

**DESCRIPCION FUNCIONAL DE HERREMIENTAS MWD (Measure While Drilling)
EM Y PULSO POSITIVO**

CARLOS ALBERTO VELASCO GIL

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESPECIALIZACIÓN EN CONTROL E INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BUCARAMANGA
2013**

**DESCRIPCION FUNCIONAL DE HERREMIENTAS MWD (Measure While Drilling)
EM Y PULSO POSITIVO**

CARLOS ALBERTO VELASCO GIL

Ingeniero Electrónico, Universidad Pontificia Bolivariana

**MONOGRAFÍA DE GRADO PARA OPTAR POR EL TITULO DE ESPECIALISTA EN
CONTROL E INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL**

DIRECTOR: ING. Msc JUAN CARLOS VILLAMIZAR RINCON



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESPECIALIZACIÓN EN CONTROL E INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BUCARAMANGA**

2013

NOTA DE ACEPTACION

Firma del Presidente del
Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bucaramanga, Septiembre de 2012

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por darme la sabiduría para realizar este gran salto en mi vida como profesional.

A mis padres y familiares que con su apoyo incondicional y constante, me ayudan a mantener un impulso para continuar con cada una de las metas trazadas.

A todos y cada uno de los profesionales que estuvieron involucrados en la especialización que con sus aportes y experiencia que ayudaron a fortalecer los conocimientos en instrumentación y el control industrial.

A todos Gracias

Carlos Alberto Velasco Gil

Tabla de Contenido

CONTENIDO

<i>TABLA DE CONTENIDO</i>	5
<i>LISTA DE FIGURAS</i>	7
<i>LISTA DE TABLAS</i>	8
<i>RESUMEN</i>	
<i>INTRODUCCION</i>	11
1. MARCO TEORICO.....	12
1.2 TELEMETRIA ELECTROMAGNETICA.....	12
1.2.1 Características y descripción de la Telemetría Electromagnética.....	13
1.2.2 Aplicaciones y Usos.....	15
1.2.3 Ventajas.....	17
1.2.4 Desventajas.....	20
1.3 TELEMETRIA DE PULSO POSITIVO.....	21
1.3.1 Características y descripción de la Telemetría de Pulso Positivo.....	21
1.3.2 Aplicaciones y Usos.....	23
1.3.3 Ventajas.....	25
1.3.4 Desventajas.....	25
2. RECOPIACION DE INFORMACION TOMADA DE TRABAJAOS REALIZADOS POR ALGUNAS COMPAÑIAS EN CAMPO.....	26
2.1. Informe MWD de Telemetría Electromagnética.....	26
2.1.1 Fase de 8 ½" Corrida 1 (562 ft a 3894 ft).....	27
2.1.2 Fase de 8 ½" Corrida 2 (3894 ft a 7262 ft).....	29
2.1.3 Conclusiones y Recomendaciones.....	30
2.2 Informe MWD de Telemetría de Pulso Positivo.....	31
2.2.1 Descripcion de corrida 1 (110ft – 998 ft).....	32

2.2.2	Descripcion de corrida 2 (998 ft – 7262 ft).....	33
2.2.3	Descripcion de corrida 3 (viaje de acondicionamiento).....	35
2.2.4	Conclusiones y recomendaciones.....	37

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Transmisión de Señal Electromagnética.....	13
FIGURA 2. Sistema de Telemetría Electromagnética.....	14
FIGURA 3. Gamma Ray.....	16
FIGURA 4. Generación de Pulso Positivo	22
FIGURA 5. Telemetría de Pulso Positivo	23
FIGURA 6. Registro de datos con Gamma Ray utilizando Telemetría de Pulso Positivo.....	24

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Partes del BHA utilizado con Telemetría Electromagnética.....	27
Tabla 2. Descripción de parámetros de desempeño.....	28
Tabla 3. Partes del BHA Utilizado en la corrida 2.....	29
Tabla 4. Descripción de parámetros de desempeño corrida 2.....	30
Tabla 5. Descripción de BHA utilizado con Telemetría de Pulso Positivo.....	32
Tabla 6. Descripción de parámetros de desempeño corrida 1.....	33
Tabla 7. Descripción de BHA utilizado corrida 1.....	34
Tabla 8. Descripción de parámetros de desempeño corrida 2.....	35
Tabla 9. BHA utilizado corrida 3.....	36
Tabla 10. Parámetros de desempeño corrida 3.....	37

RESUMEN MONOGRAFÍA DE GRADO

TITULO: DESCRIPCION FUNCIONAL DE HERREMIENTAS MWD (Measure While Drilling) EM Y PULSO POSITIVO

AUTOR: CARLOS ALBERTO VELASCO GIL

FACULTAD: ESP. EN CONTROL E INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL

DIRECTOR: ING. JUAN CARLOS VILLAMIZAR RINCON

RESUMEN

La Industria del Petróleo siempre busca mantener un desarrollo en perforación de pozos que puedan mitigar tiempos y ayudar a tener un trabajo con resultados óptimos. Mediante la implementación de nuevas tecnologías tales como los equipos MWD (Measure While Drilling), telemetrías como EM y Pulso Positivo brindan una confiabilidad en los trabajos realizados en diferentes pozos. Es la finalidad mostrar cada una de las telemetrías como son aplicadas, su funcionalidad y buen desempeño en diferentes tipos de formación. Su desarrollo tecnológico y avances en la compatibilidad con nuevos sistemas que permiten explorar más de sus ventajas.

PALABRAS CLAVES: Funcionalidad, MWD, telemetría, tecnologías.

OK DIRECTOR DE MONOGRAFIA

ABSTRACT OF MONOGRAPH DEGREE

TITLE: FUNCTIONAL DESCRIPTION OF TOOLS MWD (Measure While Drilling) EM AND POSITIVE PULSE

AUTHORS: CARLOS ALBERTO VLEASCO GIL

DEPARTMENT: SP. CONTROL AND INDUSTRIAL INSTRUMENTATION

DIRECTOR: ENG. JUAN CARLOS VILLAMIZAR RINCON

ABSTRACT

The Petroleum Industry always seeks to maintain a drilling development that can mitigate time and help you have a job with optimal results. By implementing new technologies such as computers MWD (Measure While Drilling), telemetry and Positive Pulse EM and provide reliability in the work done in different wells. The purpose is to show each of the telemetry as applied, functionality and good performance in different types of training. Its technological development and advances in compatibility with new systems that allow you to explore more of its advantages.

KEY WORDS: Functionality, MWD, telemetry, technologies.

OK MONOGRAPH DIRECTOR

INTRODUCCIÓN

Durante varios años la industria de hidrocarburos ha sido una de las mayores fuentes de desarrollo tecnológico en diferentes lugares del mundo. Para diferentes empresas dedicadas a esta industria ha entrado la importancia de minimizar tiempos operativos y calidad en la prestación de sus servicios. Es por esta razón, que se mantiene la inversión en investigación de sistemas, equipos y herramientas.

Grandes multinacionales mantienen una constante competencia en la implementación de estas nuevas tecnologías, las cuales han llegado a destacarse sistemas tales como EM y Pulso Positivo.

El sistema electromagnético MWD EM (electromagnetic measurement while-drilling) permite, al operador, la perforación de pozos en forma independiente de la hidráulica del equipo de perforación. La caída de presión, rangos de flujo, fluido de perforación y pérdidas en la formación son irrelevantes al utilizar tecnología EM, provocando ahorro en tiempo de perforación y costo de proyectos.¹

Por su parte, el diseño del sistema MWD (measurement-while-drilling) Pulso Positivo está basado en la confiabilidad comprobada del sistema electromagnético pero incluye modificaciones específicamente para perforación direccional.²

Los trabajos realizados con estos sistemas, hasta el momento, han permitido el desarrollo de operaciones exitosas, dejando una constancia de la calidad de la innovación tecnológica. El proceso que se desarrolla para la práctica y trabajo de estos sistemas permiten tener una visión de un lazo de control de fácil manejo y gran utilidad para la industria petrolera.

