

FLUIDOS AIREADOS

Ing. Gustavo Badell

Servoil S.A.

CONCEPTOS GENERALES

El primer pozo perforado usando el aire como fluido de circulación fue realizado en el año 1953 en Estados Unidos (Peters Point-Utah). A partir de los resultados obtenidos en esa experiencia se desarrolló la técnica en distintos países, incluyendo diversos yacimientos en Argentina. Se han perforado pozos de más de 4.000 metros de profundidad usando este sistema, con buenos resultados.

Las estadísticas muestran que alrededor de un 10% de los pozos perforados en el mundo usan aire o gas como fluido de perforación. La aplicación del método neumático es amplia, aunque siempre es aconsejable su uso en zonas donde se tiene una adecuada información geológica y donde los estratos productivos son de baja presión.

La perforación con aire varía según las condiciones del pozo. El cuadro 1 da una clasificación general de los sistemas que actualmente se aplican.

CARACTERISTICAS DE LA PERFORACION ROTATIVA USANDO AIRE. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

El aire es el fluido de perforación de más baja densidad. Esto está directamente relacionado con la primera ventaja del uso de este sistema: ALTA PENETRACION. Es conocido por todo perforador que, cuanto menor sea la diferencia entre la presión hidrostática del fluido de perforación y la presión poral de las formaciones atravesadas, mayor es el avance horario que se obtiene. En la medida que esa diferencia aumenta, tanto más significativa es la fuerza que oprime las partículas perforadas contra la roca. Por ello es más difícil evacuarlas del fondo y por lo tanto, el gasto de energía necesaria para desmenuzar los recortes es mayor. Para separar del fondo la roca recortada es necesario que la presión llegue a ser igual a la presión de la columna hidrostática. Para ello es necesario que dicha microgrieta se llene con la inyección.

Por eso es importante tener una alta velocidad de penetración del fluido en la fisura, lo que depende de la permeabilidad de la roca y más baja la viscosidad del líquido saturante, menor es la influencia del lodo. En base a ensayos con testigos coronas se han confeccionado gráficos como el de la Fig. 1.

Otra ventaja del uso de Sistemas Neumáticos es la MAYOR VIDA UTIL DEL TREPANO. La medida a que debe hacerse referencia en estos casos no son las horas de rotación como en la perforación convencional, sino que debe referirse a los metros perforados. Esto se debe a que el avance con aire o gas es varias veces superior al conseguido perforando con lodo. Un trépano, a

igualdad de horas de uso, generalmente perfora con aire 2 a 3 veces lo que se conseguiría con lodo a la misma profundidad y con el mismo régimen.

La DISMINUCION DE COSTOS es otra de las ventajas del uso de estos fluidos. Un análisis completo es el siguiente:

Debe considerarse:

- 1 - Costo del metro perforado.
- 2 - Costo de trépano por metro perforado.
- 3 - Costo de la inyección.
- 4 - Operaciones auxiliares. (Entre ellas: gel-cemento).
- 5 - Aumento de la producción de hidrocarburos.

Además de las ventajas señaladas, puede mencionarse:

- No es necesario el uso de materiales obturantes, vale decir que los sistemas neumáticos NO SON AFECTADOS POR ZONAS CON PERDIDAS.
- NO INTRODUCE DAÑO A LA ZONA DE INTERES, lo que se debe a que no hay filtrado ni formación de revoque.
- Mejor CONTROL GEOLOGICO, ya que se tiene un muestreo continuo en superficie.

Se han señalado una serie de ventajas de interés. No obstante, también debe tenerse en cuenta las limitaciones de los sistemas neumáticos.

Las más importantes son:

- MENOR CONTROL DE LA PRESION DE FORMACION.
- MENOR ESTABILIZACION DE PAREDES EN FORMACIONES DESMORONABLES.
- PROBLEMAS DE COMBUSTION Y EXPLOSION EN FONDO DE POZO Y SUPERFICIE.

Referente al último punto, los pocos incendios ocurridos no han sucedido durante la perforación sino que deben atribuirse, en la mayoría de los casos a fallas humanas. Por lo tanto, es conveniente extremar las medidas de seguridad.

