perf* (PnP) es necesario el asentamiento de tapones que permita el aislamiento de los intervalos estimulados, con el fin de desviar el tratamiento de fractura hacia los nuevos intervalos abiertos.

Estos tapones son bajados en el pozo asistido con bombeo en la sección horizontal y asentados con asentadora eléctrica previo al disparo de los nuevos intervalos, permitiendo el flujo a través de ellos hasta el acercamiento del correcto punzado. La hermeticidad se logra bombeando y desplazando una bola que se asentará en el tope del tapón. Una vez finalizadas las etapas de PnP, se requiere de una cañería continua (*coiled tubing*) para moler los tapones, así el pozo queda sin restricciones para la producción.

Durante el aprendizaje y el desarrollo de este tipo de terminaciones en formaciones no convencionales, se han utilizado diferentes tipos de tapones con distintas características en función de mecanismos de asentamiento, tamaños, tipo de material, durabilidad, presiones diferenciales,

capacidad de bombeo y facilidad de molienda para su remoción mecánica, entre otras características. Las primeras generaciones de tapones utilizadas en este tipo de terminaciones fueron construidas con material compuesto que mejoraban su molienda o su remoción, en comparación con tapones convencionales que tenían partes metálicas.

Para maximizar la eficiencia y reducir los costos, los pozos se construyen con secciones horizontales cada vez más extensas, en donde se aumenta el número de etapas de fractura con la intención de incrementar el volumen de reservorio contactado. Con secciones laterales extendidas se ha colocado la operación de molienda de tapones en una posición crítica. Uno de los principales desafíos es vencer las fuerzas de fricción para llegar a la profundidad total del pozo, incluso con capacidad de asentar peso para moler los tapones. No obstante, la cantidad de recortes generados al moler los tapones puede impedir que la tubería flexible se recupere libremente.

En la Argentina, además, existe una gran cantidad de pozos con tendencia a promover colapsos en los *casings* de producción por el efecto del fracturamiento, al inyectar fluidos y materiales en altos caudales y alta presión. Este



inconveniente genera un riesgo adicional para moler los tapones, ya que obliga a utilizar fresas de menor tamaño y/o excéntricas, que pueden pasar una restricción, pero, a su vez, podría generar recortes de mayor tamaño, al punto de atascar la cañería continúa.

Si el colapso ocurre durante la operación de PnP, es posible que la restricción provoque el atascamiento de un tapón cuando se bombea en la sección horizontal, dejando al tapón inmóvil fuera de la zona de interés. En la mayoría de los casos, esto obliga a ingresar con una tubería continua (*coiled tubing*) a molerlo, con la consecuencia de dejar en espera el set de fractura y de generar tiempos no productivos.

Para reducir todos los riesgos mencionados e incrementar el éxito económico del proyecto, una alternativa son los tapones solubles. Esta tecnología permite completar pozos y fracturar en secciones horizontales extendidas donde los tapones de material compuesto podrían no ser efectivamente molidos. Los tapones solubles, así como su respectiva bola, están hechos de material que se disuelve completamente en el fluido del pozo, eliminando el proceso de molienda comúnmente requerido con tapones convencionales y todos los costos y los riesgos operacionales que esto representa.



Los tapones solubles se disuelven prácticamente en su totalidad sin dejar restos que obstaculicen la producción o la futura intervención del pozo. Para los tapones con base metálica (generalmente aleación de Mg), la velocidad de disolución depende de la temperatura y la salinidad del fluido a la que se exponen los tapones. En el caso de los tapones base plástica (PGA, ácido poliglicólico), se disuelven solamente con temperatura.

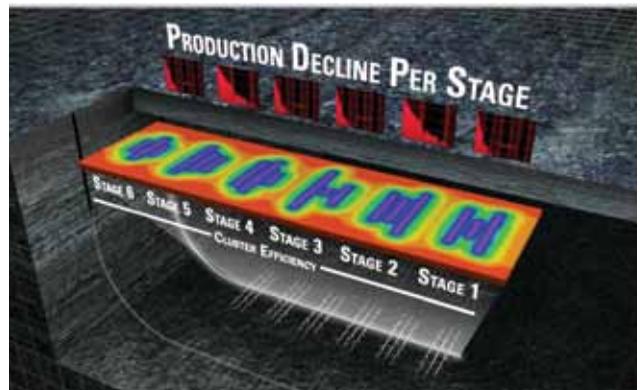
Dado que la mayoría de las fracturas y los bombeos de los tapones se realizan con agua dulce, no hay presencia

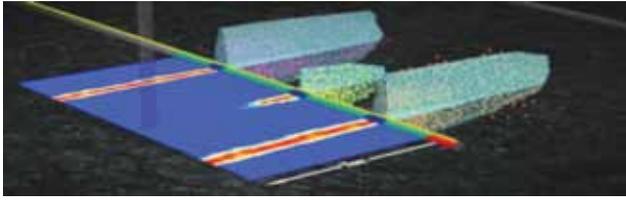
de cloruros, por lo tanto se puede retrasar la disolución de los tapones base metálica durante la etapa de PnP. Esto garantiza suficientes horas de hermeticidad, un aspecto muy importante en locaciones con fracturas de varios pozos en simultáneo, donde el tapón suele fijarse varias horas antes de comenzar la fractura.

Si bien la mayoría de las fracturas se realiza con agua dulce, se ha demostrado que la alta concentración de cloruros que posee la formación difunde hacia el pozo en cuestión de días. Esto permite prescindir de una operación de *flowback* para obtener salinidad.