Con el fin de mostrar el excelente desempeño y el proceso que se lleva a cabo diariamente en diferentes campos de perforación con estos sistemas, este documento resaltara y brindara una posible visualización de cada etapa que se desarrolla durante cada trabajo en campo.

¹<http://www.weatherford.com/weatherford/groups/web/documents/weatherfordcorp/WFT113696.pdf>

²

<http://www.weatherford.com/weatherford/groups/web/documents/weatherfordcorp/wft113692.pdf>

1. MARCO TEORICO

1.1 Telemetría

Es una tecnología que tiene como función registrar una medición de equipos en condiciones remotas, una vez tomada la información es enviada donde se encuentra un operador. Toda la información enviada al operador se realiza mediante sistemas inalámbricos, fibra óptica u otros medios.

Este sistema fue usado por primera vez en Chicago en 1912, un centro de vigilancia que uso las líneas telefónicas para recibir los datos operativos remotos de unas plantas de energía. Otros campos comenzaron a aplicar este tipo de sistemas, con las mejoras que se realizaron durante las décadas que siguieron. Esta forma de telemetría se amplió para su uso en los satélites de observación en la década de 1950.³

Con la implementación de la telemetría se fue manejando en diferentes lugares de trabajo donde la comunicación no era tan sencilla, es así como en la industria de los hidrocarburos se busca la implementación de este sistema para la exploración de pozos. Las telemetrías utilizadas desde entonces han sido la telemetría de pulso positivo y electromagnética.

1.2 Telemetría Electromagnética

La Telemetría Electromagnética es utilizada en la industria de hidrocarburos para la perforación de pozos desde hace unos años, por la electrónica utilizada se encontró que es un sistema con facilidades de navegación de datos y reconocimiento de estrategias según sea el plan direccional que se diseñe.

Partiendo del plan diseñado la telemetría permite tener un estado actual de la dirección e inclinación de la broca y el motor direccional y así establecer si el direccionamiento es correcto.

³ <http://www.radiocomunicaciones.net/telemetria.html>

Es un sistema utilizado por ser inherente al tipo de presión del fluido usado en perforación.

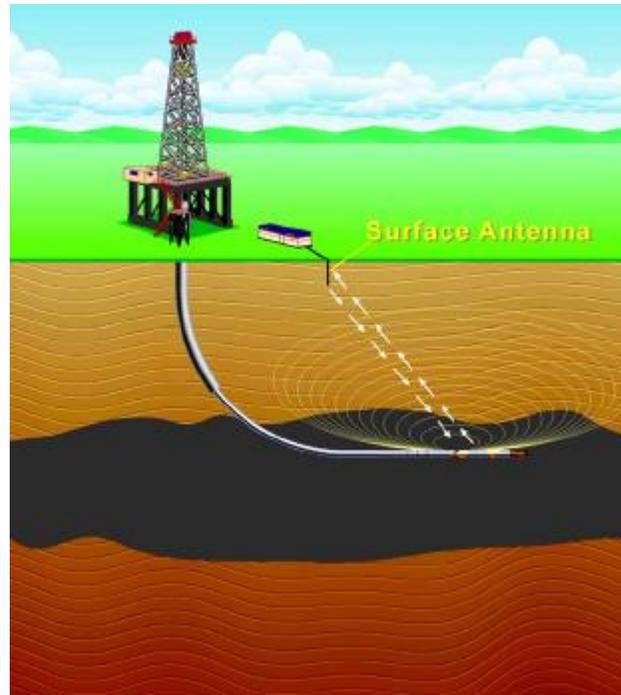


FIGURA1. Transmisión de señal electromagnética⁴

Para la propagación de la información se utiliza una onda electromagnética de cuya frecuencia varía dependiendo de la formación geológica. El camino de regreso de la información puede ser la tubería de perforación o la formación que se está perforando donde se evidencia una calidad en su transmisión si la formación es poco resistiva. La adquisición de los datos en superficie es recibida por una antena que es construida con los polos usados en superficie que permiten formar una onda que recibe la información enviada desde fondo por los sensores que componen la herramienta. Los polos son creados a partir de un pozo aledaño, un estaca de cobre enterrada y la BOP's (cabeza de perforación).

1.2.1 Características y descripción de la Telemetría Electromagnética

La telemetría electromagnética es un sistema que abarca características de los principios de comunicación básicos como son la

⁴ WEATHERFORD LTDA, Measurement While Drilling IEssentials

radiofrecuencia y la comunicación por medio de sistemas compuestos de materiales conductores. Este sistema es utilizado por su comunicación independiente de un cable para envío de comunicación desde fondo, esta telemetría utiliza para el transporte de información la tubería de perforación y la formación.

La información es enviada por medio de ondas electromagnéticas con amplitudes pequeñas pero suficientes para la transmisión completa de la información desde fondo hasta superficie.

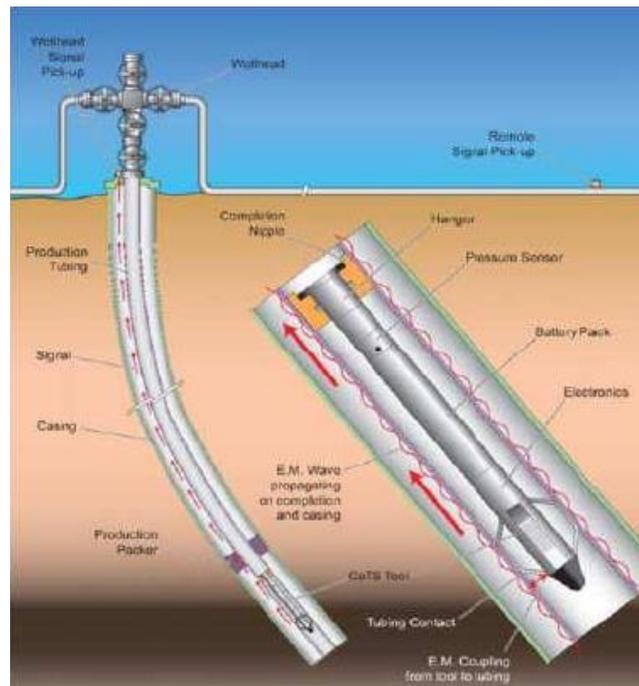


FIGURA2. Sistema de Telemetría Electromagnética⁵

En fondo, se encuentra una sonda inmersa en la tubería compuesta por equipos electrónicos, los cuales están compuestos por una sonda de sensores, una batería y una antena de cobre conductora que permite la comunicación bidireccional de la telemetría.

Uno de las restricciones en el equipo es la batería de litio que alimenta al equipo en fondo. Dependiendo de la profundidad a la cual se debe llegar se determina la capacidad y temperatura de operación de ella.

El sistema inicia con una antena emisora que inyecta una corriente eléctrica hacia la formación por el agujero, al inyectar la corriente se

⁵ WEATHERFORD LTDA, Measurement While Drilling IEssentials

forma una onda electromagnética que viaja por la formación y es filtrada a través de la tubería. Todos los datos son transmitidos por modulación de una onda formada por esta corriente y son decodificados en superficie por el sistema diseñado.

Toda la propagación es mejorada si se maneja una buena tubería que funcione como conductora y una formación poco resistiva que facilita la atenuación de la señal. Todos los factores que pueden atenuar la señal deben ser evaluados para determinar qué plan puede ayudar a favorecer la transmisión de la señal.