Con aire es posible perforar estratos gasíferos. En todos los casos debe determinarse si el gas es seco o si contiene hidrocarburos líquidos.

Existen gráficos como el que dan el límite de seguridad para no tener una mezcla explosiva en el pozo. La chispa que suministra la energía necesaria para la explosión puede producirse cuando el trépano o los portamechas tienen insertos de carburo de tungsteno y se está perforando formaciones duras como cuarcitas. Otra posibilidad de dar origen a una combustión sucede cuando en el sondeo hay algún orificio (pin-point).

Se ha demostrado que cuando fluye aire a presión (200-400 psig) a través de un orificio pequeño, la pérdida de carga genera suficiente calor para que exista un punto caliente (hot-spot). En caso de perforar zona con gas húmedo, hay varias soluciones, entre ellas el uso de gas como fluido de perforación, utilizar el sistema Niebla, Espuma Estable o Lodo Aireado.

El cuadro 2 resume las ventajas y desventajas de la perforación con fluidos neumáticos.

EQUIPOS PARA PERFORACION CON AIRE

La adecuación de un equipo de perforación convencional para operaciones con fluidos neumáticos es sencilla. El circuito de superficie que se utiliza para perforar con lodo puede retirarse y adaptarse la línea de alta presión, en la sub-estructura, provee una instalación que sirve para derivar el aire hacia la línea de descarga cuando es necesario. Una cabeza mantiene un sello constante en el sondeo, permitiendo desviar la descarga de recortes hacia la línea de descarga (bloomie-line), lejos de la boca de pozo.

Un esquema de montaje para operaciones de perforación con aire se puede apreciar en la Fig. 2.

El equipo necesario incluye, además, una unidad generadora de niebla y/o espuma, consistente en un patín con pileta y una bomba de pistón con capacidad de 20/40 galones por minuto.

El detergente necesario para producir niebla o espuma es inyectado a través de bombas dosificadoras, accionadas neumáticamente, con capacidad de 2/20 galones por hora. Los equipos compresores están diseñados para proveer los caudales necesarios para una buena limpieza de pozo.

En las operaciones se utilizan normalmente equipos compresores de pistón, de desplazamiento positivo, doble efecto y multietapas.

AIRE SECO

Este sistema se llama "DUST" en inglés lo que traducido literalmente significa polvo. El nombre dado describe la descarga de los recortes del pozo, los cuales aparecen en superficie como una nube de polvo muy fino, semejante a un talco.

Este sistema se puede aplicar cuando no hay aporte de cantidades significativas de fluidos líquidos en el intervalo perforado. Desde el punto de vista operativo este método asegura la máxima penetración y las mayores velocidades anulares.

Al encarar un trabajo con fluidos compresibles y luego de rotar el cemento y desplazar el agua, se seca el pozo con una corriente de aire sin aditivos. El operador intenta siempre iniciar la perforación con este sistema, dadas las altas penetraciones que se obtienen, la simplicidad del método y los menores costos del mismo.

Es excepción a esta práctica cuando se perfora el tramo final dada la posibilidad de encontrar hidrocarburos líquidos.

La mayoría de los manuales de campo señalan que, dependiendo de la profundidad, diámetro del pozo y penetración, se puede continuar operando este sistema hasta con un aporte de agua del orden del barril por hora. El equipo se reduce a compresores primarios, dependiendo su número del avance logrado, diámetro del pozo y diámetro del sondeo, profundidad y rendimiento de los mismos. Referente a esto último, no sólo la presión de descarga sino también la altitud de la locación y la temperatura ambiente, son factores que lo afectan.

La capacidad de transporte del aire es proporcional a la densidad y a la raíz cuadrada de la velocidad en el espacio anular.

