

Innovaciones en el sistema mwd/lwd de medición y perfilaje en tiempo real durante la perforación

Por *Gabino Velasco*

En el marco de lo aprendido en el 2° Congreso Latinoamericano de Perforación, Terminación, Reparación y Servicio de Pozos, se resumen en este trabajo las últimas innovaciones técnicas de medición durante la perforación.

MWD (Measuring While Drilling)

Ante el brusco descenso del precio del barril de crudo y el consecuente paro de la mitad de los equipos de perforación en los Estados Unidos, la industria de servicios para el *upstream* del petróleo y el gas tomó conciencia de que la clave de su supervivencia está en invertir en nuevas tecnologías dirigidas a la reducción del costo del metro perforado, de manera que una cantidad menor de pozos



Figura 1. MWD (Measuring While Drilling) indicador del la inclinación y la orientación (*acimut*) de la columna perforadora.

resulten improductivos y que se incremente el factor de recuperación de los pozos productivos.

El instrumento de medición en tiempo real MWD de las variables involucradas en la construcción del pozo ha tenido un desarrollo importante en la medición de los parámetros que prolongan la vida del trépano (Figura 1), lo cual permite completar una etapa del pozo con un solo trépano, algo que para el operador significa un importante ahorro. A su vez, si consideramos la posibilidad de medir y transmitir a la superficie por pulsaciones en el bombeo del lodo o por medios geomagnéticos en tiempo real: peso sobre el trépano, torque en el fondo del pozo, movimientos vibratorios en cuatro ejes (tres dimensiones + tiempo), *acimut* e inclinación y la presión en el espacio anular, estamos en condiciones de alcanzar la máxima eficiencia en la perforación eliminando carreras para cambio de trépano e incrementando la velocidad de penetración, que es la variable clave para la reducción del costo de la perforación de los pozos (Figura 2).