Asimismo, cuando un tapón soluble base metálica se atasca en el pozo, debido a una deformación o colapso, se puede evitar el ingreso de una cañería continua acelerando la disolución con un bache de ácido clorhídrico (HCl), lo cual degrada el tapón en horas, y permite continuar con la





operación sin incurrir en tiempos no productivos o en un descenso significativo de la eficiencia. Estas operaciones suelen reanudarse con tapones solubles de menor diámetro (comúnmente denominados slim) que permiten pasar por la restricción. Al finalizar la operación de PnP en un pozo colapsado ya no existe el riesgo de generar recortes de gran tamaño por el uso de fresas de tamaño reducido, dado que los tapones se disuelven solos. Pueden utilizarse esas fresas en el caso de que se requiera lavar el pozo debido a la presencia de arena, sin que represente un riesgo.

Los tapones solubles se encuentran disponibles para todos los tamaños de *casings* utilizados habitualmente, e incluso con versiones de diámetro reducido (slim) para 4 1/2", 5" y 5 1/2". Dado que su diseño proviene de la experiencia con tapones de material compuesto, se mantienen y/o han sido mejoradas algunas características fundamentales, como el caudal que soportan al momento de ser bombeados en la sección horizontal. La presión diferencial es de hasta 10,000 psi, muy superior al promedio de presión diferencial que se genera sobre el tapón en los pozos no convencionales.

Hasta finales de 2018, más de 700 tapones solubles habían sido implementados con éxito en la formación Vaca Muerta de la Cuenca Neuquina.

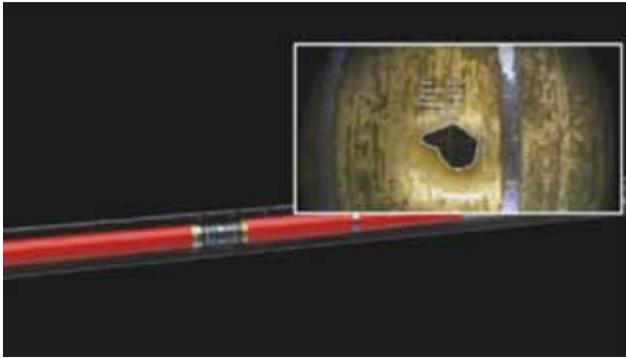
Acerca de la tecnología de fibra óptica combinada con *coiled tubing*

Como consecuencia del intenso y dinámico desarrollo de yacimientos no convencionales en las últimas décadas, el *upstream* del petróleo y del gas ha introducido avances tecnológicos que mejoran el entendimiento del comportamiento productivo de los pozos, especialmente cuando se trata de fracturas complejas que producen múltiples intervalos.

Por otro lado, como resultados de las mejoras de producción obtenidas, a medida que se perforan pozos con extensiones horizontales significativas, aumenta la colocación de etapas de fracturas hidráulicas, que a su vez implica punzados de *clusters* por etapa cada vez más numerosos y con el fin de optimizar el volumen de reservorio contactado.

Bajo estos escenarios de inyección y de producción en completaciones multi-fractura, se hace necesario el desa-





rollo de tecnologías que permitan evaluar la eficiencia de inyección o eficiencia de los *cluster* punzados que recibirán fluido durante el fracturamiento, así como también evaluar las zonas que efectivamente contribuyen a la producción del pozo después de colocados los tratamientos de fractura.

Este tipo de análisis toma dimensiones que impactan significativamente en el diseño de la completación de los pozos, ya que permite redefinir u optimizar la estrategia en cuanto al número de etapas de fracturas a colocar, el número y el tamaño óptimo de *clusters* por etapa de fractura, así como también su espaciamiento. De igual manera permite determinar la contribución o la distribución de los hidrocarburos producidos a lo largo de la sección horizontal durante la etapa productiva del pozo, todo esto con el fin de reducir los costos por barril de petróleo equivalente (BOE) producido y, al mismo tiempo mejorando el rendimiento de los activos y acelerando la curva de aprendizaje.

En este sentido la utilización de fibra óptica instalada en cañería continua *coiled tubing* introduce una solución

costo-efectiva que permite obtener información en tiempo real del movimiento de fluidos a lo largo de todo el pozo, a través de los registros distribuidos de temperatura y acústico de alta resolución. Esta combinación de fibra óptica transportada con unidad de cañería continua *coiled tubing* permite tomar mediciones en ambientes de altas temperaturas y longitudes de hasta 10 km.

Mediante esta tecnología se pueden conseguir respuestas a preguntas como: ¿opera el completamiento de acuerdo al diseño? ¿Se entiende de qué manera el pozo produce a lo largo de todas sus secciones? ¿El fluido de estimulación es inyectado en el intervalo deseado?

Una de las ventajas costo efectiva de esta tecnología es la utilización temporal de la fibra óptica, que solo se emplea cuando el pozo es intervenido con la unidad de cañería continua (*coiled tubing*).

Una ventaja adicional es la utilización de la fibra óptica para evaluar la integridad del pozo o detección de fugas antes, durante y/o después de finalizar los tratamientos de fractura, así como también determinar si existe alguna interacción entre pozos vecinos que pudiese impactar en el desempeño de la completación.

Como complemento a los registros distribuidos de temperatura y acústico, se tiene la posibilidad de hacer trabajo suplementario de inspección visual del pozo con la cámara de 360° en tiempo real, la cual puede servir también para hacer la caracterización visual de las fallas, su dimensionamiento y el estudio de tamaño de perforados para evaluar, junto con el DTS, la distribución de los tratamientos de fractura a lo largo de la sección horizontal.

Estas herramientas cuentan con la capacidad de bombeo a través de las mismas, brindan así una gran versatilidad y mantienen toda la comunicación vía fibra óptica a superficie. ■