La presión y el caudal aumentan con la profundidad para mantener una adecuada velocidad en el espacio anular. Esto es debido a que la densidad aumenta con la profundidad y con el peso de los recortes perforados. Estos son de forma, tamaño y densidad variable, por lo que cada partícula tiene una velocidad de sedimentación que le es propia. No obstante, una vez que el trépano recorta la formación debido al flujo turbulento, se producen colisiones entre ellas y se van rompiendo. Es dable esperar que a lo largo de la columna no haya uniformidad en los recortes.

Normalmente el fracaso de una operación con aire seco se debe a que los caudales de aire han sido insuficientes para limpiar el pozo cuando se perfora con altas penetraciones. Cuanto más profundo sea el pozo, mayor es el caudal de aire necesario para mantener una adecuada velocidad que permita llevar los recortes a la superficie. El aumento en el caudal resulta en un incremento de la pérdida de carga, y por lo tanto, se tienen mayores presiones en todo el circuito. La densidad del fluido al ser compresible aumenta y en consecuencia, se tienen menores velocidades en el fondo.

Si bien la perforación con aire seco es un sistema relativamente simple, debe tenerse en cuenta algunos puntos:

- a) CAUDAL DE AIRE ADECUADO - Una buena indicación se tiene observando la línea de descarga. Cuando se termina de perforar un trozo, el tiempo requerido para descargar los recortes no debe superar el minuto por cada 1.000 pies de profundidad.

Si este tiempo se supera, ello significa que el caudal de aire es insuficiente. La regla enunciada se basa en que todos los cálculos de necesidad de aire suponen una velocidad anular de 3.000 pies por minuto.

- b) APORTES DE AGUA - En muchos casos las formaciones aportan agua, aunque su caudal es insuficiente para que pueda detectarse en superficie. Esto se debe a que parte de esa agua es absorbida por el aire seco (humectación) y por los recortes del trépano, dependiendo en este último caso de la higroscopicidad de los mismos. En ambos casos se puede continuar perforando con aire seco, pero controlando cuidadosamente la presión, aparte de maniobrar la

herramienta luego de cada conexión para detectar cualquier indicio de formación de anillos (mud-rings). Si al cabo de un par de trozos perforados se sigue observando signos de humectación, pueden efectuarse "colchones" de detergente, agregando por el interior del sondeo 1 o 2 galones de detergente en cada agregado. Este tratamiento puede mantenerse o variarse de acuerdo a las condiciones de pozo.

- c) INAPLICABILIDAD DEL SISTEMA - Existen formaciones que no deben perforarse con este sistema, sobre todo aquellas que contienen hidrocarburos líquidos.

Además de la posibilidad de aprisionamientos producidos por la formación de anillos de recortes mojados (adheridos a la columna perforadora), la inyección de aire puede dar lugar a una explosión en el fondo de pozo, fenómeno semejante a la cámara de combustión de un motor Diesel.

Dadas las características del sistema, es obvio que es necesaria la supervisión continua de todos los parámetros a fin de prevenir daños al sondeo y problemas operativos.

NIEBLA

Se cambia a este sistema toda vez que las formaciones aportan fluidos líquidos al pozo perforado. Antes de optar por este sistema se debe agotar el intento de secar el pozo acorde al método explicado en el tema 3.

Al flujo de aire se inyectan cantidades variables de agua y detergente de modo que aseguren una adecuada remoción de los recortes del trépano evitándose la formación de anillos y logrando una buena circulación.

Normalmente, los requerimientos de aire son un 30 o 40% mayores respecto del sistema seco. Esto se debe a tres causas básicas: 1) La columna en el espacio anular es más pesada, debido a la presencia de agua; 2) Los recortes están humectados; 3) Debido a esa humectación y dependiendo de las características del terreno, los recortes se unen formando partículas de mayor dimensión, teniendo en consecuencia, mayores velocidades de sedimentación.

En operaciones con aire seco se tienen presiones del orden de las 300 psig. En trabajos con niebla es dable esperar presiones superiores. La cantidad de agua de formación que se encuentre es un factor incidente sobre este parámetro. El uso de espumígenos facilita el transporte de detritus, baja las presiones y caudales de aire necesarios. En consecuencia, los requerimientos de equipos son menores.