Esta tecnología, al igual que todos los sistemas de transmisión inalámbrica puede ser afectada por muchos factores a demás del tipo de formación, la tubería y el equipo en superficie instalado.

Con la ayuda de unos sensores compuestos por un cuerpo de cuarzo se consigue tener los componentes necesarios para determinar el valor de la inclinación, la dirección y la temperatura del pozo. Por ser un sistema independiente de la actividad que se realice durante la perforación mantiene una transmisión de datos en tiempo real.

1.2.2 Aplicaciones y Usos

La telemetría es utilizada en múltiples ambientes; ya que por ser independiente de los fluidos de perforación permite un trabajo óptimo y una comunicación eficaz desde fondo a superficie. Debido a que los lugares donde se encuentra la formación productora es de difícil acceso y los sistemas utilizados convencionalmente no suministran información veraz la telemetría electromagnética ha sido reconocida por reemplazar estos sistemas de comunicación que utilizan el lodo como medio de propagación de información y a demás son independientes de las características del taladro.

Por su medio de comunicación permite ver que diferentes empresas petroleras encontraron en su utilización una rentabilidad mayor a otros sistemas al minimizar viajes y poder utilizar diferentes aditivos en el lodo sin afectar la transmisión de datos a superficie, evitando también la fatiga y desgaste de las bombas.

A pesar de ser una tecnología con una baja rata de transmisión de datos es confiable y permite tener un constante monitoreo de la ubicación de la sarta en fondo. En diferentes países se ha utilizado

esta telemetría encontrando resultados que cumplen con el manejo de las formaciones y penetrando en lugares que antes no se podía llegar.

La telemetría Electromagnética es combinada con sensores que pueden brindar más cantidad de datos, tales como:

- Telemetría electromagnética con Gamma Ray: es una combinación utilizada para adquisición de datos completa no solo los datos de dirección e inclinación, sino que esta combinación permite contar con los registros del pozo y tener una mejor identificación del tipo de formación que se está perforando. Se consigue este registro con la ayuda del los rayos gamma, los cuales tienen una reacción diferentes en cada uno de los tipos de formación atravesados y esta información, se almacena y es analizada por los especialistas en el tema. En la figura 3 se ve un espectrograma de medición típica en fondo tomada por una sonda LMWD

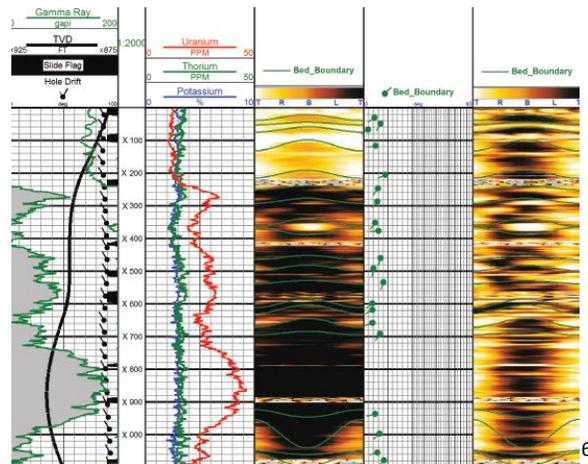


FIGURA3. Gamma Ray

- Telemetría con sonda de inclinación⁷ : es una aplicación funcional en todos los ambientes de perforación (lodo, bajo balance, aire)

Aplicaciones horizontales con una zona delgada
Perforación de corto radio

⁶ WEATHERFORD LTDA, Measurement While Drilling IEssentials

⁷ Inc-Sonde Inclinacion Sonde. Weatherford LTDA.

Mayor precisión Geonavegación

La telemetría permite su navegación en condiciones de trabajo:

- **POZOS CONVENCIONALES:** La instalación de la telemetría electromagnética provee un valioso ahorro de tiempo y trabajo en la perforación de pozos convencionales con el suministro de los datos en tiempo real del posicionamiento de la broca en ese instante. Estos pozos son diseñados con tiempos estimados de perforación cortos.
- **POZOS Y ZONAS ABANDONADAS:** los pozos y zonas abandonadas son considerados muertos en el instante en que se evalúa el intento de perforar y usar nuevamente. Estas condiciones permiten el uso de la telemetría electromagnética donde se podrán sondear zonas que mostraran interferencia para la comunicación y es posible que no sea eficaz su desempeño pero son de gran ayuda para identificación de zonas muy resistivas y se pueda identificar una posible colisión con pozos revestidos y abandonados que aún contiene zona de producción y se puede continuar con su perforación.

1.2.3 Ventajas ⁸

- Instalación simple, rápida en el sitio.

Es de fácil desplazamiento, los equipos empleados son de poco peso y tamaño, lo que no necesita instalaciones especiales en el sitio de trabajo y además permite una instalación rápida. Con la ayuda de unos cables en superficie se forma la antena que permitirá tomar la señal proveniente de fondo, en la instalación se llevaría un cable en la BOP's y el otro será puesto en una varilla de cobre en otro punto del pozo. Para decodificar estas señales obtenidas se instala en la cabina un equipo con un software que convertirá esta señal análoga en digital, brindando los datos necesarios para una perforación direccional.

⁸ Catalogo EM MWD Computalog Drilling Services

- Herramienta Inventario / Movilización reducida.

La sonda MWD diseñada para esta telemetría es de fácil arme y permite tener un inventario completo de cada una de sus partes. Una vez armada la sonda se utilizaran unos tubos no magnéticos donde estará inmersa la sonda y se tendrá la transmisión de la información.

- Amplia Aplicación.

Esta telemetría permite tener diferentes aplicaciones con sensores que complementan una respuesta de información más completa durante la perforación. En los pozos que requieren información más precisa sobre los tipos de litología y condiciones del hueco este tipo de telemetría da buenos resultados. Es utilizada en pozos diseñados con fluidos de diferentes características sin verse afectada su comunicación.

- Ninguna restricción en cuanto a las características del fluido.

Por ser una telemetría basada en una señal electromagnética es independiente de las características del fluido, al igual que de la hidráulica diseñada para los pozos. En pozos con lodos de base aceitosa o espuma la señal será codificada sin problemas en superficie demostrando la efectividad de la telemetría Electromagnética.

- Comunicación bidireccional con la herramienta de MWD.

Es una comunicación bidireccional, ya que se puede solicitar información a la sonda en fondo sin presentar alguna restricción y se puede continuar perforando sin tener que detener el trabajo. Esta función se consigue con el software diseñado para trabajar con un comando de solicitud de información y continuar adquiriendo datos mientras envía el comando solicitado a superficie.

- Optimización de la perforación.

Este sistema permite mediante la solicitud de surveys no retrasar la perforación, esto es evidenciado ya que la toma de estos datos se puede realizar sin tener que detener la sarta y se puede conseguir los datos solicitados desde superficie.

- Reducido tiempo de Pesca y Costos de Perdida en el Hoyo.

Por el diseño de la sonda es usada para esta telemetría ya que se encuentra una manera sencilla de recuperarla en fondo en caso de necesitar extraerla por algún problema presentado durante la perforación. Con esto se disminuyen los costos, ya que se puede recuperar cualquier material que pudiera causar algún daño a la formación y se podrá continuar trabajando sin tener que abandonar el terreno.

- Fiabilidad mejorada.

Se ha diseñado para operar en ambientes difíciles y aplicaciones de perforación horizontal Underbalance. La técnica de perforación Underbalance minimiza el daño a la formación asociado con perforación convencional. Este método de perforación (Underbalance) ha llegado a ser usada en campos más viejos y depletados. Hay que tener en cuenta los altos niveles de vibración de la herramienta en perforación Underbalance. Por esto, centralizadores adicionales son requeridos.

- Operación por Batería.

