

# Sistema MPD o cómo mantener el pozo bajo control sin fracturar las formaciones durante la perforación

Por *Ing. Eduardo Durán* y *Lic. Alfredo Kaintz*, Weatherford

Los autores presentan un sistema de perforación enfocado a la eliminación de los tiempos perdidos durante el trabajo en perforación de pozos con formaciones donde la presión poral y la presión de fractura están muy próximas.

Desde tiempo inmemorial la necesidad ha sido la madre de todos los inventos e innovaciones y en el caso de la perforación con presión controlada, MPD (por su nombre en inglés *Managed Pressure Drilling*) podemos decir que se confirma dicha regla.

La mayoría de los pozos fáciles de perforar ya han sido realizados, en consecuencia, los que se deban perforar de ahora en adelante seguramente presentarán nuevos desafíos a la tecnología de perforación. Por este motivo, es cada vez más difícil encontrar proyectos en donde la "ventana de perforación", o sea la diferencia entre la presión poral o de formación y la de fractura sea lo suficientemente amplia como para elegir una densidad de lodo que permita cumplir con el objetivo de perforar el pozo sin problemas.

La tecnología MPD es una forma avanzada de control primario de pozo que emplea un sistema de lodo cerrado y presurizable, lo cual permite un control más preciso de los gradientes de presión anulares que el que se obtendría con la simple variación de la densidad del lodo o el caudal suministrado por las bombas.

Esta tecnología no está enfocada en el reservorio como lo hace la perforación en desbalance (*Underbalance Drilling*, UBD), sino que está directamente dirigida a mejorar la perforación, y reducir significativamente los TNP (tiempos no productivos) con lo cual se mejora el control del pozo al disminuir los riesgos asociados a la perforación. De lo dicho anteriormente podemos inferir que la fuerza impulsora de la perforación en desbalance es la mejora del índice de productividad y en la MPD lo es la "perforabilidad". A diferencia de la UBD, que permite el ingreso al pozo de fluidos del reservorio durante la perforación, la MPD no lo hace; la intención es evitar la entrada de fluidos manteniendo una presión diferencial durante la perforación y cuando se realizan agregados de trozo. Si existiera una entrada no deseada de fluidos, esta se contiene con los dispositivos de superficie y de fondo de pozo sin interrumpir la perforación.

La esencia de esta tecnología es su habilidad para aplicar contrapresión en superficie mientras se perfora o se agrega trozo y las herramientas básicas requeridas son una BOP Rotativa

(*Rotating Control Device*, RCD), un múltiple de estrangulación o *choke manifold* ad-hoc y válvulas de retención o válvulas para la carrera, ubicadas en la sarta de perforación.

El motor para el desarrollo de esta tecnología ha sido el deseo de reducir los TNP asociados a:

- Márgenes estrechos entre la presión poral y de fractura.
- Escenarios de pérdida-surgencia y control de pozo.
- Pérdida de circulación y costos de lodo excesivos.
- Programas con excesivas cañerías de entubación.
- Baja velocidad de penetración.
- Problemas para alcanzar la profundidad programada con diámetros lo suficientemente grandes.

Existen dos categorías de MPD: reactiva y proactiva. Con los equipos de superficie necesarios para tener un sistema de lodo cerrado y presurizable, y perforando de manera convencional, las técnicas de MPD reactiva permiten manejar más eficientemente las reacciones ante las sorpresas del pozo. En el caso del MPD proactiva, los fluidos y el programa de cañería de entubación se diseñan desde el comienzo y, como es obvio, donde se obtienen los mayores beneficios es en la perforación *offshore* ya que los pozos imponen un desafío mayor y los TNP son más costosos.

Existen cuatro variantes de la tecnología MPD:

1. Perforación con presión de fondo de pozo constante (*Constant Bottom Hole Pressure-CBHP*).
2. Perforación con tapón de lodo presurizado (*Pressurized Mud Cap Drilling-PMCD*).
3. Gradiente dual (*Dual Gradient*).
4. Salud, seguridad y Medio Ambiente (*HSE*).