Durante las maniobras, el agua aportada por la formación se acumula en el pozo. Para desalojar esta agua serán necesarias presiones de 1.000 psig o mayores. Es por ello que el desplazamiento del agua es conveniente realizarlo por tramos.

Dado que pocas son las zonas en las que puede perforarse todo un tramo con aire seco, deben conocerse, necesariamente, algunos de los problemas que trae aparejado el uso de la niebla como medio de perforación:

- A: Posiblemente, el 75% de los inconvenientes al operar con niebla se deban a trabajar con caudales de aire insuficientes. En muchas operaciones, la regla práctica de utilizar mayor porcentaje (30%) de aire, no alcanza. Los requerimientos de aire pueden superar ampliamente ese valor.
- B: Los aprisionamientos que ocurren perforando con sistema niebla son producidos, generalmente, por una limpieza deficiente del pozo. Al interrumpirse la circulación prematuramente, los recortes precipitan y forman tapones sobre el sondeo. En aire seco, es aconsejable circular antes de las conexiones, hasta observar el retorno completamente limpio. En niebla, esta condición es imperativa.
- C: El desmoronamiento del pozo es otra de las causas más frecuentes del fracaso de este sistema. El derrumbe de las paredes es fácilmente detectable en superficie, ya que el tamaño de estos recortes difiere considerablemente del retorno del fondo.

Toda vez que haya agua presente en el pozo, deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- 1 - Se deberá mantener el pozo tan seco como sea posible.
- 2 - Los aumentos en el caudal de detergente dan más consistencia a la niebla y se mejora la capacidad de acarreo.
- 3 - Es aconsejable inyectar a intervalos un tapón de agua con alta concentración de detergente para aumentar la eficiencia en la limpieza.
- 4 - Siempre que el caudal de aire sea suficiente y el pozo estable, se podrá desplazar el volumen del agua aportado por las formaciones. En los manuales se indica que se pueden descargar hasta 150 barriles por hora de líquido y perforar normalmente.
- 5 - Es conveniente inyectar un anticorrosivo para preservar el sondeo.

Referente al equipo de superficie, además de los compresores son necesarias bombas inyectoras de agua o lodo y dosificadoras de productos químicos.

INYECCIONES AIREADAS

La inyección aireada, planificada cuidadosamente, puede resultar el mejor y más económico método para superar los problemas ocasionados por las pérdidas severas de circulación, aquellas formaciones donde no se puede aplicar otro sistema neumático.

Podríamos decir que existen dos razones para utilizar aire en una columna de lodo cuando se perfora:

- 1 - Para evitar o minimizar la pérdida de fluido de perforación a la formación, disminuyendo la presión hidrostática o como resultado de un aumento en la eficiencia hidráulica.
- 2 - Para aumentar el régimen de perforación, ya sea como resultado de la disminución de la presión hidrostática o como resultado de un aumento en la eficiencia hidráulica.

Consideramos primero el problema de la pérdida de circulación.

Normalmente, las pérdidas de circulación son provocadas por la incapacidad de la formación para sostener la presión hidrostática de la columna de fluido. Esto puede deberse ya sea a una cuestión de porosidad de la roca o a una fracturación inducida.

Cuando se utiliza material obturante, el objetivo es hacer la formación más competente, capaz de soportar el peso de la columna de lodo. En inyección aireada, la intención es la opuesta: reducir la presión de la columna de lodo en el punto donde la formación la soporta.

De tal modo, si es posible reducir la presión, también será posible calcular la reducción necesaria.

Se considerará ahora la posibilidad de una mayor reducción de la altura hidrostática de manera de lograr un aumento del régimen de perforación. El gráfico de la fig. 1 es indicativo de algunas de las ventajas que se logran a partir de la reducción de la presión hidrostática.

No obstante, hay límites que deben observarse y estimarse:

- 3 - La presión en profundidad del agua o hidrocarburos, dato que puede obtenerse por perfiles y por referencias de producción.
- 4 - La velocidad anular en la parte superior del pozo. Si hay al menos 1.000 de cañería entubada, esto no sería un problema.
- 5 - El límite práctico normal de aireación una relación aire/lodo de alrededor de 20:1.