Es un sistema diseñado para trabajar con una batería que se puede utilizar en condiciones de altas temperaturas y de pozos profundos que permite mantener una comunicación constante. Tiene una durabilidad no menor a 200 horas de trabajo

1.2.4 Desventajas

- Transmisión de Datos

La transmisión de información con esta telemetría es afectada si la formación que se atraviesa es bastante resistiva esto causa una atenuación de la señal y es complicado conseguir una comunicación entre el software en superficie y la sonda en fondo.

- Velocidad de propagación de la información

Es un sistema de comunicación lento, ya que es transmitida desde el fondo del hueco por parte de la sonda en fondo con una velocidad de transmisión de 1- 3 bit/seg. Una sonda con amplitud no mayor a 5.33Hz.

- Limitantes en la Perforación

Según sea el diseño del pozo se obtiene una comunicación buena con la sonda, si la profundidad es bastante se puede encontrar una limitante en la transmisión por la distancia que viaja la señal atravesando a demás de eso formación que pueden ser poco resistivas pero no ayudan a la codificación correcta en superficie.

- Ruido

El origen del ruido puede ser mecánico o eléctrico. El Ruido de Origen mecánico de Fondo es producido por las variaciones eléctricas debido a falsos contactos eléctricos o cuando la tubería se mueve o rota, debido a las vibraciones que afectan la antena en fondo conectada a los tubulares.

El ruido de Origen Eléctrico en Superficie, variaciones en la Fuente de Poder (ejemplo por soldaduras en la estructura del taladro, mal aterramiento, contactos eléctricos malos, etc.), aun cuando la señal sea buena si el nivel de ruido es alto se puede tener problemas de detección.

1.3 Telemetría de Pulso Positivo

Es una telemetría conformada por un sistema de transmisión en fondo que envía información a la superficie con la ayuda de la columna de lodo utilizado por el equipo de perforación, es usada para la perforación de zonas difíciles de llegar y con gran resistividad por ser independientes de la atenuación de la señal por la formación.

La información es generada por una onda de presión formada por un equipo que crea pulsos en fondo y estos son transportados por la columna de lodo. Estos datos pueden ser modulados por diferentes maneras modulación por código de pulso, código Manchester, etc.

La transmisión de los datos a superficie es tan rápida como sea las características del lodo y el trabajo de las bombas en superficie lo permita. Con la ayuda de los sensores de presión instalados en la línea del StandPipe se logra conseguir la cantidad de datos necesarios para codificar por el software en superficie y brinda la información necesaria para perforar según el plan diseñado.

1.3.1 Características y descripción de la Telemetría de Pulso Positivo

La telemetría de Pulso Positivo está diseñada con un elemento en fondo denominado Hydraulic Popet Valve, la cual actúa como creador de las ondas necesarias para obtener una información. Al accionar el Popet este inicia a trabajar con un orificio instalado en el pulser, al accionarse se crea un aumento de presión formando así una onda que es enviada a superficie a través de la columna de lodo. Esta serie de pulsos son detectados por un transductor en superficie ubicado en el standpipe o en las bombas y decodificados por un computador en superficie.

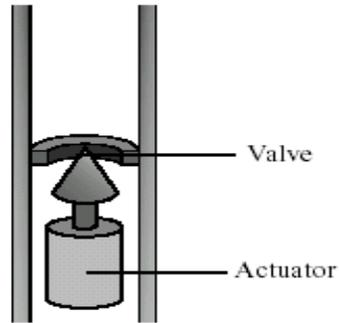


FIGURA 4. Generación de Pulso Positivo⁹

Estas ondas son convertidas de señales análogas y a digitales las cuales son procesadas por el software brindando la información necesaria para realizar un trabajo direccional.

Esta telemetría proporcionará una correcta información si los valores son seleccionados correctamente de acuerdo a las condiciones planteadas para la realización de cualquier pozo. Este sistema tiene una característica que puede ser una desventaja para su comercialización en el momento de la toma de Surveys, durante esta operación es necesario no mover la sarta ni colocar rotación por un lapso de tiempo corto, esto causa una suma de tiempos que al final se ven reflejados en los tiempos operacionales como tiempo perdido.

Una buena lubricación de la herramienta con un lodo en condiciones buenas permite contar con una comunicación de mejor calidad, ya que se vería reflejado en el poco ruido transmitido por los sensores instalados en el StanpPipe y las bombas del equipo.

⁹ Measure while Drilling 2013.

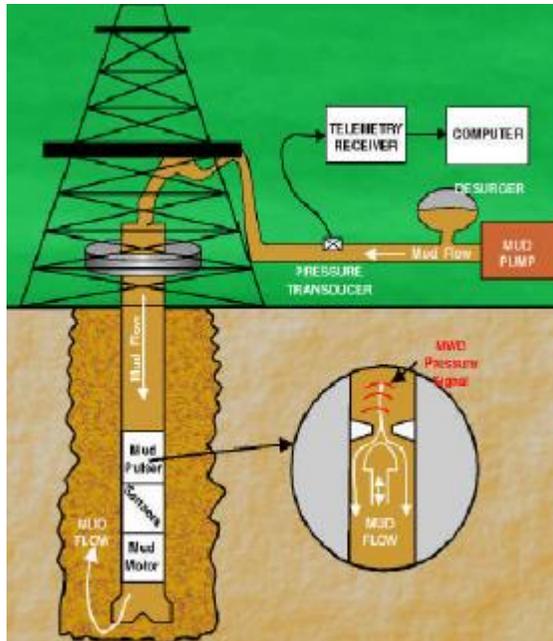


FIGURA 5. Telemetría de Pulso Positivo¹⁰

1.3.2 Aplicaciones y Usos

Con el difícil acceso a los yacimientos encontrados se ha buscado la manera de investigar sistemas que permitan la exploración de estos hallazgos encontrando una tecnología completa como la telemetría de Pulso Positivo. Esta telemetría contiene unas aplicaciones que permite contener el almacenamiento de datos con sensores Gamma Ray e inclinación.

Las imágenes transmitidas durante la perforación hasta la superficie no son instantáneas, esto se evidencia por el poco ancho de banda que tienen los sistemas de telemetría de pulso de lodo convencional. La adquisición de una gran cantidad de datos provee un mayor entendimiento de las condiciones de perforación alrededor del sensor.

¹⁰ WEATHERFORD LTDA, Measurement While Drilling IEssentials

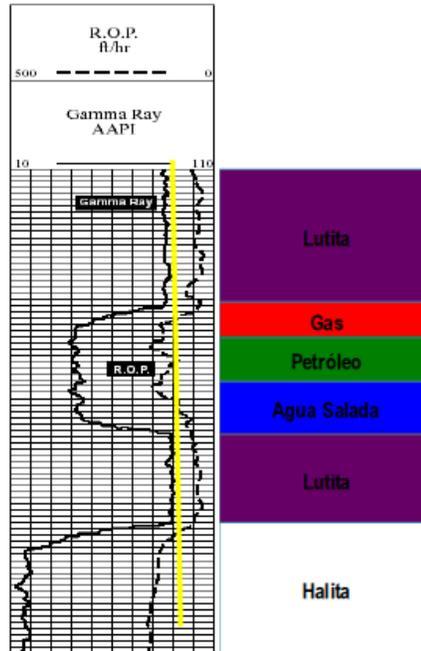


FIGURA 6. Registro de datos con Gamma Rey utilizando Telemetría de Pulso Positivo¹¹

Esta telemetría contiene características que mediante su implementación deja en evidencia su campo de acción con desempeños óptimos con implementación de sensores como Gamma Ray y sensor de inclinación mostrando resultados tales como:

- Estabilidad del pozo: con la extracción de imágenes de fondo o de las características del pozo, se puede determinar problemas que se tienen, enviando la información en tiempo real a superficie y de la misma forma se puede aplicar una solución inmediata, una de las posibles modificaciones sería el cambio de las características del lodo utilizado para mejorar la lubricación del hueco y la remoción de partículas en suspensión a superficie.
- Exploración del yacimiento: al comparar los datos y evaluarlos en tiempo real y con una recepción clara, se encuentra la posición óptima del pozo en el yacimiento.