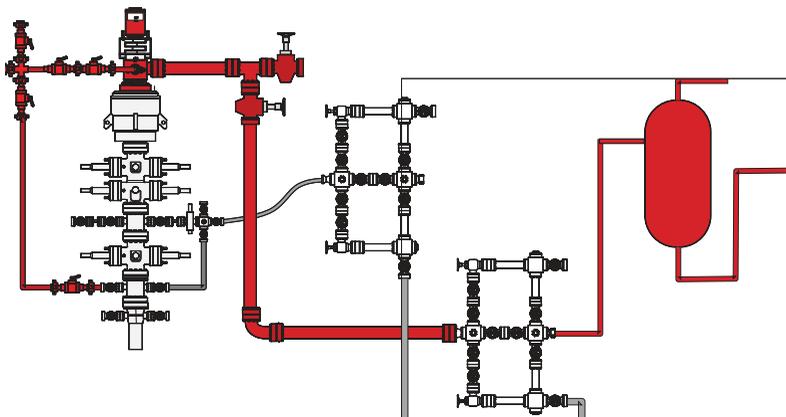
## Herramientas requeridas

Todas las variantes de MPD requieren una BOP rotativa con capacidad para manejar las presiones máximas que se esperan en superficie más un factor de seguridad. El derivador se monta sobre el anular del arreglo de BOP y, como ya hemos mencionado, además se necesita un *choke manifold* y válvulas de retención en el sondeo (preferentemente recuperables por medio de cable) y un separador atmosférico bifásico cuando sea necesario para separar los gases que pudieran incorporarse al lodo. Respecto del *choke manifold*, ya existen los totalmente automáticos y sobre el que volveremos cuando hablemos de la primera variante de MPD.

Algunas aplicaciones de MPD requieren otras herramientas que también están asociadas a la perforación en desbalance. El modelado de flujo, herramienta de mucho valor ya que ayuda a estimar las presiones, desarrollar el programa de fluidos y, además, indica los requerimientos del equipo para manejar las presiones esperadas en superficie.

Las válvulas de fondo de pozo (*Downhole Deployment Valve*, DDV) se instalan en la cañería de entubación para permitir viajes mucho más rápidos. Estas válvulas pueden instalarse de forma permanente o también se pueden ubicar en un *tie back* para que al final de la operación se recuperen y luego puedan ser reutilizadas en otra operación. También se puede utilizar un paquete de compresión con una unidad generadora de N<sub>2</sub> para aliviar el lodo si el margen entre la presión poral y la de fractura es reducido.

MPD con *choke* manual



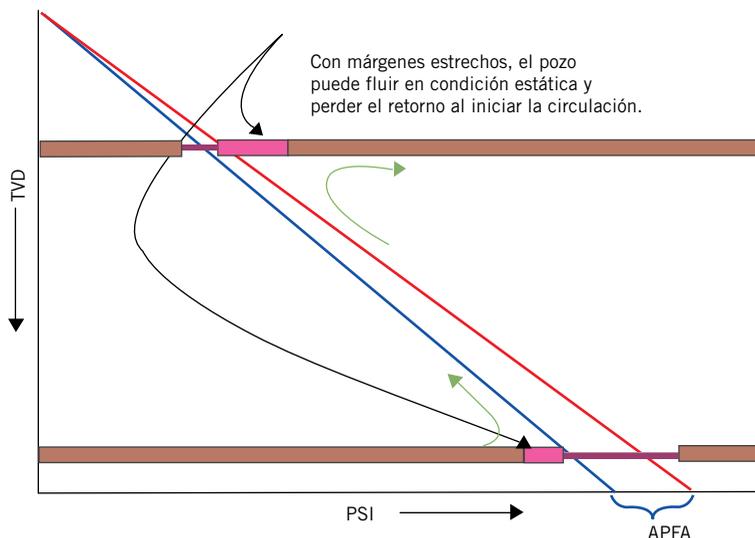


Gráfico 2.