Si el único límite impuesto al sistema es la relación aire/lodo, podría cuestionarse el uso de un sistema aireado, dado que existen mayores ventajas en la perforación con aire seco o niebla.

Si los límites detallados en los puntos 3 y 4 se encuentran establecidos, la obtención de la reducción real de la presión es, entonces, un asunto de interrelación del valor del régimen de perforación a obtenerse con la máxima aireación y el del valor mínimo para evitar turbulencias indeseables y golpes de presión en el pozo.

La importancia del lodo en un sistema aireado es fundamental, debiendo evitarse su modificación dentro de lo posible.

De manera que deberá tenerse en cuenta:

- 6 - La planificación tenderá a obtener una reducción hidrostática definida.
- 7 - Deberá considerarse lo especificado en el punto 3, respecto de las limitaciones en la reducción de la presión hidrostática.

La inyección aireada deberá tomarse como un sistema integral aire/lodo. Ninguno de los dos componentes pueden ser tratados independientemente uno de otro.

Las repetidas tratativas de parar las pérdidas de circulación por los métodos usuales implica demasiadas obturaciones a presión, contaminaciones del barro y carreras del sondeo. Todos estos hechos pueden dañar severamente las formaciones expuestas.

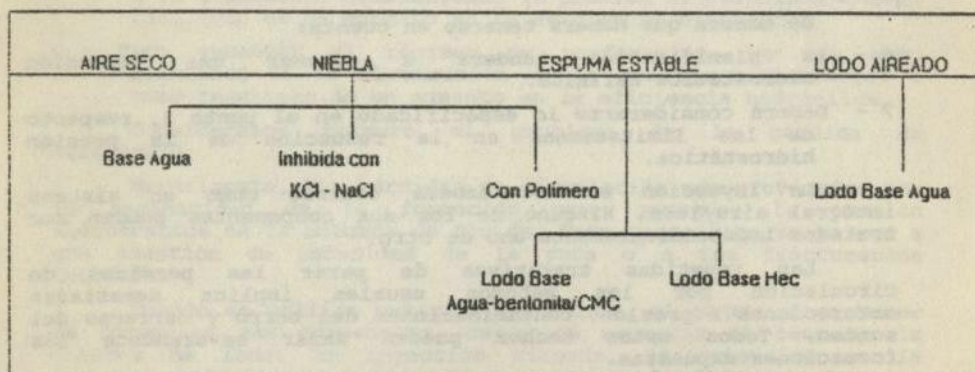
Casi invariablemente, las paredes comienzan a desmoronarse y ensancharse. Si ello ocurre, la aireación resultará dificultosa. Cuanto mejores sean las condiciones del pozo, mayores serán las posibilidades de lograr un buen resultado con inyección aireada, así como también con lodo convencional.

En el pasado, muchas veces, la decisión de perforar con lodo aireado ha sido el último recurso a que se recurrió, luego de fracasar otras técnicas y dejando el pozo en condiciones deplorables. Tales operaciones no pueden considerarse ensayos valederos para una técnica de perforación de este sistema:

- En lo que concierne al trépano es similar a la perforación convencional.
- Debe preverse una entubación adecuada.
- Debe emplearse la mínima cantidad de aire posible.
- Debe usarse el mejor lodo.
- La decisión de airear el lodo debe tomarse en el momento preciso.
- Debe controlarse la relación aire/lodo estrictamente.

CUADRO 1

PERFORACION CON AIRE



CUADRO 2

PERFORACION CON FLUIDOS NEUMATICOS

VENTAJAS	DESVENTAJAS
* Mayor penetración * Mayor duración del trépano. * Mejor detección de hidrocarburos. * Control geológico continuo. * Supera zona con pérdidas. * Disminución de costos. * No introduce daño a las formaciones.	* Menor control de la presión de formación. * No estabiliza formaciones desmoronables. * Riesgo de combustiones y explosiones.

INSTALACIONES PARA PERFORACION AIREADA

FIG 1