¹¹ WEATHERFORD LTDA, Measurement While Drilling IEssentials

- Optimización en la perforación: como la información llega en tiempo real a superficie, se pueden corregir errores en la perforación, además, no hay pérdida de información, ya que el sistema es independiente de las condiciones del tipo de formación que se esté perforando y de la resistividad que tenga.

1.3.3 Ventajas

- Entrega registros específicos, claros y sin ruido alguno si el sistema es manejado en condiciones optimas.
- Velocidades de transmisión mayores a las del sistema de telemetría electromagnética.
- Telemetría que puede ser utilizada para trabajos en cualquier ambiente de perforación.
- No requiere muchos elementos para el cambio del sistema convencional cuando es con uso de sensores tales como Gamma ray.
- El equipo cuenta con partes mecánicas de fácil mantenimiento.
- El sistema es económico respecto a otros equipos de telemetría de nueva generación.
- Para trabajos de yacimientos en condiciones hostiles y difíciles de perforar con desempeño excelente.

1.3.4 Desventajas

- El sistema de las bombas del taladro debe estar con un mantenimiento correcto que no presente ninguna presencia de aire en sus líneas.

- Se requiere el uso de filtros en los Drill Pipe screen durante la perforación de cada pie.
- Si las condiciones del flujo de perforación cuentan con material para píldoras de perdidas muy pesadas pueden llegar a tapar el sistema y causar una ausencia de información.
- Los sensores instalados deben estar calibrados correctamente para que puedan brindar una información coherente con el estado de la perforación.
- Selección del Orificio adecuado para tener una buena amplitud de pulso en superficie.
- Mantener el peso sobre la broca tanto como sea posible, especialmente cuando se perfora con motor. Cambios en el torque del motor causan cambios en la presión. Manteniendo esos cambios tan pequeños como sea posible permite que la confiabilidad de la detección de la señal de fondo mejore.

2.0 Recopilación de información tomada de trabajos realizados por algunas compañías en campo.

2.1 INFORME MWD DE TELEMETRIA ELECTROMAGNETICA¹²

Es un pozo de desarrollo tipo J con el objetivo de recuperar reservas adicionales de las formaciones Monserrate. El pozo fue diseñado con los siguientes parámetros: TD= 4528.46 ft MD, Inclinación final = 30°, Dirección= 140.16° con respecto al norte grid. En este pozo se inicia a construir ángulo a 593 ft MD hasta una profundidad de 2131 ft MD, dando final a la sección de construcción. La herramienta MWD, al alcanzar una inclinación mayor a cinco grados, pasa de trabajar de MTF (magnetic tool face) a GTF (gravimetric tool face). Se continúa con tendencia tangencial manteniendo inclinación y azimuth desde 2131 ft MD hasta 4528 ft MD.

¹² Informe final de operación con telemetría electromagnética realizado por WEATHERFORD LTDA en el Tolima

El pozo se hizo en 2 secciones, la sección inicial de 12 1/4" de diámetro de hueco se perforo hasta 526 ft de profundidad con sarta convencional. Luego se continuó perforando con BHA direccional desde una segunda sección de 8 1/2" hasta 4528 ft TD

En la fase de 8 1/2" se utilizo la herramienta MWD con telemetría Electromagnética, la cual es ideal para optimizar la perforación, solo se necesitan 96 segundos para cada dato y estos se adquieren durante las conexiones, agilizando notablemente los tiempos de perforación y obteniendo en la fase datos confiables de desviación para un continuo control de inclinación y dirección.

2.1.1 FASE 8 1/2" Corrida 1 (526 ft a 3894 ft)

La corrida de la fase de 8 1/2" se da inicio el 09 de enero del 2013, perforando a partir de 526 ft MD (526 ft TVD) hasta 3894 ft MD (3581 TVD).

El ensamble de BHA direccional para esta corrida tuvo el siguiente diseño:

Component	Serial Number	Non Magnetic Drill Collar	ID (in)	OD (in)	Stabilizer Blade OD (in)	Length (ft)	Cum Length (ft)
PDC Bit		<input type="checkbox"/>		8.5		0.8	0.8
Mud Motor		<input type="checkbox"/>		6.75	8.125	27.88	28.68
Stabilizer		<input type="checkbox"/>	2.781	7.75		6.44	35.12
PIN x PIN		<input checked="" type="checkbox"/>	3.25	6.75		1.97	37.09
Tool Carrier		<input checked="" type="checkbox"/>	2.781	6.75		19.5	56.59
Emitting Sub		<input checked="" type="checkbox"/>	2.812	6.437		9.92	66.51
NMDC		<input checked="" type="checkbox"/>	3.25	6.375		29.08	95.59
X - Over		<input type="checkbox"/>	2.875	6.437		2.07	97.66
10 x 6 1/4" DC		<input type="checkbox"/>	2.25	6.25		306.68	404.34
X - Over		<input type="checkbox"/>	2.875	6.375		1.54	405.88
6 1/2" Drilling Jar		<input type="checkbox"/>	2.75	6.469		32.27	438.15
X - Over		<input type="checkbox"/>	2.875	6.375		1.56	439.71
1 X 6 1/4" DC		<input type="checkbox"/>	2.812	6.25		31.5	471.21
6 X 4 1/2" HwDP		<input type="checkbox"/>	2.785	6.062		183.84	655.05

TABLA 1. Partes del BHA Utilizado con Telemetría Electromagnética

Broca PDC con TFA de 0.8199 pulg², Motor de fondo de 6.75" y bend de 1.5 grados, Float Sub de 6 3/4", Pin Pin de 6.3/4" OD, MWD Tool Carrier, MWD Emitting Sub, Monel no magnético de 6 3/4" OD, X-over 6 3/8" OD, 10 Drill collar de 6 1/4", X-over 6 3/8" OD, martillo de 6 15/32" OD, X-over 6 3/8" OD, 1 Drill collar de 6 1/4" y 6 heavy

weights de 4 1/2", se utilizó tubería de perforación de 4 1/2" de 16.6 lbs/ft con rosca 4 1/2" XH.

Como tierra se utilizó la BOP del taladro Estrella y como Emisión-Recepción se usó la tubería de producción de otro Pozo cercano. Esta configuración reportó una resistencia inicial de 2 Ohmios, valor que es en teoría la mejor resistencia para una excelente transmisión y recepción de datos, y que para las condiciones de este pozo genero buenos resultados.

El Internal Tool Face registrado fue de -316° y el DC Offset de 122°, para un Tool face Offset de -194°.

La señal y el ruido reportados por la herramienta al final de la corrida estuvieron en 3.276 mV y 0.02 mV respectivamente. En la corrida se utilizó una batería nueva de baja temperatura. El consumo final registrado de la corrida fue de 15.5 Amp en 154 horas de conexión. La corrida finaliza por cambio de broca debido a baja ROP

El resumen de la corrida se presenta a continuación:

Run No.	Pies Perforados (ft)	Tiempo MWD Conectado (hrs)	Consumo Energía (Ah)	Consumo Batería (Ah/hr)	Amperaje de Transmisión (A)	Señal Inicio (mV)	Señal Finalización (mV)
01	3368	154	15.5	0.1	0.5	17.34	3.28

TABLA 2. Descripción de parámetros de desempeño

2.1.2 FASE 8 1/2" Corrida 2 (3894 ft a 7262 ft)

La corrida de la fase de 8 1/2" se da inicio el 16 de enero del 2013, perforando a partir de 3894 ft MD (3582 ft TVD) hasta 7262 ft MD (7177 TVD).