Se describen a continuación las variantes posibles de MPD:

### 1. Perforación con presión de fondo de pozo constante (Constant Bottom Hole Pressure-CBHP)

Esta variante es la que se debe considerar cuando los pozos cercanos al que se está perforando han mostrado problemas de pérdida-surgencia y de control de pozo, cuando la presión es desconocida o los márgenes son muy estrechos. Dichos márgenes se manifiestan, en primera instancia, por la pérdida de retorno al intentar restablecer circulación luego de una conexión, lo que significa que la presión hidrostática más las pérdidas por fricción en el anular han excedido la presión de fractura en algún punto de la sección de pozo abierto que se está perforando.

Es importante entender el desafío hidráulico que se enfrenta cuando se perfora de manera convencional lo que se observa claramente en el gráfico 2.

Cuando las bombas de lodo están en funcionamiento, la densidad equivalente de circulación (Equivalent Circulating Density, ECD) responde al siguiente desarrollo:

$$DEC = Ph_{\text{lodo}} + \Delta P_{\text{fricción anular}}$$

Donde  $Ph$  es la presión hidrostática y  $\Delta P$  las pérdidas por fricción cuando el lodo está circulando. De acuerdo a la ecuación anterior, la única manera de cambiar el perfil de presión en el fondo es ajustando el caudal de las bombas de lodo, es

decir, cambiando el segundo término de la ecuación.

En cambio cuando se perfora aplicando la técnica de MPD, el perfil de presión sobre el fondo de pozo es el siguiente:

$$DEC = Ph_{\text{lodo}} + \Delta P_{\text{fricción anular}} \pm \text{Contra- presión}$$

Como se ve, ahora hay un término más en la ecuación de la densidad equivalente de circulación y dicho término es la contrapresión que el MPD permite aplicar en el retorno anular. En el gráfico 3 se ve cómo actúa la contrapresión compensando las pérdidas por fricción en el anular cuando las bombas de lodo están paradas.

Con este método se puede mantener un perfil de presión más constante

durante el proceso de perforar y parar las bombas para agregar trozo. Al no tener el efecto de la fricción anular, este método permite la utilización de fluidos de perforación más livianos que en la perforación convencional sin riesgo de provocar una entrada cuando se realizan las conexiones.

La presión hidrostática cuando no se está circulando puede ser menor que la presión poral, sin embargo, aplicar una contrapresión en superficie permite mantener una presión diferencial y esto es lo que previene las manifestaciones del pozo al agregar trozo. Con un programa de lodos adecuado en el sistema de presión de fondo constante, el margen entre la presión de fractura y la poral es mayor durante el proceso de perforación y esta es la clave para evitar las pérdidas de circulación.

Un párrafo aparte merece la aplicación de la técnica MPD utilizando un *choke* automático que mejora la seguridad y la eficiencia de la perforación mientras reduce los costos porque es totalmente automático y, por lo tanto, mide y reacciona en tiempo real a las variaciones de presión o ingreso de fluidos en el anular con lo que provee un cambio revolucionario en la precisión de las medidas y análisis de flujo y datos de presión.

Este sistema permite tomar las decisiones críticas de perforación basado en información recibida en tiempo real y no sólo confiando en modelos del tipo predictivo. El sistema utiliza algoritmos para identificar inlfujos o pérdidas en tiempo real.