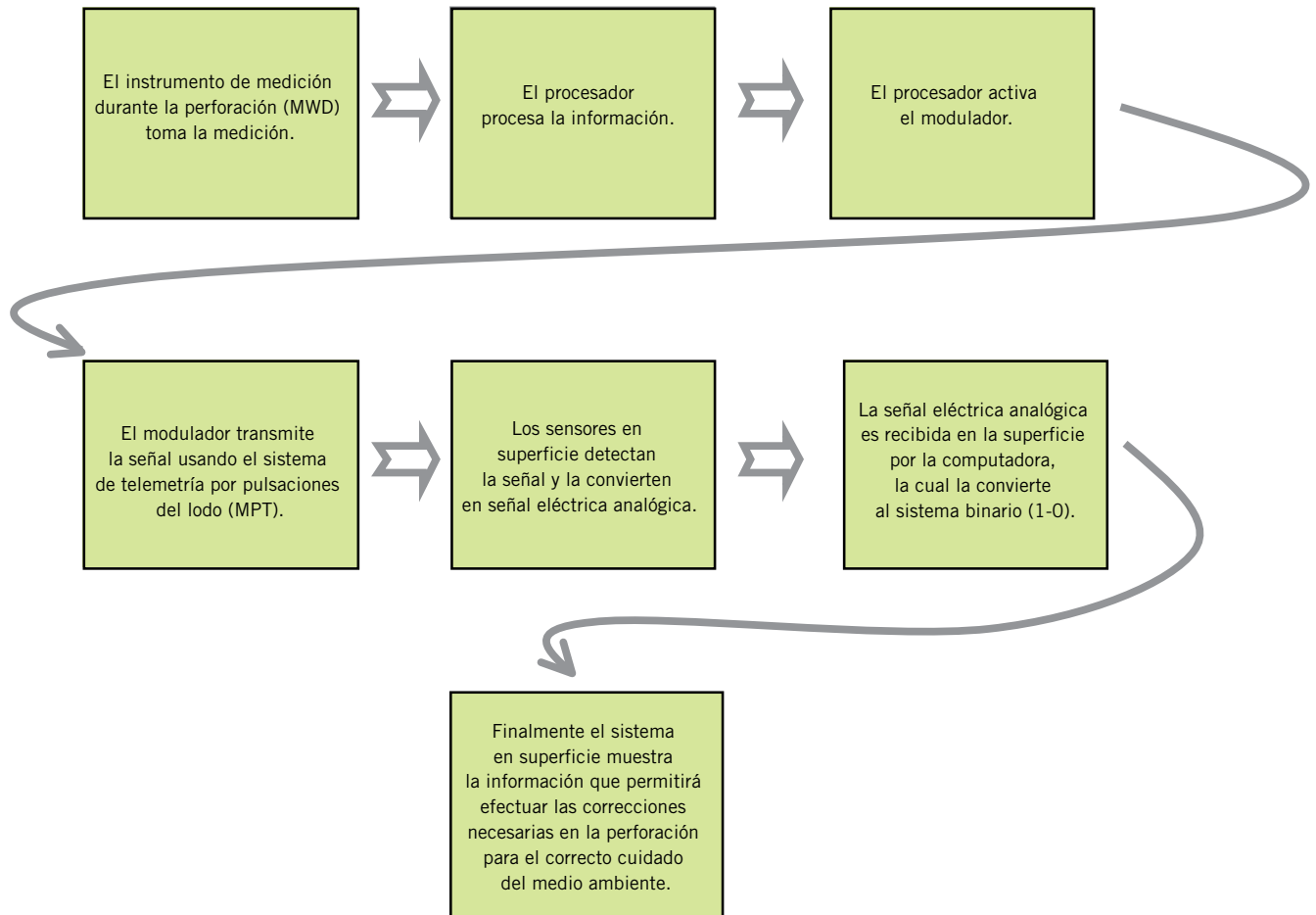


Figura 2. Dinámica de trabajo del sistema MWD de medición de parámetros durante la perforación.

Tipo	Aplicación	Parámetro de medición	Límites operativos
Clinómetro (DMT).	Pozos verticales.	Monitoreo de la inclinación y la temperatura.	Temperatura máxima de operación 150 °C.
Sistema para medición del <i>acimut</i> (AMS).	Pozos verticales.	Monitoreo de la inclinación, la temperatura y el <i>acimut</i> .	Temperatura máxima de operación 150 °C.
Sistema independiente de medición del <i>acimut</i> (SAM).	Perforación con herramienta direccional.	Monitoreo sobre la marcha de la inclinación, la temperatura y el <i>acimut</i> de la herramienta direccional (<i>tool face</i>).	Temperatura máxima de operación 150 °C.
Sistema MWD con pulsos de elevada intensidad.	Pozo con pobre recepción de la señal electromagnética (EM) y alta velocidad de telemetría.	<i>Acimut</i> del pozo, temperatura, <i>acimut</i> de la herramienta direccional (<i>tool face</i>) y perfil de rayos gamma.	Temperatura máxima de operación 150 °C. Si el pozo sufriera pérdidas de circulación, la concentración de material obturante en el lodo no debe superar los 200 kg/m ³ .
Sistema MWD de pulsos electromagnéticos para la medición de <i>acimut</i> .	Pozos con riesgo de enfrentar elevadas pérdidas de circulación, en los cuales se programen lodos de fluidos compresibles y con contenido de material obturante. Con LWD.	Registros de <i>acimut</i> del pozo, temperatura, <i>acimut</i> de la herramienta direccional (<i>tool face</i>) y presión en el espacio anular. Registro en el trépano de perfil de rayos gamma, perfil de rayos gamma acimutal e inclinación del pozo.	Temperatura máxima de operación 150 °C. Si el pozo sufriera pérdidas de circulación, la concentración de material obturante en el lodo no debe superar los 200 kg/m ³ . Utilización de fluidos compresibles o aire como lodo de perforación.
Sistema MWD con registrador LWD para pozos de ambiente hostil.	Pozos HP/HT de alta presión y temperatura (hasta 30.000 psi y 180 °C). Con LWD y telemetría de alta velocidad.	Registros de <i>acimut</i> del pozo, temperatura, <i>acimut</i> de la herramienta direccional (<i>tool face</i>) y presión en el espacio anular. Registro en el trépano de perfil de rayos gamma, perfil de rayos gamma acimutal e inclinación del pozo.	Temperatura máxima de operación 180 °C. Si el pozo sufriera pérdidas de circulación, la concentración de material obturante en el lodo no debe superar los 200 kg/m ³ . Utilización de fluidos compresibles o aire como lodo de perforación. Operar sin presión en el espacio anular.