El ensamble de BHA direccional para esta corrida tuvo el siguiente diseño:

Select	Component	Serial Number	Non Magnetic Unit Collar	UD (in)	UD (in)	Stabilizer Blade UD (in)	Length (ft)	Cum Length (ft)
<input type="checkbox"/>	PDC Bit		<input type="checkbox"/>		8.5		0.97	0.97
<input type="checkbox"/>	6 3/4 Motor		<input type="checkbox"/>	0	6.937	8.125	27.91	28.88
<input type="checkbox"/>	Stabilizer		<input type="checkbox"/>	2.781	6.4375	7.75	6.44	35.32
<input type="checkbox"/>	PIN x PIN		<input checked="" type="checkbox"/>	3.25	6.75		1.97	37.29
<input type="checkbox"/>	Tool Carrier		<input checked="" type="checkbox"/>	3.937	6.75		19.5	56.79
<input type="checkbox"/>	Emitting Sub		<input checked="" type="checkbox"/>	2.812	6.437		9.92	66.71
<input type="checkbox"/>	NMDC		<input checked="" type="checkbox"/>	3.25	6.375		29.08	95.79
<input type="checkbox"/>	X-Over		<input type="checkbox"/>	2.875	6.437		2.07	97.86
<input type="checkbox"/>	10 x 6 1/4" DC		<input type="checkbox"/>	2.25	6.25		306.68	404.54
<input type="checkbox"/>	X-Over		<input type="checkbox"/>	2.875	6.375		1.54	406.08
<input type="checkbox"/>	6 1/2" Drilling Jar		<input type="checkbox"/>	2.75	6.469		32.27	438.35
<input type="checkbox"/>	X-Over		<input type="checkbox"/>	2.875	6.375		1.56	439.91
<input type="checkbox"/>	1 X 6 1/4" DC		<input type="checkbox"/>	2.812	6.25		31.5	471.41
<input type="checkbox"/>	6 X 4 1/2" HWDP		<input type="checkbox"/>	2.785	6.062		183.84	655.25
<input type="checkbox"/>	TSM		<input checked="" type="checkbox"/>	n	6.75	n	n	655.76

TABLA 3. Partes del BHA Utilizado corrida 2

Broca PDC tipo SKH516MB1C con TFA de 0.8199 pulg², Motor de fondo de 6.75" y bend de 1.5 grados, Stabilizer 7 3/4", Pin Pin de 6.3/4" OD, MWD Tool Carrier, MWD Emitting Sub, NMDC de 6 3/4" OD, X-over 6 3/8" OD, 10 Drill Collar de 6 1/4", X-over 6 3/8" OD, martillo de 6 15/32" OD, X-over 6 3/8" OD, 1 Drill Collar de 6 1/4" y 6 HWDP de 4 1/2", se utilizó tubería de perforación de 4 1/2" de 16.6 lbs/ft con rosca 4 1/2" XH.

Para esta corrida se usó la herramienta con versión G4 Plus V 6.3, la misma utilizada en la corrida anterior. El shallow hole test mostró la correcta comunicación de la herramienta con el TRV una vez que esta se encontraba en el hueco.

Como tierra se continuó utilizando la BOP del taladro Estrella y como Emisión-Recepción se usó la tubería de producción del pozo Olini 1. Esta configuración reportó una resistencia inicial de 2 Ohmios, valor que es en teoría la mejor resistencia para una excelente transmisión y recepción de datos, y que para las condiciones de este pozo generó buenos resultados.

El Internal Tool Face registrado fue de -316° y el DC Offset de 192° , para un Tool face Offset de -124° .

La señal y el ruido reportados por la herramienta al final de la corrida estuvieron en 3.276 mV y 0.02 mV respectivamente. En la corrida se utilizó la misma batería de la corrida anterior, de baja temperatura. El consumo final registrado de la corrida fue de 15.5 Amp en 154 horas de conexión.

El resumen de la corrida se presenta a continuación:

Ru n No.	Pies Perforado s (ft)	Tiempo MWD Conectado (hrs)	Consu mo Energía (Ah)	Consumo Batería (Ah/hr)	Amperaje de Transmisión (A)	Señal Inicio (mV)	Señal Finalizaci ón (mV)
01	3368	154	15.5	0.1	0.5	17.35	3.28

TABLA 4. Descripción de parámetros desempeño corrida 2

2.1.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La herramienta MWD con telemetría electromagnética ahorra tiempo en las conexiones pues no requiere detener bombas para volver a encenderlas pues no depende del lodo, lo que representa un menor tiempo de perforación.
- Es importante resaltar que los módulos magnéticos tomados durante esta corrida estuvieron dentro del rango de tolerancia permitido con relación a los valores calculados con el Software Geodec, los cuales fueron: Dip: 27.71° y Local Field Strength (BT): 30799 nT.
- Como antena de Transmisión – Recepción se utilizó la tubería de producción del pozo OLINI 1. Esta configuración reportó una resistencia inicial de 2 Ohmios, valor que nos aportó una excelente transmisión y recepción de datos.

- Se cumplió con los lineamientos de seguridad y medio ambiente de Vetra Group y Weatherford participando activamente en el programa RADAR y aplicando las normas establecidas por las compañías.
- Durante las corridas no se presentaron inconvenientes en cuanto a señal y la resistividad de las formaciones permite trabajar con bajas corrientes de inyección y buena detección.
- Mantener el amperaje de la herramienta en 0.5 Amp, para perforar y tomar surveys, si se hace necesario incrementarlo hasta 1 Amp después de los 3500 ft o que la herramienta lo requiera, para mantener un consumo de batería bajo.

2.2 INFORME MWD TELEMETRIA DE PULSO POSITIVO¹³

El pozo es un Tipo S, con el objetivo de producir hidrocarburos de la formación Mugrosa B, la cual es el objetivo principal de esta perforación.

El pozo fue diseñado de la siguiente manera: Se comienza construcción de ángulo a 600 ft MD hasta una profundidad de 1928.88 ft MD (EOB) alcanzando una inclinación de 23.92° y azimut de 285.50°. Luego se mantiene tangencialmente desde 1928.88 ft MD (EOB) hasta 3890.97 ft MD, siendo esta última profundidad el inicio del Drop. Se comienza a tumbar ángulo desde 3890.97 ft MD (Drop) hasta 6282.96 ft MD EOD obteniendo una inclinación de 0° y azimut de 0°, terminando con estos últimos valores hasta alcanzar una profundidad total (TD) de 7743.28 ft MD.

El pozo se inició perforando una sección de 12 ¼" de diámetro desde superficie hasta 998 ft MD y se revistió con casing de 9 5/8" hasta 994 ft MD. Luego se continuó con una segunda sección direccional de 8 ½" x 9 ½" de diámetro de hueco hasta 7910 ft MD.

¹³ Informe final de operación con telemetría de pulso positivo realizado por WEATHERFORD LTDA en el corregimiento del Llanito en Santander

Durante la perforación del pozo en la secciones de 12 ¼” y 8 ½” se utilizó la herramienta de Telemetría de Pulso Positivo MWD de 6 ¾” con el objeto de reportar la trayectoria del pozo.

Se instaló un sensor de presión en la línea del Stand Pipe, para recibir las variaciones de presión causadas por el lodo, con el fin de proveer decodificación y establecer señal lo suficientemente clara evitando inconvenientes de ruido dados por las bombas del equipo; también se instalo un cuenta strokes en cada bomba.

El taladro suministró tres bombas de lodo, con liner de 6” de diámetro y 9” de longitud y eficiencia del 95%.