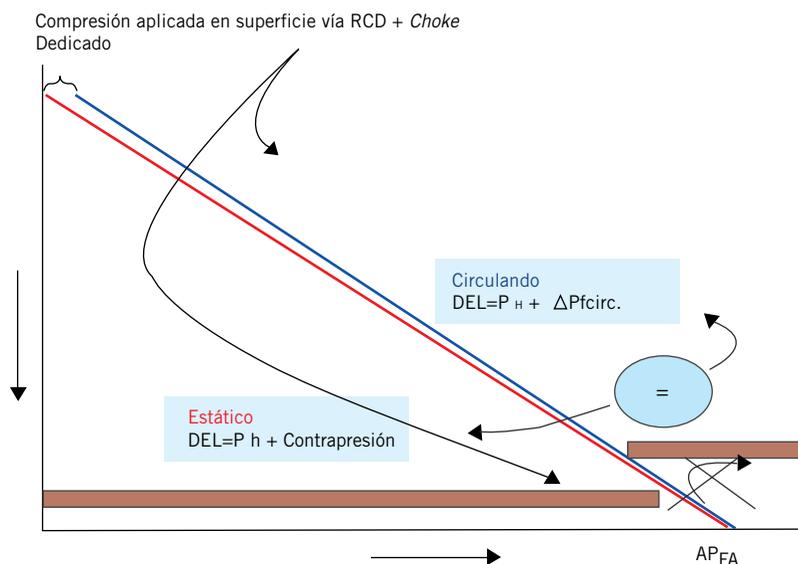


Gráfico 3.



Gráfico 4. MPD con *choke* automático.

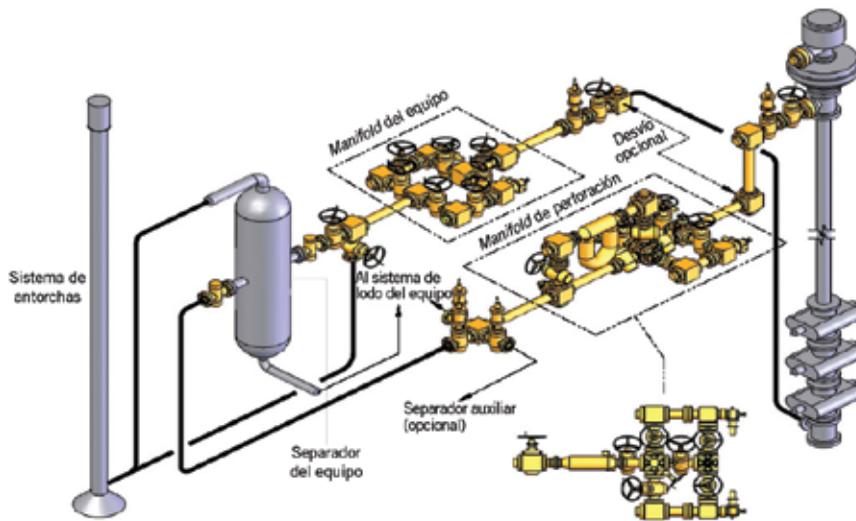


Gráfico 5.

## 2. Perforación con tapón de lodo presurizado (*Pressurized Mud Cap Drilling-PMCD*)

Esta variante ha evolucionado los programas de perforación en tierra y es particularmente beneficioso en

los casos donde los pozos vecinos han encontrado zonas excesivamente depletadas y se registraron pérdidas masivas de lodo de perforación.

Este tipo de operaciones involucra un fluido de sacrificio por ejemplo agua de mar con inhibidores (cuando se perfora costa afuera) y sin retorno a la superficie. Un tapón de lodo pesado se bombea por el espacio anular con una bomba especialmente dedicada a ello a través de la RCD; la altura de la columna de lodo y su densidad se predeterminan manteniendo en un mínimo los requerimientos de contrapresión en superficie. El fluido de sacrificio es menos denso y menos costoso que el lodo convencional utilizado en los pozos vecinos (*offset*).

Cuando se perfora y circula con lodo de sacrificio (más liviano) se evita que este llegue a superficie por medio de la presión hidrostática del tapón de lodo lo que aumenta la contrapresión en superficie a través de la RCD con el *choke manifold*. El lodo y los recortes se ven forzados a la zona de pérdida que de otra manera ofrecería un riesgo durante la perforación.

En el gráfico 6 se puede ver cómo funciona este método.