Tabla 1. Sistemas de medición MWD/LWD durante la perforación.

Los últimos desarrollos en el diseño de la electrónica del MWD han permitido incrementar el rango de temperatura operativa admisible del instrumento en un 20% hasta alcanzar los 200 °C. Su aplicación primordial es la perforación rotativa orientable (RSS-Rotary Steerable System) de pozos HP/HT con el objeto de acceder a reservorios más profundos.

A medida que crece la perforación de pozos de largo alcance ERD (*Extended Reach Drilling*) de hasta 12 km de longitud, resulta imprescindible contar con un MWD capaz de informar el *acimut* de la herramienta direccional (*tool face*) que le permita al ingeniero de perforación direccional confirmar que la herramienta recibió de manera apropiada las órdenes enviadas, y así tener la certeza de que el pozo “aterrizó” en la formación que era el objetivo del sondeo (Tabla 1).

LWD (*Logging While Drilling*)

El perfilaje en tiempo real durante la perforación (LWD) es la tecnología que consiste en bajar al pozo herramientas de perfilaje incorporadas al conjunto de fondo (BHA) de la columna perforadora que fue desarrollada con la finalidad de complementar o sustituir el perfilaje a cable.

El LWD transmite a superficie la información registrada con la misma telemetría utilizada por el MWD. Una lista incompleta de los perfiles disponibles por medio del LWD es la siguiente:



Perfil de rayos gamma

- Rayo gamma total
- Rayo gamma espectral
- Rayo gamma acimutal
- Rayo gamma cercano del trépano

Perfil de densidad e índice fotoeléctrico

Perfil neutrónico de porosidad

Calibre del pozo

- Calibre acimutal ultrasónico
- Calibre de densidad

Perfil de resistividad

- Atenuación del cambio de fase de la resistividad a diferentes espaciamentos y frecuencias
- Resistividad cercana al trépano
- Resistividad profunda orientada

Perfil sísmico

- Inversa de la velocidad de propagación a la compresión
- Inversa de la velocidad de propagación al corte

Imágenes

- Densidad del pozo por imagen
- Resistividad del pozo por imágenes

Ensayo de formación y muestras

- Presión de formación
- Muestras de fluidos

Resonancia magnética nuclear (nmr)

Registro sísmico durante la perforación (SWD)

El instrumento LWD con perfil de Rayos Gamma Acimutal posee un sensor particularmente valioso en el desarrollo de los reservorios no convencionales *shale* debido a que suministra en tiempo real, durante la perforación, imágenes 16 bin que abarcan los 360° del pozo y proveen información mineralógica, la posición estructural de la formación, los contenidos de materia orgánica (TOC) y de arcilla.

La herramienta LWD se puede definir como aquella cuyos perfiles tienen por objetivo principal localizar y evaluar reservas comerciales, posibilitar la identificación de reservorios de producción rentable o de vida productiva prolongada.

También es fundamental la geonavegación (*geosteering*), que utiliza las mediciones en tiempo real para identificar los reservorios buscados y ubicar el pozo en ellos con precisión. Su costo es ventajoso en comparación con el costo del sistema alternativo.

Uno de los últimos desarrollos en esta área es un perfil electromagnético que define una esfera de 61 m de diámetro circundando el pozo, la cual no solamente suministra estas mediciones en forma continua, sino que también decide y ejecuta la navegación para encontrar un "sweet spot" (porción más rentable del *shale*), asimismo permite localizar y evitar estados geológicos riesgosos que pueden causar grandes daños. Recientemente en una operación realizada *offshore* en Brasil, el LWD condujo la perforación a través de tres reservorios que no estaban conectados entre sí y permitió ponerlos en producción con un solo pozo.

Bibliografía

- Ghiselin D., "MWD/LWD Advances", Offshore Magazine, August 2015.
- Ashley D. K.; Mc Nary X. M. y Tomlinson J. C., *Extending BHA life with multiaxis vibration measurement*, SPE/IADC 67693.
- Meaggia F. y R. Cuglia, *Optimización de la perforación de pozos horizontales en Yacimiento de crudo pesado*, II Congreso de Perforación IAPG.
- "MWD Systems", Weatherford International.