A continuación se detalla un resumen de las corridas en las cuales trabajó la herramienta MWD.

2.2.1 DESCRIPCION CORRIDA 1 (110 ft – 998 ft) MD

La corrida se inició bajando el BHA direccional, con broca PDC de 12 ¼” con TFA de 0.85 pulg2, motor de fondo y utilizando la herramienta Pulso Positivo MWD de pulso positivo con el objetivo de reportar la trayectoria del pozo. La gráfica a continuación muestra el BHA utilizado en la presente corrida

Select	Component	Serial Number	Non Magnetic Drill Collar	ID (in)	OD (in)	Stabilizer Blade OD (in)	Length (ft)	Cum Length (ft)
<input type="checkbox"/>	Bicentrica Bit		<input type="checkbox"/>		8.5		1.42	1.42
<input type="checkbox"/>	MOTOR		<input checked="" type="checkbox"/>	0	6.75	0	30.46	31.88
<input type="checkbox"/>	Stabilizer 8 1/4"		<input type="checkbox"/>	2.812	6.75		6.24	38.12
<input type="checkbox"/>	Mule Shoe		<input checked="" type="checkbox"/>	3.125	6.562		3.5	41.62
<input type="checkbox"/>	MWD Monel		<input checked="" type="checkbox"/>	3.25	6.812		30.72	72.34
<input type="checkbox"/>	Monel		<input checked="" type="checkbox"/>	3.25	6.531		28.98	101.32
<input type="checkbox"/>	3 x 6 1/2" DC		<input type="checkbox"/>	2.875	6.5		93.46	194.78
<input type="checkbox"/>	14 x 5" HWDP		<input type="checkbox"/>	3.125	5		434.78	629.56
<input type="checkbox"/>	Hydraulic Jar		<input type="checkbox"/>	2.75	6.5		32.2	661.76
<input type="checkbox"/>	3 x 5" HWDP		<input type="checkbox"/>	3.125	5		92.8	754.56
<input type="checkbox"/>	PP		<input checked="" type="checkbox"/>	0	6.75	0	0	754.56

TABLA 5. Descripción de BHA utilizado con Telemetría de Pulso Positivo

En esta corrida se utilizó herramienta con versión V6.3 con batería de litio de baja temperatura, nueva, teniendo un consumo de 3.70 AmpH. Se utilizó un orificio de 60° adecuado a las condiciones de caudal de trabajo, densidad de lodo y profundidad.

El ensamblaje se bajó en hueco abierto, iniciando perforación a 110 ft MD hasta 998 ft TD, en esta corrida se Inicio la construcción

de ángulo desde 571 ft MD (KOP), obteniendo ángulo de 7.73 grados y un azimut de 283.30 grados. Se viajó a superficie, se revistió el hueco con casing de 9 5/8" grado K50, ubicando el zapato a una profundidad de 994 ft.

Durante esta corrida las herramientas direccionales no presentaron ningún problema en cuanto a falla mecánica, demostrando así su versatilidad y confianza para trabajar bajo circunstancias hostiles.

Se observó que las mediciones de campo magnético (32332 nT), campo gravitacional (0.9974 g) y Angulo Dip (32.39°) del área estuvieron dentro de los rangos de tolerancia permitidos con respecto al valor teórico calculado para la misma, de esta manera se garantiza que los datos tomados en los diferentes surveys fueron 100% confiables.

El Pulser concluyó con un total de 9975 pulsos para esta corrida.

La tabla a continuación muestra un resumen de los parámetros finales de la corrida

Run No.	Pies Perforados (ft)	Tiempo MWD Conectado (hrs)	Consumo Energía (Ah)	Consumo Batería (Ah/hr)	Amplitud de Pulso (PSI)	Detec ción (%)
01	888	13.46	3.70	0.112	62	79

TABLA 6. Descripción de parámetros desempeño corrida 1

2.2.2 DESCRIPCION CORRIDA 2 (998 ft – 7262 ft) MD

La corrida se inició en Mayo de 2013, bajando el BHA direccional con broca Bicentrica 8 ½" x 9 ½" TFA de 0.83 pulg2, motor de fondo y utilizando la herramienta EMPP MWD de pulso positivo con el objetivo de reportar la trayectoria del pozo. La gráfica a continuación muestra el BHA utilizado en la presente corrida

Select	Component	Serial Number	Non Magnetic Drill Collar	ID (in)	OD (in)	Stabilizer Blade OD (in)	Length (ft)	Cum Length (ft)
<input type="checkbox"/>	Bicentrica Bit		<input type="checkbox"/>		8.5		1.42	1.42
<input type="checkbox"/>	MOTOR		<input checked="" type="checkbox"/>	0	6.75	0	30.46	31.88
<input type="checkbox"/>	Stabilizer 8 1/4"		<input type="checkbox"/>	2.812	6.75		6.24	38.12
<input type="checkbox"/>	Mule Shoe		<input checked="" type="checkbox"/>	3.125	6.562		3.5	41.62
<input type="checkbox"/>	MWD Monel		<input checked="" type="checkbox"/>	3.25	6.812		30.72	72.34
<input type="checkbox"/>	Monel		<input checked="" type="checkbox"/>	3.25	6.531		28.98	101.32
<input type="checkbox"/>	3 x 6 1/2" DC		<input type="checkbox"/>	2.875	6.5		93.46	194.78
<input type="checkbox"/>	14 x 5" HWDP		<input type="checkbox"/>	3.125	5		434.78	629.56
<input type="checkbox"/>	Hydraulic Jar		<input type="checkbox"/>	2.75	6.5		32.2	661.76
<input type="checkbox"/>	3 x 5" HWDP		<input type="checkbox"/>	3.125	5		92.8	754.56
<input type="checkbox"/>	PP		<input checked="" type="checkbox"/>	0	6.75	0	0	754.56

TABLA 7. Descripción de BHA utilizado en la corrida 2

En esta corrida se utilizó herramienta G4 Plus versión V6.3, con batería de litio de baja temperatura, usada en la corrida número uno, teniendo un consumo de 32.68 AmpH. Se utilizó un orificio de 60° adecuado a las condiciones de caudal de trabajo, densidad de lodo y profundidad.

El ensamblaje se bajó en hueco revestido, iniciando perforación a 998 ft MD hasta 7910 ft TD, en esta corrida se continuo la construcción de ángulo que ya se había comenzado en la primera corrida, hasta 1997 ft MD EOB, obteniendo ángulo de 23.93 grados y un azimut de 282.89 grados. Desde esta profundidad se inició trabajo direccional para mantener la tangente.

De ahí en adelante se mantuvo la tangente según lo planeado hasta la profundidad de 3872 ft MD donde se inicia trabajo direccional para tumbar ángulo hasta una profundidad de 6111 ft MD siendo esta profundidad el final del Drop (EOD), consiguiendo una inclinación de 1.29 grados y una dirección de 261.22 grados, hasta la profundidad final TD de 7910 ft MD.

Se da inicio al viaje de acondicionamiento y saca sarta libre desde 7910 ft hasta 6402 ft. Observa over pull mayor a 25 klbs, intenta circular observando represión en los datos mostrados. Continua sacando con bombas desde 6402 ft 2790 observando el mismo overpull sobre los 25 Klbs, se trabaja la sarta. Desde 2790 ft hasta 2130 ft, observa nuevamente represion, se realiza procedimiento para restablecer circulación, encontrando una respuesta con 305 gpm y 730 psi, circula fondos arriba con 300 gpm y 750 psi observando caiving máximo 0.5 bph. Debido a presencia viscosa del lodo, se decide realizar el viaje hasta superficie y no hasta el zapato como era planeado en un principio, para revisión de BHA. Se toma la decisión de cambiar la broca y abrir el TFA para ser utilizada en el viaje de acondicionamiento.