## 3. Gradiente dual (*Dual Gradient-DG*)

Esta variante permite perforar el pozo con dos gradientes de fluido en el anular. Las técnicas para practicar esta variante incluyen la inyección de un fluido de una densidad más baja, por ejemplo un fluido nitrificado, a través de una cañería parásita para

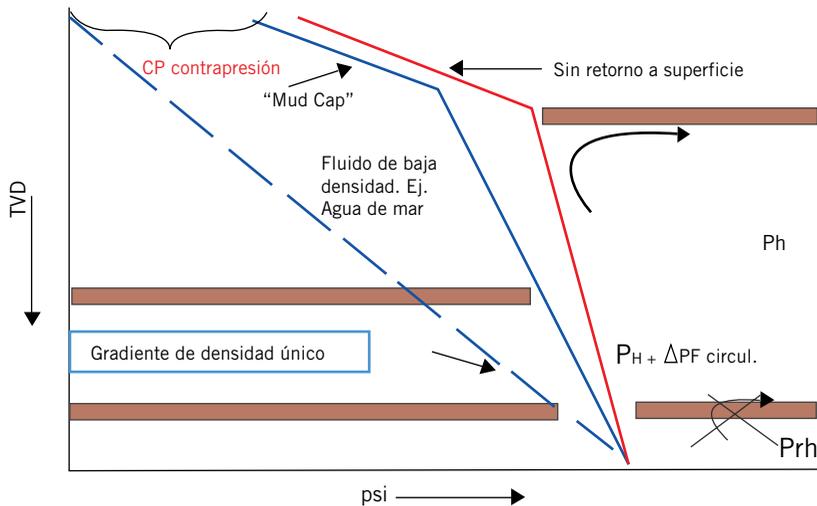


Gráfico 6.

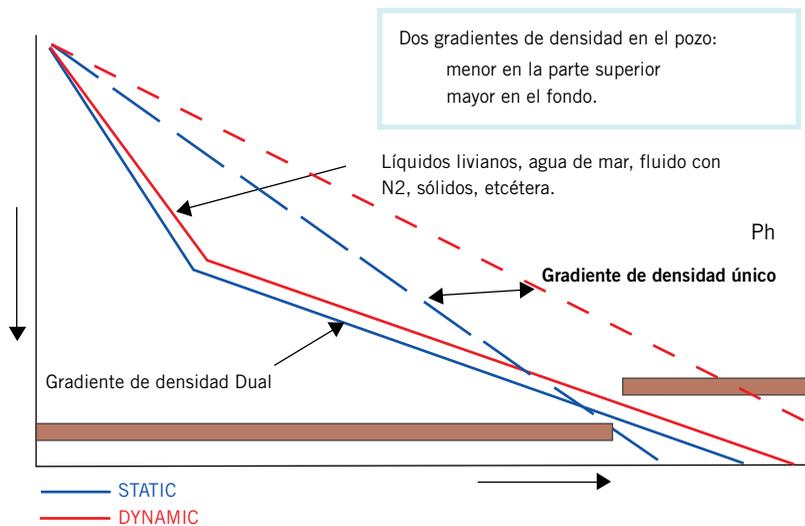


Gráfico 7.

reducir la presión de fondo de manera significativa sin tener que cambiar la densidad del lodo de perforación o los regímenes de bombeo.

#### 4. Salud, seguridad y Medio Ambiente (Health, Safety and Environment-HSE)

Esta variante está referida al control del flujo de retorno y cuyo objetivo primario es aprovechar el beneficio que representa tener un sistema de retorno de lodo cerrado. De esta manera es posible evitar las consecuencias de un escape de gas o de fluido a la atmósfera a través de la campana de perforación.

### Conclusión

El mérito de la tecnología MPD es la manera en que los perforadores la han adoptado en todo el mundo, ya que tiende a disminuir los TNP, mejora el control del pozo y ayuda a perforar aquellos prospectos difíciles lo que permite acceder a activos que de otra forma no serían recuperables. En resumen, podemos aseverar que MPD es una tecnología que resuelve problemas. ■

**Eduardo Durán** es Ingeniero Químico con Posgrado en Petróleo por la Universidad de Buenos Aires (UBA) y actualmente se desempeña como Country Business Unit Manager para Argentina, Bolivia y Chile en Weatherford Int. de Argentina S.A.  
**Alfredo Kaintz** es licenciado en Geología por la Universidad Nacional de La Plata y es Gerente de Ingeniería de la línea de MDP en Weatherford.