Durante esta corrida las herramientas direccionales no presentaron ningún problema en cuanto a falla mecánica, demostrando así su versatilidad y confianza para trabajar bajo circunstancias hostiles.

Se observó que las mediciones de campo magnético (32332 nT), campo gravitacional (0.9974 g) y 'ángulo Dip (32.39°) del área estuvieron dentro de los rangos de tolerancia permitidos con respecto al valor teórico calculado para la misma, de esta manera se garantiza que los datos tomados en los diferentes surveys fueron 100% confiables.

El Pulser concluyó con un total de 99994 pulsos para esta corrida. La tabla a continuación muestra un resumen de los parámetros finales de la corrida:

Run No.	Pies Perforados (ft)	Tiempo MWD Conectado (hrs)	Consumo Energía (Ah)	Consumo Batería (Ah/hr)	Amplitud de Pulso (PSI)	Detección (%)
02	6912	130.22	32.68	0.1878	40	90

TABLA 8. Descripción de parámetros desempeño corrida 2

2.2.3 DESCRIPCION CORRIDA 3 (Viaje de acondicionamiento)

La corrida se inició en junio de 2013 a, bajando el BHA direccional con broca PDC 8 ½ x 9 ½ " TFA de 1.28 pulg2, motor de fondo y utilizando la herramienta EMPP MWD de pulso positivo con el objetivo de llevar control en el viaje de acondicionamiento. La gráfica a continuación muestra el BHA utilizado en la presente corrida

Select	Component	Serial Number	Non Magnetic Drill Collar	ID (in)	OD (in)	Stabilizer Blade OD (in)	Length (ft)	Cum Length (ft)
<input type="checkbox"/>	Bicentrica Bit		<input type="checkbox"/>		8.5		1.42	1.42
<input type="checkbox"/>	MOTOR		<input checked="" type="checkbox"/>	0	6.75	0	30.46	31.88
<input type="checkbox"/>	Stabilizer 8 1/4"		<input type="checkbox"/>	2.812	6.75		6.24	38.12
<input type="checkbox"/>	Mule Shoe		<input checked="" type="checkbox"/>	3.125	6.562		3.5	41.62
<input type="checkbox"/>	MWD Monel		<input checked="" type="checkbox"/>	3.25	6.812		30.72	72.34
<input type="checkbox"/>	Monel		<input checked="" type="checkbox"/>	3.25	6.531		28.98	101.32
<input type="checkbox"/>	3 x 6 1/2" DC		<input type="checkbox"/>	2.875	6.5		93.46	194.78
<input type="checkbox"/>	14 x 5" HWDP		<input type="checkbox"/>	3.125	5		434.78	629.56
<input type="checkbox"/>	Hydraulic Jar		<input type="checkbox"/>	2.75	6.5		32.2	661.76
<input type="checkbox"/>	3 x 5" HWDP		<input type="checkbox"/>	3.125	5		92.8	754.56
<input type="checkbox"/>	PP		<input checked="" type="checkbox"/>	0	6.75	0	0	754.56

TABLA 9. BHA utilizado en la corrida 3

En esta corrida se utilizó herramienta G4 Plus versión V6.3 con batería de litio de baja temperatura, usada en la corrida numero uno y dos, teniendo un consumo de 32.68 AmpH. Se utilizó un orificio de 60° adecuado a las condiciones de caudal de trabajo, densidad de lodo y profundidad.

Mientras se realizaba el viaje de acondicionamiento, a una profundidad de 3248 ft MD se presentaron varios puntos apretados, haciendo el uso obligado de circulación y rotaria. Se observaron valores de apoyo sobre los 20 Klb. En 3205 ft la sarta presenta empaquetamiento. Se continúa bajando, trabajando la sarta en los puntos apretados. Se logra bajar libre desde 4400 ft hasta 5780 ft, desde esta ultima profundidad se continuo bajando con circulación y rotaria.

Durante esta corrida las herramientas direccionales no presentaron ningún problema en cuanto a falla mecánica, demostrando así su versatilidad y confianza para trabajar bajo circunstancias hostiles.

El Pulser concluyó con un total de 114551 pulsos para esta corrida.

La tabla a continuación muestra un resumen de los parámetros finales de la corrida:

Ru n No.	Pies Perforados (ft)	Tiempo MWD Conectado (hrs)	Consum o Energía (Ah)	Consumo Batería (Ah/hr)	Amplitud de Pulso (PSI)	Detec ción (%)
03	0	21.58	6.92	0.1193	30	80

TABLA 10. Parámetros de desempeño corrida 3

2.2.4 CONCLUSIONES Y RECOMENADACIONES

- En general durante las dos corridas la mayoría de los parámetros de flujo (caudal, presión, parámetros de lodo, temperatura de fondo, etc) estuvieron acorde a lo requerido para que el trabajo se desarrollara en forma adecuada y no contribuyeran a incidentes o fallas de la herramienta en fondo.
- La batería usada durante las corridas nunca sobrepaso el tiempo límite de autonomía de 200 hrs de circulación establecido por el fabricante. Por lo que la batería no llego a superficie depletada.
- El orificio de 60 grados utilizados en las corridas generaron una amplitud de pulso promedio de 40 psi (equivalente a 90% de detección) respectivamente, con lo cual se aseguro una densidad de datos en tiempo real de 1 data point / ft.
- Debido a las características de las bombas del equipo se registro ruido en la señal del pulso por momentos. De igual manera el registro de datos fue optimo y se consiguió una toma de surveys exitosa y con confiabilidad total

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La implementación de estas Telemetrías en compañías dedicadas a la perforación permite desarrollar trabajos con resultados en tiempos que en variables de desempeño son considerados como ganancia para los procesos siguientes a esta etapa.

Con las necesidades que se crean día a día en el rendimiento de desempeño en la industria de hidrocarburos con la ayuda de los equipos utilizados por las multinacionales se ve reflejado un gran desarrollo y avance en la exploración y perforación de terrenos que antes no eran posibles trabajar y aprovechar, lo cual generaba una pérdida en términos de aprovechamiento de yacimientos grandes.

La Telemetría de Pulso Positivo y EM cada vez son más utilizadas en la exploración de pozos donde se encuentran yacimientos ricos en producción no solo de hidrocarburos también se encuentran reservorios de gas y agua así como de minerales en formación que son utilizados en otras industrias.

Estas exploraciones permiten un avance en la investigación de tecnologías que permitan tener un mayor conocimiento de los recursos inmersos en la tierra que facilitan cada día el desarrollo de la humanidad.

Manteniendo una investigación para la exploración de zonas poco accesibles e inexploradas llevan a encontrar nuevas adaptaciones de tecnologías que permiten tener un conocimiento más amplio de cada uno de los compuestos que rodean cada trabajo y que con la ayuda de estas telemetrías se va a ver más resultados a un mejor precio y mitigación de tiempo.

Para trabajos futuros se recomienda una implementación de sensores de profundidad que permitan tener una información completa del estado y posicionamiento de la sonda, evitando manejar un control manual que muchas veces no brindan un dato correcto.

BIBLIOGRAFIA

- <http://www.weatherford.com/weatherford/groups/web/documents/weatherfordcorp/WFT113696.pdf> (Mayo , 2013)
- <http://www.weatherford.com/weatherford/groups/web/documents/weatherfordcorp/wft113692.pdf> (Junio,2013)
- <http://www.radiocomunicaciones.net/telemetria.html> (Abril.2013)
- WEATHERFORD LTDA, Measurement While Drilling I Essentials (Mayo,2013)
- Inc-Sonde Inclination Sonde. Weatherford LTDA. Documentation (Junio, 2013)
- Catalogo EM MWD Computalog Drilling Services. Documentation for Working (Abril, 2013).